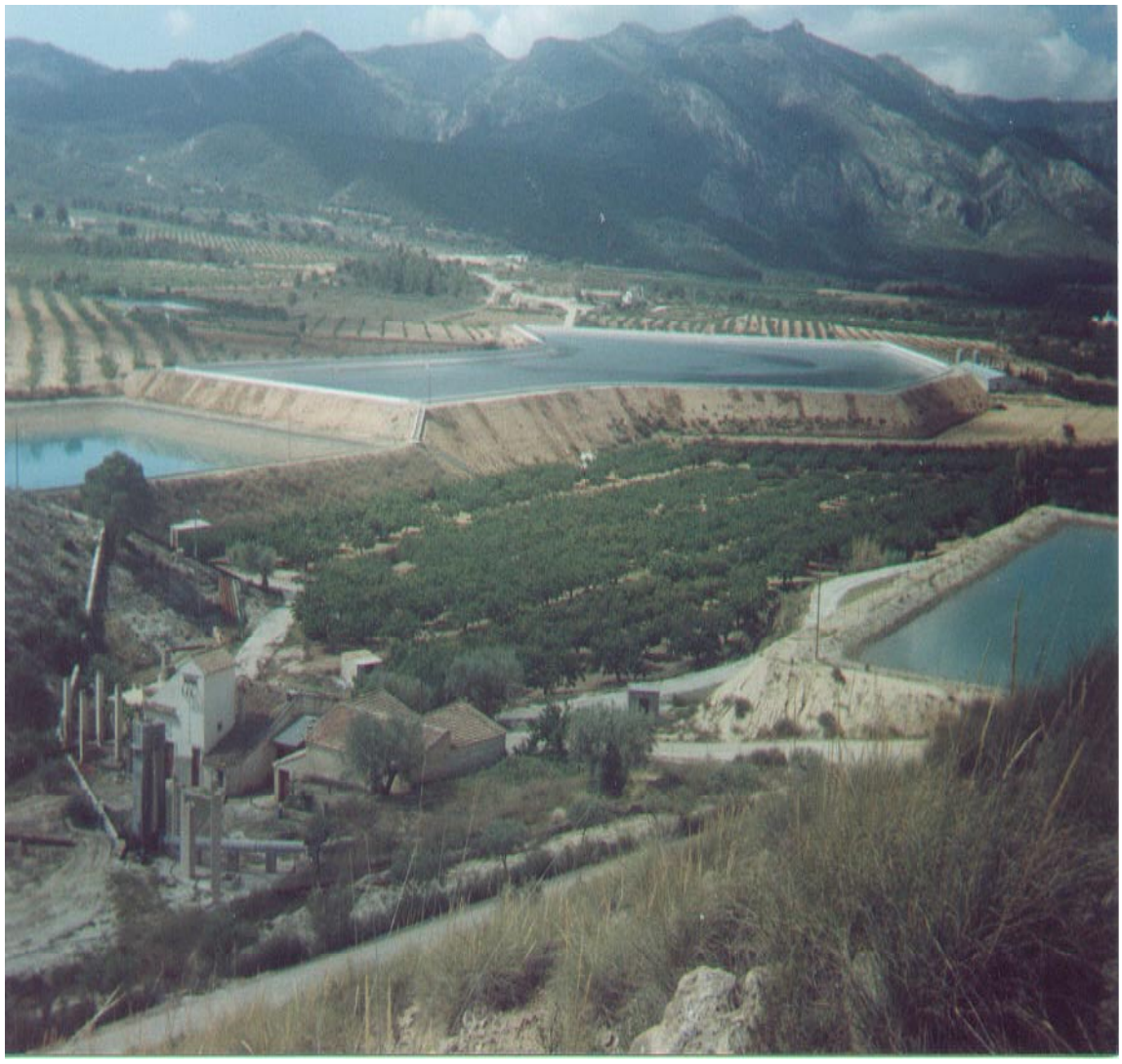
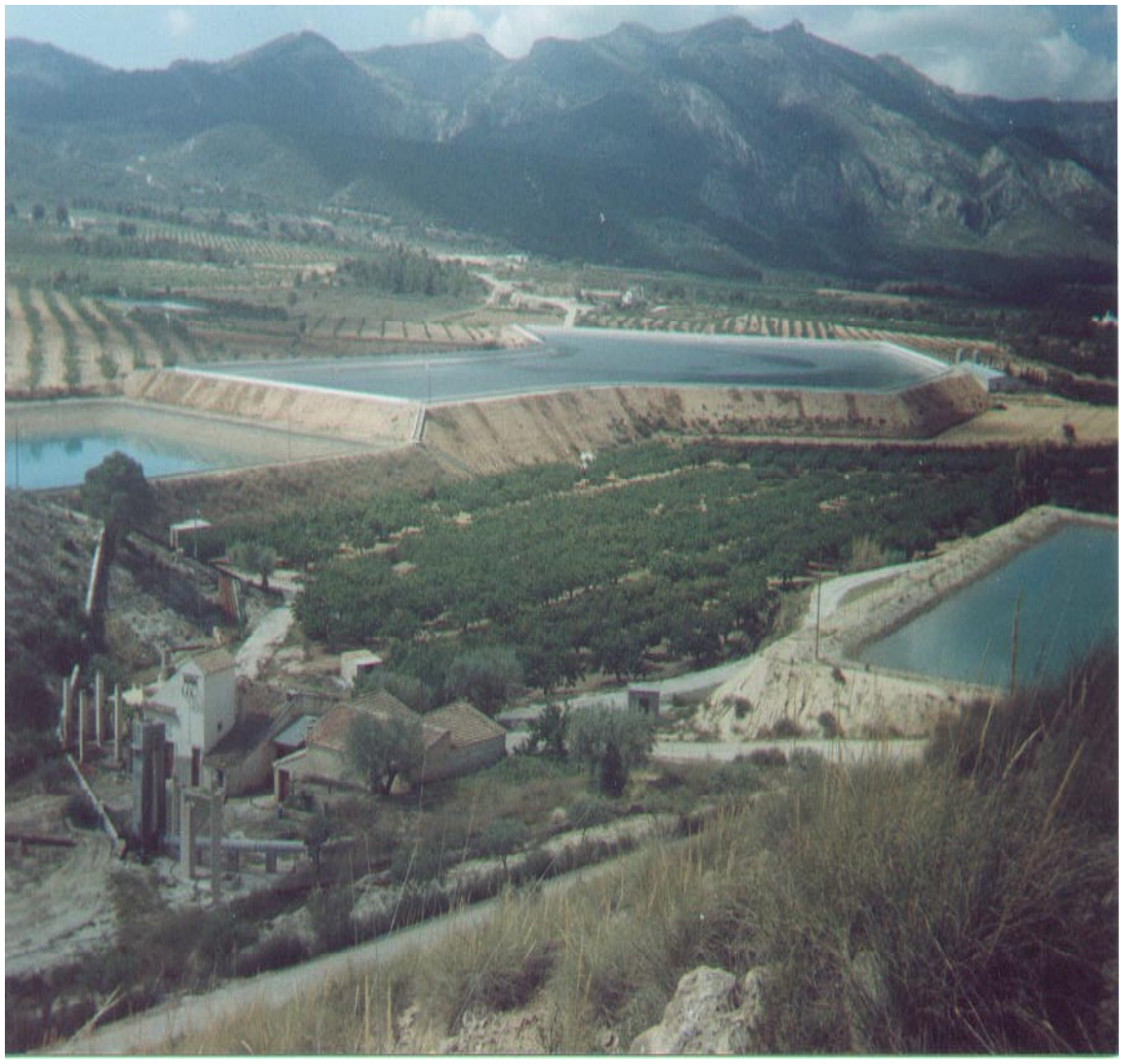


ANÁLISIS TÉCNICO DEL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE BALSAS PARA REGULACIÓN DE RIEGOS.

Ramón de los Santos Alfonso.



ANÁLISIS TÉCNICO DEL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE BALSAS PARA REGULACIÓN DE RIEGOS.

Ramón de los Santos Alfonso.

A Don Aurelio Ruiz Domínguez.
Por su confianza.

Agradecer a mi familia los ratos robados de su compañía..
A Victoriano Martínez en el asesoramiento.
A José Manuel Angosto.
Y todos aquellos que me informaron de su saber y su experiencia.

Gracias.

Prólogo:

La construcción de balsas es una técnica que ha experimentando durante las dos últimas décadas en el Sureste español, un extraordinario crecimiento en su número y capacidad. La práctica de la experiencia en el sector y las expectativas de un futuro más próspero en el regadío, necesitan cada vez más, del control previo del agua mediante su almacenamiento y regulación.

Sin embargo el conocimiento de construcción de balsas para nuevos profesionales, técnicos en Infraestructura Agraria o interesados en la información de ésta materia, la encuentran de modo disperso en artículos sueltos de revistas y escasos libros técnicos.

A la hora de realizar este trabajo he intentado realizar una guía de orientación sobre Proyectos y Ejecución de diferentes tipos de balsas utilizadas en el riego.

En la actualidad existe la necesidad de adjudicar soluciones de carácter técnico a la construcción de balsas, dotándola de un rigor cierto, especifico y preciso, que asegure la demanda del sector con respuesta de profesionales que dominen toda la experiencia y práctica existente sobre proyecto y construcción en éste tipo de obra.

La organización del libro se realiza en Capítulos, donde se analizan las materias comunes con diferentes apartados que puedan presentarse en un análisis de conocimientos homogéneos y donde a veces, sin poder remediarlo, se repiten conceptos de diferentes apartados para solapar y complementar la información, redundando en términos, por ejemplo, la compactación del terraplén, sin que se pueda obviar la repetición del concepto.

Es mi objetivo, responder a las preguntas más frecuentes que alguien se pueda hacer al asomarse a ésta disciplina, desde diferentes ángulos, tratando de ser ameno y claro, acompañándolo de abundantes fotografías (quizás excesiva), por aquello de "una imagen vale por mil palabras".

Capitulo 1.

GENERALIDADES

"Todo lo cotidiano es mucho y feo".

Quevedo.

1. OBJETIVOS.

2. EL AGUA COMO NECESIDAD.

- **2.1. Necesidad.**
- **2.2. El andar del tiempo.**
- **2.3. Factor limitante.**

3. ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACION.

- **3.1. Política nacional y europea.**
- **3.2. Política Regional de Murcia.**
- **3.3. Legislación.**
  - **3.3.1. Reglamento técnico oficial.**
  - **3.3.2. Documentos normativos.**
  - **3.3.3. Documento de idoneidad técnica.**
  - **3.3.4. Procedimiento especifico de calidad.**
- **3.4. Organismos relacionados con el agua.**
  - **3.4.1. Taibilla.**
  - **3.4.2. Confederación Hidrográfica del Segura.**
  - **3.4.3. Trasvase Tajo – Segura.**
  - **3.4.4. IRYDA.**
  - **3.4.5. Otros Organismos.**
- **3.5. Usuarios.**
  - **3.5.1. Particulares.**
  - **3.5.2. Comunidades.**
- **3.6. El neoinstitucionalismo.**

4. COMPETENCIAS.

- **4.1. Responsabilidad.**
- **4.2. Perspectivas futuras.**

5. CARACTERISTICAS BÁSICAS DE UNA BALSA.

5.1. Definición.

5.2. Componentes.

5.3. Elementos.

6. FUNCIONALIDAD.

6.1. Balsa de reserva.

6.2. Balsa de regulación.

6.3. Dominio de cota.

6.4. Destinado a la oxigenación.

6.5. Seguridad en recursos.

7. RESTRICCIONES AL EMPLAZAMIENTO.

7.1. Estudio Geológico.

7.2. Informe geotécnico.

7.3. Construcción.

8. TIPOS DE BALSAS.

8.1. Cota de dominio.

8.2. Por construcción.

8.2.1. Materiales flexibles fabricados in situ.

8.2.1.1. Revestimientos con suelos.

8.2.1.2. Incorporación de bentonita.

8.2.1.3. Impermeabilizaciones asfálticas.

8.2.1.4. Revestimientos con materiales no convencionales.

8.2.2. Revestimientos rígidos.

8.2.2.1. Mampostería.

8.2.2.2. Hormigón.

8.2.2.3. Gunitado.

8.2.2.4. Suelo – cemento.

8.2.3. Geomembranas.

8.2.3.1. Definición y funciones.

8.2.3.2. Otras propiedades.

8.2.3.3. Criterios para el diseño

8.3. Formas de planta.

8.4. Superficie / volumen.

8.4.1. Forma tronco – cónica.

8.4.2. Forma tronco – piramidal.

8.4.3. Forma rectangular.

8.4.4. Exageradamente rectangular.

8.5. Atendiendo al sistema empleado en su construcción.

8.6. Por su vida útil.

8.7. Otras clasificaciones.

9. EMPLAZAMIENTO.

9.1. Antecedentes.

9.2. Titularidad del terreno.

9.3. Relieve.

9.3.1. El suelo contemplado como construcción.

9.3.2. Aspectos explotación y conservación.

9.4. Accesos y comunicación.

9.5. Red de conducción de agua.

9.6. Otras consideraciones.

9.7. Parámetros a evaluar.

10. EJERCICIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE PEQUEÑAS BALSAS.

11. PROHIBICIÓN DE CONSTRUIR EN DETERMINADOS TERRENOS.

1. OBJETIVOS.

La necesidad del agua para el hombre y su forma de administrarla, diferencian las culturas de los distintos pueblos fundiéndose geografía y climas. Hablar de la forma de cómo se gestionan los recursos del agua, es hablar de sus aspectos históricos, sociales y políticos, para distribuir recursos limitados y fundamentales, como el agua. Mediante diferentes técnicas del manejo de agua, tenemos las balsas.

Para almacenar y regular el agua, es necesario la construcción de las balsas, con el objetivo de dar el riego necesario en el cultivo.

El presente capítulo pretende realizar una presentación de su aspecto sociológico en la organización del agua y generalidades comunes de balsas.

Aclaración.

Los antecedentes de la construcción de las balsas de riegos, depuradoras, agua potable, etc. se encuentran en situación de una clara dependencia de conceptos de sus "hermanos mayores", los embalses (presas pequeñas), grandes presas, derivando de estos la falta de consideración especifica sobre las balsas, denominando como embalse a lo que en realidad es una "balsa".

Diferencias:

	Balsas.	Embalses.
Ubicación en cauces:	Excepción.	Siempre.
Medidas de capacidad:	M^3 y litros.	Hm^3 y raros en m^3.
Obra de aliviadero.	Poco costo.	Importante.
Revestimientos:	Imprescindibles.	Excepción.

En las balsas fueron incorporados los estudios que se efectúan en los embalses y presas, algunos de forma innecesaria, como deslizamientos de taludes de agua arriba (definición propia de un embalse) olvidándose que existen en la mayoría la protección de la tierra con una lámina impermeable, por tanto, no suele afectarles los cambios físicos-químicos en el suelo que produce el agua.

En otra serie de cosas tenemos elementos tomados de la presa:

- Aliviadero.
- Desagüe de fondo.
- Toma de fondo.
- Pantalla.
- Pasillo de coronación.
- Dique de presa.
- Talud de aguas arriba, aguas abajo.

En éstos conceptos existen semejanzas y por eso se repiten, pero la funcionalidad de los mismos, a veces, tiene su propia característica, por ejemplo la toma de fondo que deja aguas muertas sobre el fondo para impedir que se remuevan los asientos del fondo (lógico en los embalses). En las balsas se proyectan a veces tomas con flotadores que toman el agua a una altura determinada de la superficie libre de la lámina de agua para evitar que se puedan introducir las algas que obstruyen los filtros y los estrechos conductos finales de los goteros.

2. EL AGUA COMO NECESIDAD.

2.1 Necesidad.

Las balsas para el riego, llamados embalses o pantanos por los agricultores, constituyeron recursos nuevos y añadidos en los años setenta. En general, fueron construidos por la iniciativa de los particulares, para regular y abastecer con los riegos las necesidades de los cultivos.

La capacidad de las balsas, en la mayoría de los casos, se realizaba sin tener en cuenta las necesidades reales de los cultivos, sino como un volumen de almacenamiento que ayudaba a las dotaciones con las que contaba la finca.

La Administración seguiría los pasos de los particulares y almacenaban los excedentes en la distribución de los canales del trasvase Tajo-Segura, de las zonas regables de Murcia, por ejemplo.

La Región de Murcia, posee una alto porcentaje de balsas con mediano tamaño, donde la Consejería de Agricultura, realizaría estas obras para Comunidades de Regantes, así la de Mula, que con una superficie de riego de 2.016 Has, se ejecutó durante el plan de Modernización siete balsas con una capacidad total de 300.000 m^3 (media de 42.857 m^3.

Sin embargo, parecen que las tendencias actuales suelen encaminarse a la construcción de balsas con mayor volumen, entre 100.000 y 300.000 m^3, como ocurre con la Comunidad de Regante "Miraflores" de Jumilla (Murcia), donde recientemente se ha construido una balsa de 250.000 m^3.

Hoy en día no se puede hablar de un regadío sin incluir una red de balsas ubicadas de forma que domine todo la zona del regadío. Mayor énfasis si la finca o zona, depende de aguas subterráneas.

3. LEGISLACIÓN APLICABLE.

3.1. Legislación.

La situación legal existente en la actualidad, exige la presentación del proyecto de obra para obtener la autorización de licencia municipal para realizar balsas de menos de 50.000 m^3. Proyecto que debe ir firmado por el técnico competente, en este caso, Ingeniero Técnico Agrícola o Ingeniero Agrónomo. En aquellos casos de sobrepasar dicha capacidad y teniendo en cuenta las limitaciones que más adelante veremos, la autorización administrativa por parte de la Confederación Hidrográfica.

Esta competencia exige la necesidad de un conocimiento del Proyecto - Dirección de obra, para redactar-dirigir, balsas de regulación de riegos.

La principal características que se desarrolla en los anteproyectos o petición de concesiones de ayudas, subvenciones, para realizar una balsa, es la disponibilidad del recurso y la necesidad de regularlo. Hay que saber con que caudales disponemos y posteriormente desarrollar la balsa.

Otra de las exigencias es la propiedad de los terrenos donde se van a construir la balsa, siendo rara la expropiación.

3.2. Reglamento técnico oficial.

En cuanto lo legislado, habrá que basarse en el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses del 12 de Marzo de 1996, publicado en el B.O.E. nº 78 de fecha 30 del mismo mes y año. En sus apartados sobre embalses, remite y considera como grandes presas, aquellos que presenten algunos de los siguientes apartados:

1. Altura superior a los 15 metros.
2. Entre una altura de 10-15 metros, con uno de los condicionantes siguientes:
    - Perímetro de coronación superior a 500 metros.
    - Capacidad del embalse superior a 500.000 m^3.
    - Capacidad del desagüe superior a 2.000 m^3./s.
3. Cuando el embalse presente dificultades en cimentación o características no habituales.

En otra situación se encuentran ciertas aplicaciones legales necesarias y que acompañan al proyecto, como son las medioambientales y de seguridad, a las que dedicaremos un capítulo exclusivo para ambos, por la importancia de los mismos.

Los trámites de evaluación de impacto ambiental, se realizan de modo previo a la ejecución, pudiendo condicionar el proyecto, en los casos de superar los 50.000 m^3 de capacidad, si la zona goza de protección natural, más de 10 metros de altura en terraplén, etc.

Existen otras situaciones legales de carácter general, como la Ley de Contrato del Estado (LCE), Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y Procedimiento Administrativo, etc, en el caso de inversiones públicas.

3.3. Documentos normativos.

Las normas son documentos técnicos con las siguientes características:

- Contienen especificaciones técnicas de aplicación voluntaria.
- Son elaborados por consenso de las partes interesadas:
- Están basados en los resultados de la experiencia de más de cinco años.
- Son aprobados por un organismo nacional, regional o internacional de normalización reconocido.
- Están disponibles al público.

Las normas permiten unificar criterios entre las empresas, la Administración y los usuarios, permitiendo niveles de calidades, seguridad, características del producto, comparación de ofertas sobre igual producto en distintos proveedores.

Las normas pueden ser de diferentes tipos, dependiendo del organismo que los elabora. En España rigen las normas UNE, aprobadas por AENOR (R.D. 2200/95) y sometidas previamente a un período de información pública. Existen otras normas denominadas

regionales, como las elaboradas por la CEN (Comité Europeo de Normalización) y otras internacionales (ISO, CEI, etc).

En general, una norma como la UNE especifica técnicamente una aplicación repetitiva o continuada cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas, que aprueba AENOR, organismo reconocido en el ámbito nacional e internacional por su actividad normativa.

Para elaborar la norma se realizan los trabajos preliminares (recopilación de documentos, discusiones, etc.), elaboración del proyecto, información en BOE, propuesta de norma, registro, edición en B.O.E. y difusión de la norma UNE.

Las normativas aplicadas en las geomembranas sintéticas, de uso más generalizado en España, son los siguientes:

- UNE 53 586-86. Elastómeros. Láminas de elastómeros, sin refuerzo ni armadura para la impermeabilización. Características y métodos de ensayos.
- UNE 104 300-99. Plásticos. Láminas de polietileno de alta densidad (PEAD) para la impermeabilización en obra civil. Características y métodos de ensayo.
- UNE 104 303-99. Plásticos. Láminas de poli cloruro de vinilo plastificado con o sin armadura, no resistentes al betún, para la impermeabilización de embalses, depósitos, piscinas, presas y canales para agua. Características y métodos de ensayos.
- UNE 104 421-95. Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización para riego o reserva de agua con geomembranas impermeabilizantes formadas por láminas de polietileno de alta densidad (PEAD) o láminas de polietileno de alta densidad coextruido con otros grados de polietileno.
- UNE 104 420-99. Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización para riego o reserva de agua con geomembranas basándose en láminas elastoméricas de caucho de etileno-propileno-monómero-diénico (EPDM) o butílico (IIR). En elaboración.

3.4. Documento de idoneidad técnica.

Elaborados por las casas comerciales, sin contrastar experiencias, ensayos oficiales (suelen acompañar documentos de referencias de obras, ensayos en laboratorios como el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, pertenecientes a C.S.I.C, etc.) para la introducción de nuevos elementos de revestimientos impermeables.



Foto 1.1. Balsa de EPDM del Taibilla. Detalle rampa acceso al fondo de la solera.

3.5. Usuarios.

La Ley de Agua emplea el término "usuario" para designar las personas o Comunidades que se relacionan con el agua para satisfacer una necesidad.

3.5.1. Particulares.

Entendiendo como particular, persona física o jurídica (sociedad mercantil, tipo de S.L; S.A, etc.), donde al amparo del R.D. 51/92, establecen un plan de mejora de la explotación para modernizar las instalaciones de riego, adoptando un sistema más racional y económico, de los recursos hídricos y energéticos.

3.5.2. Comunidades de Regantes.

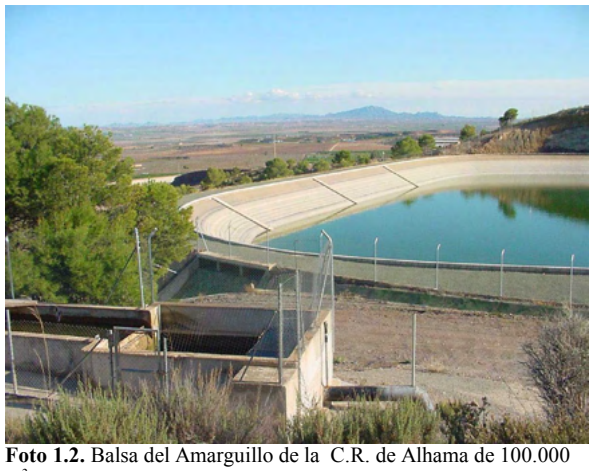


Foto 1.2. Balsa del Amarguillo de la C.R. de Alhama de 100.000 m^3 en EPDM.

La forma de gestionar el agua en una comunidad de propietarios, es amplia y variada. La Ley de agua regula el ejercicio de las mismas.

En las comunidades existen términos que le son propios, por ejemplo:

- Derrama: Forma en que se deposita parte de un presupuesto entre asociados, según la extensión de su parcela.
- Jarique: Administración del agua de una acequia o riego.

Los entes con personalidad jurídica más comunes son: Comunidades de Regantes (C.R.), Heredamientos (Derechos adquiridos de forma consuetudinaria, fiduciaria, licencia, concesión administrativa, etc., mediante la asociación de una larga tradición, algunas se remontan a la Edad Media y que dieron origen a finales del XIX a los antecedentes del origen cooperativista de hoy, mediante los "sindicatos agrarios católicos"). Cooperativas de Consumidores y Usuarios; Explotación Comunitaria de la Tierra (Ley 2-2-87; Orden 22-12-87), S.A.T. (antes Grupos Sindicales de Colonización, regulados en 1.941, hoy por el R.D. L 31/77, R.D. 1.976/81).

Más exacto que hablar de personas jurídicas, sería hablar de realidades sociales personificadas a las que se le atribuye personalidad (De Castro). Ya en "textos romanos", personificaba aquellas asociaciones humanas que reunían estos requisitos:

- Vida independiente de sus miembros.
- Cierta permanencia.
- Que por su interés público merecía el privilegio de la personalidad.

La base de su organización es estatutaria, establecidos como siguen:

- Acta de su fundación, donde consta el propósito de varias personas naturales que, con capacidad de obrar, acuerdan voluntariamente servir al fin de distribuir, administrar los recursos de agua que le son asignados de forma consuetudinaria y los de nuevas licencias concedidas.
- Deben de poseer unos Estatutos donde se establecen las condiciones lícitas de sus fundadores y regular los siguientes extremos:
    - Denominación.
    - Fines.
    - Domicilio,
    - Ambito territorial.
    - Organos directivos y forma de administración.
    - Admisión y perdida de socio.
    - Derechos y deberes de los socios.
    - Patrimonio, recursos económicos previstos, presupuestos.
    - Aprobaciones y reuniones de Asambleas, Comisiones, etc.

La ley (tanto la derogada de 24 de Diciembre de 1.964 como la actual) admite la modificación de los Estatutos, que deberá de aprobarse en Asamblea General Extraordinaria, siguiendo ulteriormente los mismos trámites que para su constitución.

- Reconocimiento legal de la Asociación.
- Registro de Asociación de carácter público.

Las C. R. poseen un sentido social, siendo su patrimonio como **posesión civil,** (tenencia o disfrute unidos a la intención de hacer la cosa o derecho como suyos).

La naturaleza jurídica de la posesión es un tema harto controvertido, discutiéndose acerca de si se trata de un hecho o de un derecho. Hay autores como Pothier y Winscheid, que la consideran como un simple hecho; Otros como Savigny estiman que es un hecho productor de consecuencias jurídicas; y finalmente otros, como Ihering y entre nosotros, Hernández Gil, estiman que es un derecho de naturaleza real, ya que se dan en él los dos elementos típicos: el interno o potestad sobre la cosa, y el externo o deber de abstención.

Siguiendo en nuestro Código Civil, podemos distinguir la posesión a título de dueño y a título distinto.

En otra situación se encuentran otras series de propiedades en situación de **dominio** sobre los medios necesarios para gestionar, distribuir, conservar, administrar, etc. De Diego señala el dominio como las facultades de poseer y aprovechar (accesión y tránsito), la de disponer (comprende enajenar, gravar, transformar y consumir), y la de excluir (comprende los derechos de deslindar, amojonar, cerrar, así como reivindicar).

3.6. La intervención de la Administración.

La mayoría de las balsas de cierta entidad, venían siendo construidas y tuteladas desde la Administración Central, autonómica, con fondos públicos.

El Estado realiza dos tipos de política económica, una a corto plazo, que se llama coyuntural (política fiscal, monetaria, exterior, de rentas) para estabilizar la economía; y otra, a medio y largo plazo, llamada política estructural. Esta última trata de crear las condiciones favorables para lograr el mayor crecimiento posible de la economía, manteniendo al mismo tiempo el pleno empleo y la estabilidad.

Dentro de las medidas estructurales (políticas indicativas, nacionalizaciones, privatizaciones, etc.) destaca la modernización, reorganización para el desarrollo de las sociedades de interés social (C. R.), caracterizadas por las ayudas y protección tutelada de la Administración para atender a su desarrollo social.

La modernización a través de inversiones en sus infraestructuras para desarrollar su función social, es imprescindible y a esto se une el agua, donde podría darse un mercado monopolista natural, creándose una competencia imperfecta, donde sus costos son menores que si los ofrecieran varias empresas. La única forma que ve el Estado es la participación en el control de su gestión.

A partir del año 2.000, el beneficiario de fondos públicos, tiene que hacer frente con el 26 % de la inversión (plazo hasta el 2.006), subvencionando un 50 % a fondos perdidos por Brusela y el 24 % restante, Madrid y Comunidad Autónoma. Las obras tienen que reunir concurrencias en libre competencia de adjudicación de la oferta más ventajosa, es decir, la subasta.

El 26% (aproximado) que pertenece al usuario, proviene de un crédito a tipo de interés "cero" a devolver a partir de 25 años, sin revisiones del I.P.C. Este 50 % de financiación preferente, provienen del acuerdo que se suscriben con la Sociedad Estatal de Infraestructura Agraria, S.A. (SEIASA), que es la nueva fórmula del M.A.P.A. al objeto de controlar dichas ayudas. El 26% se deposita en un aval bancario y debe presentarlo la C. R. antes de comenzar las obras (igual que el contrato de relaciones). Después se procede a desarrollar los Proyectos o no (según realice la Seiasa o la propia C. R.), la ejecución de las obras (dirección de obra independiente) asesorando y controlando el gasto la Seiasa.

La ejecución tiene que reunir una serie de requisitos y condiciones, suscritos en formas de convenios de colaboración (protocolos C.R. y Seiasa). La C. R, se integra en una comisión de seguimiento paritaria (50% de las partes).

Las subvenciones tienen que reunir las siguientes condiciones (al menos hasta el 2.006):

- Firma de convenio de colaboración y apoyo con Seiasa, donde tiene representante en el Consejo de Administración.
- No puede existir más subvención (sobre todo de la Administración Autónoma).
- Libre concurrencia de la gestión para la elaboración de Proyectos (3% del costo de obra, estimada, subvencionado o realizado por la Seiasa). .
- Contratos de prestamos y parte de fondos propios para iniciar tramites (Estudios, Planes, Proyectos, etc., que pueden ser pagados por el beneficiario o subvencionados).
- Adjudicación de las obras mediante concurso-subasta (limitado en algunos casos) y mediante subasta en libre concurrencia (publicación).
- Control de Dirección de obra, independiente (puede ser el autor del Proyecto) y libre (normalmente empresas de asesoramiento técnico). Supone un 4% del costo de la ejecución como máximo. La gestión de control de calidad se realiza por

empresa externa y las pruebas de calidades por laboratorio autorizado (1% de costo de obra). Pueden realizarse auditoria externa, en caso de requerirse.

Estos cambios obedecen a la teoría económica denominada como: "neoinstitucionalismo", desarrollados por Baumul en 1.993. Según éste economista, los empresarios son aquellas personas con ingenio y creatividad para encontrar cauces que acrecientan su propia riqueza, poder y prestigio (Shumpeter añade poder o prestigio social) logrando metas que añade mucho o poco al producto social.

El principal determinante (según North 1.993) del comportamiento empresarial es "las reglas de juego" imperante, que estructuran incentivos en el intercambio humano, ya sea político, social o económico.

Estas reglas definen la forma en que se desarrollará el juego, mientras que los jugadores (individuos y organizaciones) emplearán los recursos y capacidades a su alcance para "ganar el juego", acorde con las reglas vigentes.

4. COMPETENCIAS.

4.1. Responsabilidad.

Es competente el Ingeniero Técnico Agrícola e Ingeniero Agrónomo, conforme su Colegio para realizar proyectos y dirigir obras de éstas características, con los límites de no sobrepasar más de 10 metros de altura de terraplén y no embalsar más de 100.000 m^3 de agua. Si pasan de estos valores, se consideran como obras de gran presa (IPCC), cuyas competencias corresponden a Ingenieros de Puertos Canales y Caminos.

En los tramites a resolver, tenemos:

A) Iniciales: Los de carácter administrativo (permisos de obras, licencias sobre concesiones de derechos, medioambientales, cambio del uso de la propiedad, valoraciones de bienes catastrales, etc.), que sólo representan aspectos burocráticos preliminares (anteproyecto, proyecto).

B) Director de obra: En el período de construcción, responsabilidades sobre seguridad y posteriormente, los del servicio.

C) Garantías: Proyectista, Director de Obra, Dirección técnica del contratista, Usuarios, corresponden al uso, donde puede tener fallos en forma de rotura.

Existen dos clases de responsabilidad, la civil para reparar daños y la penal en caso de muerte.

Dada la sensibilidad que produce la rotura de éstos tipos de obras, donde los daños son enormes sobre cultivos y bienes materiales, cuando no existen desgracias personales, suelen ser noticias de primeras páginas de los diarios.

Deben exigirse certificados de garantías a las empresas constructoras, no sólo del plazo de un año, como cualquier obra, sino de duración de los materiales (período que oscila sobre los 10 años como mínimo, ante la posibilidad de una rotura de lámina), quedando organizada éste mediante contrato en escritura pública. A su vez, la empresa constructora, asegurará los daños con una póliza de seguro.

El Director de la obra, exigirá del usuario un mantenimiento y vigilancia de la balsa por parte del usuario, asegurando mediante póliza de seguro, un posible accidente.

4.2. Daños.

En ningún proyecto se suele contemplar lo que pasaría si la balsa se rompiera y derramara todo el agua de repente. Si a esto le añadimos que su construcción no está sometida al riesgo de rotura, tenemos que en caso de producirse, el agua correría en la mayoría de casos lejos de cauces naturales, complicándose por estar en sitios elevados.

¿Y su hermano mayor, la gran presa?. En España no se cuenta con planes de emergencia en caso de rotura. Las catástrofes de Ribadelago, y la última de Tous, obligaron a implantar normas de emergencia, según riesgo, donde se han presentado hasta Julio del 2.000, 365 solicitudes de 1.187 presas en España, de las que 313 han sido ya clasificadas.

La calificación de presas según riesgo se realiza:

..... según su rotura o funcionamiento incorrecto pueda:

- Categoría A: ... afectar gravemente a núcleos de población o servicios importantes.
- Categoría B: .. daños medio - ambientales, materiales, etc.
- Categoría C: .. daños moderados.

5. CARACTERISTICAS BÁSICAS DE UNA BALSA.

5.1. Definición.

Cavidad normalmente excavada o construida y compactada en sus terraplenes, para contener y depositar una cantidad de agua mediante la seguridad de la impermeabilización del interior del vaso.

Analizando su definición:

- Contener y depositar: Básico para su función.
- Seguridad: No puede ser inestable, inseguro, etc.
- Impermeable: Asegurar el agua almacenada para su uso.

En general, observamos de común en todas ellas, los siguientes elementos constructivos:

- Planta.
- Solera.
- Talud.
- Pasillo de coronación.
- Cerramiento.
- Entrada de agua.
- Salida de agua.
- Derramadero.
- Drenes.

5.2. Componentes.

La composición de sus elementos, proviene de la necesidad de poder definir sus funciones, algunas de carácter general como el "***Vaso"***, (cavidad aludida) esencia de su existencia, donde el Proyecto refiere las características que lo definen, siendo su máxima alusión, como no podría ser de otro modo, a su contenido (volumen máximo, volumen de seguridad, etc.), altura de agua, dimensiones de superficie (base menor, base mayor). Existen otras referencias como la forma, su construcción (solera, taludes, lámina, etc.). En general, posee tanta importancia, que a la hora de realizar el presupuesto, tendrá un Capítulo que contendrá el Movimiento de tierra, la impermeabilización, etc., para construir éste receptáculo.

La ***estructura funcional*** acompaña al vaso para realizar la función requerida. Nos referimos las obras de fábrica (salida, entrada del agua, conducciones, etc.), drenes, (seguridad), cerramientos, etc. Y por último, obras complementarias, como estaciones de bombeos (bombas, instalación eléctrica), conducciones de colectores, transporte, etc.

- **Constructivo del Vaso**:
  - Materiales granulares/terreos ó de hormigón.
  - Impermeabilización de materiales arcillosos ó plásticos.
- **Estructura funcional**:
  - Entradas-salidas, etc.
- **Complementarias**:
  - Conducciones, etc.

5.3. Elementos.

- Vaso.
  - Movimiento de Tierra.
    1. Desbroce.
    2. Desmonte.
    3. Terraplén.
    4. Refinos de taludes.
    5. Drenes de solera, taludes (agua, gases).
  - Impermeabilización.
- Funcionales.
  - Obras de fábricas.
    1. Salida.
    2. Entrada.
    3. Derramadero.
    4. Bordillo perimetral en pasillo de coronación.
  - Seguridad.
    1. Drenes del pasillo.
    2. Cerramiento.

- Conducciones.
    1. Tuberías.
    2. Válvulas.
- Complementarias.
    - Conducciones.
    - Bombeos.

6. BALSAS SEGÚN SUS USOS.

6.1. Balsa de reserva.

Es el fundamento de su construcción, posibilitar los riegos en momentos críticos de los cultivos, en caso de avería en el suministro del mismo, contándose los días de utilización.

Dado el interés de éste apartado, se le dedicará un supuesto práctico en el último epígrafe.

6.2. Balsa de regulación.

Averiguar la cantidad de agua disponible y a partir de aquí, regular los distintos caudales disponibles durante el año. La capacidad de la balsa o balsas necesarias, tendrá que ser con la suficiente capacidad para asegurar en el **período crítico** las necesidades de los cultivos.

En los periodos de sequía, se realizan en forma de emergencia balsas para mantener los cultivos arbóreos.

En los recursos subterráneos, se debe de contar con reservas suficientes en caso de avería de la bomba del sondeo, así como realizar el llenado de la misma en horario de menor coste energético (hora valle).

El cálculo de la capacidad se decide atendiendo a los siguientes análisis:

- Necesidades del cultivo por meses y superficie de la misma.
- Extracciones ó caudales disponibles.
- Déficit ó superávit en los distintos meses con distintos supuestos.
- Período crítico de consumos hídricos.
- Capacidad de balsas actuales y acumulables al existente.
- Adaptación a las necesidades económicas, ubicación y cualquier otra necesidad.

6.3. Dominio de cota.

La ubicación de la balsa debe permitir y asegurar el correcto manejo de la red de riego, con el menor costo posible. Esto se consigue, con el dominio de cota suficiente sobre la superficie a regar. En el caso de sistemas de alta frecuencia, llamado goteros, es necesario una presión mínima de una atmósfera para su uso, así como otros consumos de presión en la

apertura y cierre de válvulas hidráulicas, contadores, filtrados, etc., todo ello se consume de la presión de la red que debe ser aportada por la altura de la balsa. En caso de ser excesiva la altura, posee otros inconvenientes, al encarecer la infraestructura con limitadores de presión, mayores espesores de la tubería, roturas, etc.

6.4. Balsas para oxigenación.

En aquellas balsas que reciben el agua de sondeos, depuradoras, puede que el agua contenga disoluciones de productos que modifiquen su composición química precipitando sales en presencia del oxigeno. En la forma de expresión local: "curándolas con el sol", pero esto lleva mediante la evaporación a una mayor concentración de dichas sales y a una progresiva cristalización, lo que se hace patente en forma de costras, que se depositan sobre la lámina de los plásticos.

Sin embargo, es cierto en algunos casos, con las presencias de iones de hierro, azufre, manganeso, sílice, etc., el que se vean favorecidas estas aguas por oxidaciones, produciendo en algunos casos descensos de presencias de 1 a 5 ppm., a 0,1 ppm, así como en las aguas procedentes de la depuración, disminuciones de bacterias del tipo crenothrix.

En aguas subterráneas profundas el contenido de oxigeno suele ser bajo y la concentración de oxígeno disuelto en el agua es un índice significativo de su calidad sanitaria. Los tests de oxígeno disuelto indican la cantidad de oxígeno molecular disuelto en el agua.

El oxigeno disuelto tiene el inconveniente de acelerar el ataque corrosivo sobre el hierro, acero y otros metales, que se ve favorecido con la elevación de la temperatura, así como el crecimiento de bacterias aeróbicas.

El agua que proviene de contactos abundante con materia orgánica, es un agua con una concentración de CO_2 importante y con un descenso de O_2, generándose la liberación de gases en las aguas carbonatadas y que cambiará el pH del medio.

Las aguas que poseen sales de nitratos y fosfatos, sin relación con ninguna formación geológica, sino procedentes de otras fuentes contaminantes, presentan el problema de la eutrofización en volúmenes importantes, siendo agravado por la evaporación. Esto provoca la proliferación de microorganismos no deseables, como algas, que producen la obstrucción de filtros y goteros.

Existen posibilidades de realizar procesos químicos en la balsa, como es los ablandamientos de aguas, añadiendo a la balsa cales, pero estos sistemas, están siendo desplazados por otros más rápidos, como la ósmosis inversa y más concretamente, por la nanofiltración, que trabaja a presiones muy bajas y elimina la manipulación de esos reactivos. Lo que sí encontramos en la mayoría de los casos, es la mezcla con otras aguas de mejor calidad, para reducir la salinidad, como son las procedentes de desaladoras.

7. TIPOS DE BALSAS.

7.1. Según dominio.

- Elevada: Se aprovecha una situación de ubicación que ofrezca el riego sin ayuda de ninguna bomba, aprovechando el desnivel de altura entre el embalse elevado y las tierras a regar, suele decirse que son económicos. El llenado puede realizarse por cotas superiores o bien por bombeo al embalse y de éste, se riega. Suelen ser balsas de grandes capacidades, media de 100.000 m3.

- Bajas: Necesitan de una ayuda de una bomba para permitir el vaciado y servicio de la misma, suelen ser terrenos muy llanos y sin posibilidad de elevación, también los tamaños son pequeños (media de 20.000 m3).

7.2. Atendiendo a su construcción.

- Obras de fábricas: Suelen ser raros, normalmente pequeños (5.000 /50.000m3), de hormigón, piedras con revestimientos, de forma general, un conglomerante hidráulico como el cemento, con un conjunto de áridos, piedras. Si son menores de los 5.000 m^3, suelen denominarse depósitos, normalmente prefabricados con cierres de armaduras del tipo encastrados en los tableros prefabricados o añadidos por fuera, rodeando las paredes del depósito. La forma más común es la circular, como se muestra en la siguiente fotografía, aunque también puede tener planta del tipo rectangular o cuadrado.



Foto 1.3. Colocación de tapa en depósito prefabricado por PTP del grupo Tragsa.

- Tierras: Más comunes y de volúmenes diferentes, compactados.
    a) Material arcilloso.
    b) Materiales no plástico, de diferentes composiciones.

En la elección de impermeabilización influye la altura de agua, el tipo de terreno, la distancia máxima de 200 metros en el vaso, etc.

Se puede establecer la siguiente clasificación, atendiendo a los materiales empleados para impermeabilizar la balsa, atendiendo al componente empleado.

- Naturales (arcillas montmoriticas), flexibles, fabricados en situ.
- Revestimientos rígidos.
- Geomembranas, llamados también geocompuestos.

Varía según composición química y estructura interna:

- Laminas de PVC.
- Láminas de elastómeros.

- Láminas de polietileno de alta densidad.

7.2.1. Materiales flexibles fabricados in situ

7.2.1.1. Revestimientos con suelos

Consiste en la utilización de un suelo suficientemente impermeable como revestimiento (arcillas).

Como el suelo no es totalmente estanco, se deberá dar el espesor de revestimiento necesario para que la filtración esté dentro de límites admisibles y no exista riesgo de arrastres.

En la permeabilidad del terreno, influye su granulometría, plasticidad y densidad, debiéndose estudiar este tema de acuerdo con los conocimientos de la Mecánica de Suelos.

Este sistema se puede utilizar en los casos en que exista un tipo de suelo adecuado, a una distancia que haga económica posible su utilización.

El talud está limitado por la estabilidad del revestimiento y por el método constructivo que asegure una adecuada compactación. Al utilizarse materiales sueltos existe el riesgo de que el oleaje pueda producir erosiones en el revestimiento, debiéndose prever esta contingencia en el diseño del pequeño embalse.

7.2.1.2. Incorporación de bentonita

La bentonita es una arcilla de origen volcánico. Es el nombre comercial de la montmorillonita sódica, tomado de las minas de Benton (Wyoming), que es de donde procede con una pureza aún no igualada en el mundo.

En contacto con el agua experimenta un hinchamiento considerable, produciendo un efecto impermeabilizado al obstruir los caminos por los que discurre el agua de infiltración.

La montmorillonita cálcica es más fácil de encontrar. Existen minas en España y Grecia. Recibe el nombre erróneo, pero comúnmente aceptado, de bentonita cálcica. Para diferenciarlas de la real se le suele llamar como bentonita sódica.

Tiene aplicaciones análogas con un índice menor de hinchamiento ya que la actividad electroquímica de los iones de calcio es inferior a los de sodio.

En algunos casos en los que el proyecto requiere bentonita sódica, se puede obtener a partir de la montmorillonita cálcica mediante la sustitución de los iones de calcio por iones de sodio en un proceso de enriquecimiento.

Su uso puede ser de dos formas distintas:

a) Mezcla con un suelo de aportación, extendido y compacto sobre la superficie a impermeabilizar.
b) Extendido de la bentonita, mezclado "in situ" con el suelo natural y compactación posterior.

Como es lógico, la cantidad de bentonita a añadir es función de la composición del suelo: en arcillas y limos puede ser suficiente 5 kg./m^3 , en arenas limosas 7, 5 kg./m^3 , y en arenas del orden de 10, 5 kg./m^3 , aunque en cada caso particular se deberá obtener mediante ensayos previos la cantidad idónea.

La presencia de iones calcio en el agua puede originar el intercambio con los iones de la bentonita, disminuyendo su capacidad impermeabilizadora. O a la inversa si se emplea bentonita cálcica.

El parámetro de la bentonita a considerar, es el índice de hinchamiento, que debe ser superior al 100 %.

7.2.1.3. Impermeabilizaciones asfálticas.

Dentro de este apartado incluimos dos diferentes subtipos:

a) Las pantallas asfálticas. Es una técnica de origen remoto, que recientemente ha alcanzado un fuerte desarrollo por su empleo en presas de escollera.

Se utiliza una mezcla de las denominadas "densas", con tamaño máximo de áridos de 12 mm. (D-12).

El betún a emplear será de un índice de penetración 60/70 y su dosificación se determinará de forma que el porcentaje de huecos de la mezcla sea menor al 1 %. Los cálculos se comprueban mediante ensayos de laboratorio hasta conseguir un coeficiente de permeabilidad (K) entre 10-8 cm./seg.

La dosificación de la mezcla, para la puesta en obra, se realizará por peso de cada uno de los elementos.

La colocación se realiza mediante extendedoras convencionales cuando la pendiente de los taludes lo permite, o con sistemas de extendido "colgados" desde la parte superior de la presa para pendientes excesivas.

Generalmente, se colocan dos o tres capas cruzadas y los espesores totales son próximos a los 10-15 cm. por lo que su precio resulta elevado.

b) Láminas asfálticas construidas "in situ" por diversos procedimientos, objeto de la correspondiente patente comercial.

El tipo más usual consiste en la colocación de una lámina de material no tejido que actúa como soporte de una aportación bituminosa. El betún se añade por proyección y para posibilitar su colocación debe ir en emulsión o fuertemente calentado.

Estos procedimientos tienen la ventaja de que las juntas precisan escaso tratamiento, y el inconveniente de su precio y la dificultad del control en obra.

7.2.1.4. Revestimientos con materiales no convencionales.

Se incluyen en este apartado, los diferentes revestimientos creados por varias casas comerciales, utilizando como elementos impermeabilizantes, productos procedentes de la industria química. En todos ellos, y sobre el propio terreno, se produce una reacción química entre dos o más componentes, que origina un producto final que es el que produce la estanqueidad.

El sistema, generalmente, consiste en fijar sobre el terreno, una lámina de material no tejido, que se impregna con un compuesto que se proyecta sobre dicha lámina. Este compuesto, es la mezcla de determinados productos que al reaccionar forman la lámina impermeabilizante.

Entre las ventajas de estos sistemas, está la posibilidad de adaptarse a cualquier talud y la ausencia de juntas. El principal inconveniente radica en la complejidad del control, y en la posibilidad de irregularidades en la dosificación. El precio unitario es relativamente elevado.

7.2.2. Revestimientos rígidos

Estos sistemas han sido los más empleados en pequeños y medianos depósitos de agua.

7.2.2.1. Mampostería.

Ha sido muy empleado, pero su uso está en declive al elevarse su precio y por la escasez de mano de obra especializada. Como todos los revestimientos rígidos, se agrieta si se producen asentamientos en el soporte.

Generalmente, se colocan dos o tres capas cruzadas y los espesores totales son próximos a los 10-15 cm. por lo que su precio resulta elevado.

7.2.2.2. Hormigón.

Por su durabilidad es muy adecuado para el revestimiento, aunque su impermeabilidad no es absoluta, es suficiente si se diseña y construye adecuadamente. El principal inconveniente es la necesidad de juntas para evitar el agrietamiento por contracción térmica y retracción. En hormigones en masa, las juntas deben ir distanciadas menos de seis metros y en hormigones armados se puede llegar al doble de dicha longitud.

Dado que la técnica del hormigón es absolutamente conocida, sólo conviene indicar que la dosificación de cemento debe ser superior a 250 kg/m^3. y la relación agua-cemento entre 0,50 y 0,60. En obras de cierto volumen, puede ser útil la inclusión de aireantes.

7.2.2.3. Gunitado.

Este material es una mezcla de cemento, arena, agua y un aditivo, que se proyecta con aire a presión, y a una gran velocidad de impacto de las partículas, sobre la superficie que se pretende impermeabilizar.

La relación agua/cemento será de 0,30-0,40, por lo que resulta una mezcla seca.

Los cementos utilizados son del tipo (antigua nomenclatura) P - 350 a P - 450 , con una dosificación mínima en cemento de 400 kg./m^3 de árido. El aditivo impermeabilizante no debe superar el 15% del peso del cemento.

Se puede colocar una malla metálica, fijada previamente al paramento, aunque de pequeños diámetros, ya que se utilizan normalmente espesores reducidos.

Las ventajas de este sistema son su adaptación a cualquier superficie (incluso aunque sea vertical o irregular, sin necesidad de disponer de juntas de retracción).

7.2.2.4. Suelo-cemento.

También ha sido utilizado para impermeabilización este sistema, que se basa en añadir cemento a un suelo con escasa proporción de partículas finas (limos y arenas). Se trata de un material de coste razonable, resistente a la erosión y a los agentes atmosféricos, y bastante impermeable.

Según el proceso constructivo, puede ser preparado "in situ" o en planta. En el primer caso, el proceso se inicia por el escarificado del suelo natural, el aporte del cemento y el agua, la mezcla de los tres materiales, la compactación y el curado. En los fabricados en central, la mezcla se efectúa en equipos semejantes a hormigoneras en los que se dosifican y mezclan los tres componentes; tras el transporte y extendido, se termina con las operaciones de compactación y curado.

El sistema más económico es el de la mezcla "in situ" que suele utilizarse en mayor medida.

El control del procedimiento se debe centrar en la dosificación del cemento y el agua, y en el grado de compactación alcanzado.

Aunque en menor proporción que en el hormigón, también se producen grietas por retracción, que hay que sellar con algún producto elástico para evitar pérdidas de agua.

7.2.3. Geomembranas

En la actualidad las geomembranas (también conocidas como láminas), han adquirido una importancia vital en este tipo de obras debido a su fácil manejo y coste razonable.

Muchos de los sistemas enumerados anteriormente han quedado prácticamente en desuso con la entrada de este tipo de materiales, pues han demostrado una eficacia elevada.

Este apartado es amplio en relación con los anteriores, pero es preciso extenderse, pues la relativa novedad de estos sistemas unido al desconocimiento de muchos de los materiales utilizados hacen necesaria una cuidadosa elección de los mismos para la obtención de una impermeabilización adecuada y duradera.

7.2.3.1. Definición y funciones.

Las geomembranas se caracterizan por estar formadas por materiales de poco espesor dispuestos superficialmente y de gran impermeabilidad. En ellas predominan el carácter superficial (mínimo espesor) que les dota de cierta flexibilidad, lo que permite su utilización como láminas impermeabilizadoras en contacto con materiales térreos que experimentan deformaciones.

Se emplean con gran profusión para impermeabilizar balsas, pantallas de presa, revestimiento de canales, túneles y galerías, etc. Estas aplicaciones son semejantes a la de impermeabilización de cubiertas en edificación, pero presentan ciertas peculiaridades, derivadas de los mayores daños producidos en caso de fallo.

La función básica a desarrollar es la de impermeabilización y secundariamente, resistir los esfuerzos mecánicos de servicio. Estos esfuerzos se deben a su peso propio, y eventualmente a la presión hidrostática, sobrecargas (de uso o de tierras), reacción del soporte, efectos térmicos, acción del viento, deformaciones del soporte, solicitaciones reológicas, etc.

Estas funciones deben mantenerse a lo largo de su vida útil, según datos contrastados de laboratorios oficiales, tendríamos.

Material.	Butílo.	P.V.C.	PEAD.	EPDM
Resistencia a rotura. (N/mm^2 = MPa)	8/10	15/20	25	8/10
Deformación en rotura.	>400%.	>250%	>500%.	>350%
Densidad (gr/cm^3).	1,25	1,21	0,94	1,26

Cuadro nº. 1.1 Pruebas de laboratorio sobre láminas impermeables.

Estos valores corresponden a materiales sin refuerzo alguno, con cargas de poca duración y ensayos a temperatura ambiente. Al no ser materiales elásticos se producen deformaciones no recuperables importantes si la solicitación es permanente. Además, es preciso considerar la existencia de fenómenos de fluencia, es decir, de aumento de la deformación a carga constante.

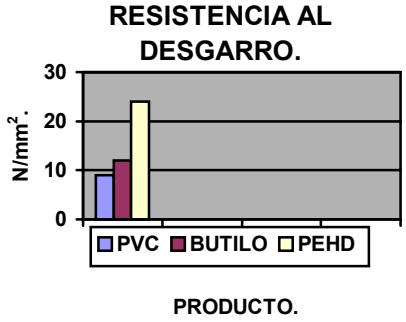


Gráfico nº. 1.1. Resistencia al desgarro.

Afortunadamente, la tipología adoptada usualmente no origina que las geomembranas estén sometidas a grandes tracciones, que de existir deberían ser evitadas con medidas complementarias.

De más relevancia es el fenómeno del punzonamiento o rotura por incrustación de cuerpos con aristas vivas (guijarros) que obliga a disponer sistemas de protección contra esta acción.

7.2.3.2. Otras propiedades.

La durabilidad es también una propiedad a contemplar. La geomembrana debe mantener suficientemente sus propiedades de resistencia e impermeabilidad, y no verse afectada por el agua, ni las sustancias que este elemento lleve disueltas. Tampoco deben producir afección apreciable el aire (oxidación), el suelo con sus elementos básicos o ácidos, y en su caso los rayos solares (PVC), ozono (caucho butilo), etc.

Particular atención se prestará a la acción de las raíces, sobre todo de juncos, cañas, grama, etc., que producen un efecto de perforación sobre la lámina, anulando la función impermeabilizadora.

En casos singulares (estanqueidad de vertederos, depuradoras, etc.), se incorporará el estudio de la compatibilidad de la geomembrana con las sustancias con las que vaya a estar en contacto.

La soldabilidad, en fábrica y en obra, es otra propiedad a conocer, pues determina el proceso del diseño. El transporte a obra debe realizarse en rollos del mayor tamaño posible (ancho x largo), para reducir las juntas "in situ", siempre de menor fiabilidad.

Finalmente y de la máxima importancia es el coste por unidad de superficie de los diversos materiales y casas comerciales existentes.

Siendo la utilización más extendida de las geomembranas la impermeabilización de balsas, se tratará en el Capítulo 3, al que desarrollamos una especial atención.

7.2.3.3. Criterios para el Diseño.

Normalmente se presenta un elevado número de variables que deben ser considerados a la hora de abordar la impermeabilización de una balsa. Estas variables son el emplazamiento, los soportes, el tipo de protección a emplear, la climatología local, la agresividad del terreno, la agresividad química de los productos a embalsar, así como su posterior uso (alimentación, regadío, industrial, etc.), siendo necesario estudiarlos uno por uno para establecer en cada caso la impermeabilización más adecuada.

A la hora de la elección de la geomembrana y materiales relacionados que van a constituir el sistema de impermeabilización, es importante tener en cuenta las siguientes variables:

a) Acciones sobre la Geomembrana.- Las más importantes son las indicadas a continuación, pero pueden existir muchas más. Las acciones sobre la geomembrana influyen también sobre las operaciones de instalación.

- Efecto del viento-. levanta la lámina y puede romperla
- Temperatura: esfuerzos por dilataciones y contracciones
- Radiación Solar: debe ser resistente a los rayos UV
- Efecto del granizo o pedrisco: necesidad de protección adicional
- Oleaje: producido por el viento puede dañar el soporte
- Características reológicas: esfuerzos inducidos en la geomembrana por el diferente comportamiento de los distintos materiales involucrados.
- Peso propio y rozamiento: obliga a bermas intermedias en taludes muy prolongados.
- Asientos del soporte: especialmente los diferenciales.
- Vegetación: en geomembranas protegidas las raíces pueden llegar a romperla
- Efectos del subsuelo: agua freática o gases.
- Otras-. flotantes, vertidos, microorganismos, vandalismo

b) Geometría de la balsa

Forma en planta de la balsa, adaptada a la topografía del emplazamiento y definida mediante líneas curvas o poligonales. Evitar las aristas vivas.

7.3. Forma de la planta.

-Regular:

- **Poligonal**: La más aplicada en terreno llano. Fácil de realizar los cálculos de volúmenes y demás necesidades constructivas.

- **Circulares**: Suelen realizarse para balsas de grandes volúmenes, sin contemplar la superficie ocupada. Su cálculo es sencillo. El inconveniente que presenta es su elevado número de soldaduras, en formas de "V".



Foto nº. 1.4. Balsa circular de PEAD.

-Irregular.

Suele realizarse en sitios elevados y aprovecha muy bien toda la superficie disponible, siguiendo en la mayoría de los casos, las propias curvas de nivel del terreno para permitir su asentamiento. Su ventaja es su economía, su seguridad, el inconveniente es el mayor número de soldaduras en la lámina.

7.4. Superficie / volumen.

Hay que considerar, desde el punto de vista de inversión, la relación de m^3/m^2, de volumen de agua embalsada / superficie de balsa impermeabilizada, al ser la impermeabilización una parte muy importante del costo de ejecución. Una simple reflexión nos lleva a considerar la circular (tronco de cono) o cuadradas (tronco de pirámide), cómo las ideales.

Veamos con un ejemplo similar a todos los modelos, lo más parecido posible.

Supongamos las necesidades de una balsa de lado 100 metros, altura 10 metros y talud 2:1.

7.4.1. Forma tronco-cónica.

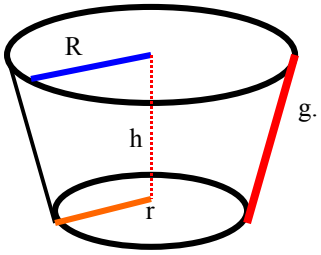


Figura 1.2. Tronco cónico.

Area: $\pi \cdot (r + R) \cdot g + \pi \cdot r^2$. Volumen: $1/3 [\pi \cdot r^2 \cdot h]$.

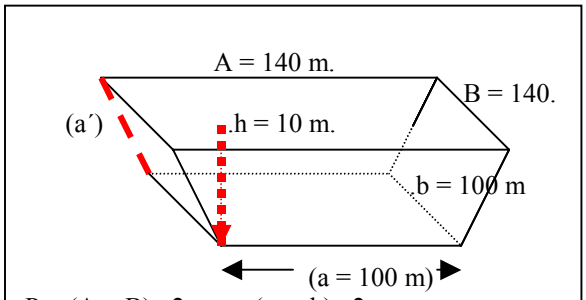
Atc = $3{,}1416 \cdot (100+120) \cdot 20 + 3{,}1416 \cdot 10.000 =$ 45.238,93 m^2.

Volumen tronco cono: $1/3 \cdot [\pi \cdot 100^2 + \pi \cdot 120^2 + \sqrt{\ } (\pi \cdot 100^2 \cdot \pi \cdot 120^2)] \cdot h =$

453.645,8 m^3.

Relación V/A = 10 m^3/m^2.

7.4.2. Forma tronco-piramidal.



P = (A + B) · 2. p = (a + b) · 2.

(a´) .- Apotema.

Fig. 1.3. Figura tronco – piramidal.

S = [(P + p / 2) · a´] + (a · b) = 10.733,125 + 10.000 = 20.733 m^2.

V = 1/3 · h · (A · B + a · b + √ [A · B · a · b] = 145.333 m^3.

Relación V/A = 7 m^3/m^2.

7.4.3. Forma rectangular.

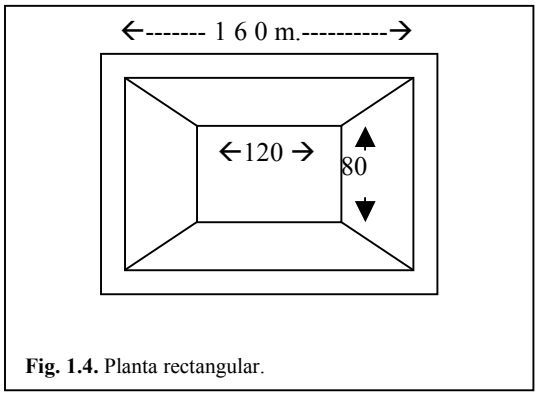


Fig. 1.4. Planta rectangular.

S = 20.333 m^2. / V = 144.000 m^3.

Relación V/A = 7,08 m^3/m^2.

7.4.4. Forma exageradamente rectangular.

B = 1040 · 50; b = 1000 · 10.



Foto nº. 1. 4. Balsa alargada.

S = 56.956; V = 310.000.

Relación V/A = 6,031 m^3/m^2.

Podemos relacionar en las balsas de formas irregulares, acompañarlas de formas circulares o poligonales, evitando reducir superficie en el fondo. El volumen es ocupado por la cavidad de los taludes y puesto que un alto porcentaje del costo de una balsa corresponde a los m^2 de láminas de impermeabilización, resultaría muy conveniente tener en cuenta el estudio de relación superficie/volumen, teniendo en cuenta los lados, ángulos, superficies ovaladas, etc., lo que llevaría a un estudio de relaciones de las medianas, con formaciones baricéntricas (máxima circunferencia inscrita en su interior). Áreas de los triángulos descritos por sus diagonales, dentro del polígono realizado, equivalentes.

Supongamos una superficie base de 100 · 100 (10.000 m^2) y con la misma inclinación de taludes (2:1), tendríamos.

S. Menor.	Altura.	Sup. Mayor.	% c/refer.	Volumen.	% c/refer.
10.000	2,5	12.100		27.625	
10.000	2,5 +2,5	12.100+2.300 = 14.400	+ 19 %.	27.625+ 33.375	+120%.
10.000	2,5+ 5	12.100+4.800 = 16.900	+ 39 %.	27.625+ 73.250	+265%.
10.000	2,5+7,5	12.100+7.500 = 19.600	+ 62 %	27.625+120.375	+436%.
10.000	2,5+10	12.100+10.400=22.500	+ 86 %.	27.625+175.500	+635%.
10.000	2,5+12,5	12.100+13.500=25.600	+ 111%.	27.625+239.375	+866%.

Cuadro nº. 1. 2. Influencia de la altura en capacidad/volumen.

Vemos que resulta más rentable con profundidad. Hay que tener en cuenta que la legislación actual exige con más de 10 metros de alturas, la aprobación de tales Proyectos por parte de la Confederación, al considerarlas como "gran presa".

7.5. Atendiendo al sistema empleado en su construcción.

Según el volumen del movimiento de tierra, podremos tener:

- Compensados.
- Sobrantes.

Los excesos y sobrante de material es lo más normal y constituye parte del material que sobra del destinado al de terraplenado. El sobrante se destina al vertedero o bien, depositarlo en los exteriores del terraplén sin compactar, lo que diferenciarán parte del mismo con grietas entre ambos tipos de materiales (terraplén y vertido. También se pueden depositar el exceso en sitios ajenos a la obra. Hay que procurar que no se deslicen y produzcan peligros de arrastres en los casos de lluvia.

- Prestamos.

Cuando falta material de la excavación del vaso o éste no cumple las condiciones técnicas para ser empleado, los terraplenes se construyen con parte o total aportación de materiales de otro sitio. En éste caso hay que considerar la distancia de transporte que encarece notablemente la obra.

Si atendemos a la necesidad de la maquinaria para construirla, tenemos:

Empujadores tipo Buldózer: Son difíciles de controlar su compactación, poco fiable. Pequeñas y económicas.

Traillas/mototraillas/camiones: Fácil de controlar la compactación. Exigibles en balsas de grandes volúmenes.

7.6. Por su vida útil.

No suele realizarse estas clasificaciones a priori, pero la realidad indica que existen embalses de corta duración (máximo de cinco años) media vida (15 años) y larga vida (más de 20 años. Naturalmente responde a la forma de su construcción, a la utilidad prestada y al volumen del mismo, así los pequeños son de pequeña duración y los grandes de mayor tiempo.

En genera, suele darse un certificado por la empresa constructora de un período no inferior a 10 años en las arcillas y en los de láminas, existen certificados de períodos de 15/20 años que aseguran su durabilidad, dependiendo de su composición, espesor, etc.

8. EMPLAZAMIENTO DE LA BALSA.

Dependiendo del tipo de balsa, necesitaremos una serie de estudios para ser incorporados en el Proyecto. En el caso más relevante, necesitaremos ampliar los detalles de su aspecto constructivo.

No todos los terrenos son apropiados para construir una balsa. Sin duda, es el factor más limitante de todos: es la estabilidad de la balsa, sin cuyo requisito, no podremos seguir. Posteriormente tendremos otros, como el económico.

La disposición del terreno puede ser:

Natural, como semejanza a los simples lagos, donde con poco costo, cerrando parte de huecos, podemos almacenar el agua. Es parecido a la situación de un embalse o presa.

Artificial, donde hace falta modificar el terreno, para construir la balsa. Su antecedente es la alberca.

8.1. Primera impresión del emplazamiento.

En un primer vistazo, sin mayor conocimiento, observar la topografía del terreno, su relieve. Si existen zonas erosionadas. Su composición general.

El tipo de suelo que vemos (de labor, monte, etc.), sus accesos.

Dependiendo del tipo de balsa que vayamos a construir, responderá a nuestras expectativas, encajando en una primera situación su aprobación o rechazo.

En el caso de viabilidad, deberemos apoyarnos en los estudios que determinen los materiales que tenemos en nuestro terreno, para confeccionar un informe técnico que sirve de base a la confección del proyecto.

La toponimia de la zona, suele indicar algo sobre las características de los terrenos, así la localidad próxima a Murcia de los "Algezares", significa "Yesera" (proveniente del árabe). Los nombres de "saladares", aluden a sales, los "almarjales" a terrenos bajos y encharcados.

Normalmente existen costumbres constructivas en las zonas, que suelen indicar como deben de realizarse, favorecidos por la experiencia local.

8.2. Titularidad del terreno.

Es básico, tener certeza de acceder a la propiedad de los terrenos considerados para elaborar el proyecto.

8.3. El aspecto del relieve.

La forma del terreno será determinante a la hora de configurar la forma, debiendo buscarse lugares al abrigo de vientos, accesibles, sin presentar erosiones graves en su relieve.

En aquellos terrenos con pendiente superior al 10 %, necesitan de una base mayor de terraplén, con mayor inclinación del talud exterior (aguas abajo), existiendo siempre el riesgo de deslizamiento. Es decir, si tenemos un terraplén de 10 metros de altura, pasillo de coronación de 5 metros, talud interior 3:1, talud exterior 1:1.

a) Terreno llano: ancho de terraplén: 30 m. talud interior + 5 m. pasillo + 10 m talud exterior = 45 metros.

b) Terreno con 10 % pendiente: 30 m. talud interior + 5 metros de pasillo + 14,95 m talud exterior = 50 metros.

Necesitamos asegurar una mayor estabilidad que la caída natural de 45º y debemos pasar en una clara lógica, a un talud 1,5:1, para evitar riesgo del desplome del talud, gravando aún más el costo de construcción del terraplén, al objeto de aumentar la seguridad.

También tendríamos un mayor volumen de material a remover, incrementado el coste de construcción por metro cúbico excavado y transportado a vertedero, cómo sobrante.

Recordar de nuevo, lo adecuado de asemejar la balsa al relieve, a las curvas de nivel existente, etc. Huir de cortes de terrenos bruscos, depresiones, tendiendo a parcelas regulares, uniformes, donde la cota roja media (la más alta y la más baja), sean poco pronunciadas, dependiendo de la altura deseada de la balsa.

En el caso de tener materiales sobrantes, deberá de planificarse el lugar del depósito de los mismos, así como la seguridad de no deslizarse.

8.4. El suelo contemplado como elemento de construcción.

El tipo del terreno es importante para considerar el costo constructivo. También determinarán la vida del mismo, su mantenimiento.

Cuando el suelo presenta problemas de rocas, las voladuras deberá de contemplarse como última alternativa y planificar un sistema comparativo con otras propiedades. Si la voladura es inevitable, hay que interesarse por las servidumbres (líneas eléctricas, carreteras, viviendas en los terrenos adyacentes).



Foto nº. 1.5. Perforadora neumática para retacar voladuras controlada.

Un buen proyecto, debe analizar la compensación de volúmenes extraídos y compactados, debiendo de estimarse una pequeña alza de sobrante, mejor que una perfecta compensación. Es mejor que sobre algo de material que no que falte al final material para compactar, ganando en seguridad con el sobrante añadido en algún costero de los taludes realizado.

Hay que realizar un minucioso sistema de seguimientos de mediciones iniciales y finales, debiendo de estar de acuerdo todos los interesados (Dirección de obra, contratista, subcontratista, promotor, etc.) para evitar problemas derivados de malas interpretaciones finales. La unidad de voladura es un problema "escandaloso" de costos y ejecución, que debería de evitarse, de ser posible.

8.4.1.Informe geológico.

Son consultas a distintas fuentes:

Estudios geológicos de la zona: IGME, EUIM (LACET).

Catas en el terreno y observación del color (diversidades de terrenos, malo).

8.4.2. Informe geotécnico.

Además de los detalles de la evolución de la formación de los materiales, de sus accidentes, formas de sus estratos, movimientos, etc., necesitan apoyarlos en datos del terreno. Las muestras se toman de sondeos practicados y estudios geofísicos. Las muestras se envían al laboratorio, para practicar diferentes ensayos, según nos interese.

- Análisis granulométrico.

- Limites de Atterberg
- Clasificación de H.B.R. ASSLER.
- C.B.R.
- Proctor Normal/Modificado.
- Densidad.
- Equivalente de arena. (finos).
- Determinación porosidad, permeabilidad.
- Contenido de M.O.
- Contenido de humedad.
- Determinación peso especifico.
- Angulo de rozamiento.
- Coeficiente de cohesión.

Con los datos de los resultados analíticos, nos apoyaremos para realizar los cálculos y diseñar la sección del terraplén, de los taludes interiores y exteriores de la balsa (en presas de tierras se les denominan de aguas arriba y de abajo) que tendrán que ser "estables". La estabilidad se corresponde con la granulometría (las más difíciles son las arenas -dificilísimas-, las arcilla, rocas, etc.), su comportamiento cohesivo en el caso de materiales plásticos, como las arcillas (como están unidos) y el ángulo de rozamiento (como resbalan entre sí).

El talud, es la parte más importante en el comportamiento de estabilidad de la balsa. Normalmente suelen proyectarse en los interiores de forma tendidas, suaves, 3:1 (3 metros en la horizontal y 1 en la vertical); 2,5:1 y en el talud exterior 1,5:1 ó bien 1:1.

A modo de orientación, los terrenos clasificados en A-2-4 y A-4, podrían ser adecuados, siempre con densidad de Proctor mayor que 1,75 Tn/m^3. (Jiménez Salas) y permeabilidad superior a 10^{-6} m/s.

8.5. Accesos y comunicaciones.

La disponibilidad fácil de poder acceder al lugar elegido, favorece la construcción del mismo, la gestión de su explotación y el mantenimiento del mismo. La dificultad al mismo, propicia un encarecimiento al añadir la necesidad de crear una estructura de comunicación, que facilite el acceso al mismo.

8.6. Conducción de agua de llenado y vaciado. Red de servicio.

La balsa posee dos sistemas de comunicación de agua, el de entrada, llamada de transporte, de llenado (normalmente independiente) y el de salida o de distribución. Estas conducciones pueden que estén construidas o no.

La conducción de entrada puede ser:

- Afluente: Mediante azud, derivaciones, bombeos.
- Subterránea: Manantiales o mediante bombeos.
- Red de transporte de conducción general o particular.

Dicha conducción, de existir, limita la ubicación de la balsa. Si la red es nueva o se puede añadir a la anterior, permite parte de flexibilidad.

En la conducción de salida, la situación de una existencia de una red de distribución existente, con arquetas de distribución, también limita la ubicación.

En general, la decisión adoptada puede ajustarse a una serie de infraestructura existente o bien, contemplar las conexiones, mediante consideraciones económicas de longitud y tipo de tuberías, siendo la altura geométrica la que va a influir en la economía y funcionalidad de la inversión (diámetro y timbraje de la tubería).

Cuando el Proyecto no está sujeto a redes de riegos existentes, se procede a la lógica práctica de la gravedad del agua, de ser posible, la tubería de llenado más alta (o bombeada), donde se deposita en la balsa y ésta, con suficiente altura de dominio entregando en la salida o distribución, presión suficiente para su funcionalidad (> 1 y < 4 atmósfera).

El centro de distribución (válvulas de controles, fertirrigación, etc), estará lo más cerca posible a la salida de la balsa, para poder controlar las demandas.

8.7. Otros aspectos a considerar.

Se abordaran conforme vayamos ejecutando los objetivos trazados en el desarrollo del temario, pensando en orden a su importancia, así constituimos en el 2º, el de la estabilidad, el de sus necesidades basada en la superficie, cultivo, época, clima, hidrología, (Cap. 4º) donde podremos considerar suficiente información para acometer el Proyecto (cap. 6º), para finalmente, abordar los últimos requisitos, las de impacto ambiental (Cap. 10º) y de seguridad (Cap. 11º).

8.8. Parámetros a evaluar.

En general, a la hora de decidir un diseño de una balsa, surgen dos cuestiones que plantean dar soluciones a priori. La seguridad y la evaluación de la inversión, su costo.

Se han vistos diferentes valoraciones de características independientes, sin embargo todas ellas están enlazadas, por ejemplo, si aumentamos altura de balsa tenemos mayor riesgo de una rotura. Menor altura de balsa con mayor superficie de lámina de agua nos dará mayor evaporación y una mayor seguridad al tener menor altura.

Si establecemos una tabla con características comunes en cada uno de los requisitos (seguridad y costo), asignando un valor cuantitativo, podríamos llevarlo a una representación gráfica final donde en ejes de coordenadas cartesiana colocamos la valoración de ordenadas "y" los costos y en la de abscisas "x" los valores obtenidos de seguridad. La unión de ambos valores mínimos, nos representa la zona roja de rechazo. No se deben de admitir en los supuestos análisis de balsa si sus valores se encuentran dentro de la zona roja.

El método propuesto trata de dar soluciones a la cuestión de evaluación y estimación de un supuesto proyecto, dando una valoración cuantitativa y una representación gráfica.

- **Seguridad.**

Definición.						
Altura terraplén m.	> 10.	**0/1**	5/10.	**1/3**	< 5.	**3/5.**
Material constr.	Finos.	**0/1**	Mezclas.	**1/3**	Granular	**3/5.**
Densidad t/m^3.	<1,2 .	**0/1**	1,2/1,5.	**1/3**	>1,5	**3/5.**
Impermeabilizac.	PVC/EPDM	**0/2**	PEAD	**3**	Natural	**3/5.**
Uso lleno/vacio día.	160/360.	**0/1**	250/360.	**2/3**	300/360	**3/5.**
Porcentaje en día de llenado/vaciado.	1/3	**0/1**	1/1	**2/3**	3/1	**3/5.**

Valoración.	
Altura terraplén m.	
Material constr.	
Densidad t/m^3.	
Impermeabilizac.	
Uso lleno/vacio día.	
Porcentaje en día de llenado/vaciado.	
Suma:	

- **Económicos.**

Inversión (construcción).				
Conceptos.	**Valores.**			
	0/2	**3/5**	**6/10.**	**Valor**
Accesos	Dificil.	Complementos.	Comunicados.	
Relieve.	> 10 % pend.	5/10 % pend.	< 5 pend.	
Material.	Montaña/heterog.	Laderas/heterog.	Llanos/homog.	
Mov. Tierra.	> 10 % sobra.	Falta/sobra < 5%	Compensados.	
Formas/altura agua (5/10/15 m)	Lineales/poca.	Convexas/media	Cóncavas, circulares/alta.	
Red de agua.	Existente y significativas.	Acomodaticia.	Nueva creación.	
Costo m^3. de agua/inversión.	> 3 Euros.	Sobre 3 euros.	< 3 Euros.	
		SUMA:		

Una vez hallada la suma superior a 25, sigue el siguiente cuadro:

GESTION.				
CONCEPTO.	**VALOR 0/2.**	**VALOR 3/5.**	**VALOR 6/10.**	**PUNTUACION.**
FORMA DE LLENAR/VACIAR.	BOMBEO/BOMBEO	BOMBEO/GRAVE-DAD.	GRAVEDAD/GRA-VEDAD.	
ALTURA AGUA.	1/5 METROS.	5/10 METROS.	>10 METROS.	
REGULACION CAUDAL.	TEMPORAL.	PARCIAL.	FRECUENTE.	
		SUMA.		

Llevado a una tabla de valores:

Tabla de resultados.	
Economía. (Valores entre 0-100).	
Seguridad. (valores entre 0-35)	

Lo representamos en la siguiente gráfica.

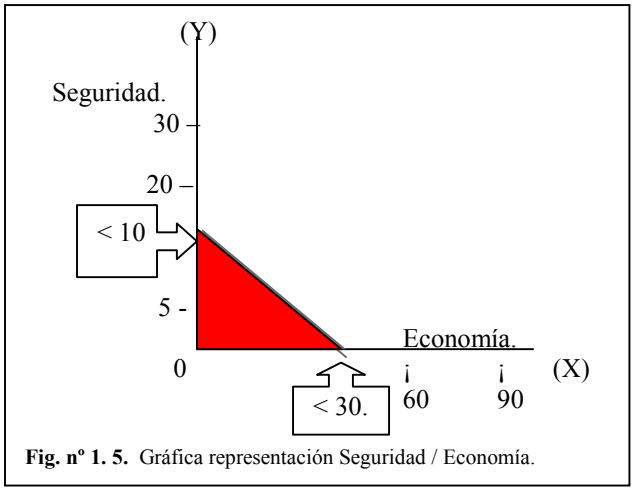


Fig. nº 1. 5. Gráfica representación Seguridad / Economía.

8.9. Prohibición de construir en determinados terrenos.

No existen restricciones legales que impida la construcción en determinados suelos que carecen de seguridad. Debería articularse una reglamentación que impida la ejecución de balsas en determinadas zonas, altamente degradas y erosionadas.



Foto nº. 1. 6. Barrancos de Geva. Murcia.

9. EJERCICIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE PEQUEÑAS BALSAS.

El parámetro fundamental de diseño de una balsa es su volumen, que vendrá definido por el factor más limitante entre la superficie de riego o la disponibilidad de agua.

En general, se pueden conocer con cierta facilidad las necesidades de agua en el tiempo para una determinada superficie de riego y con unos cultivos previamente establecidos. También se pueden llegar a conocer con cierta fiabilidad las disponibilidades de agua de un cauce fluvial o de una depuradora o de un acuífero, con su correspondiente distribución en el tiempo.

De la comparación entre las demandas para el riego y las disponibilidades del efluente, se obtendrá el volumen necesario de agua que hay que almacenar en las épocas de excedente para emplearla en las de escasez.

En otras ocasiones puede resultar de interés disponer un depósito o balsa para aprovechar las tarifas reducidas de la energía a ciertas horas, realizando los bombeos en ellas y almacenando el agua hasta su distribución.

El problema puede complicarse todo lo que se quiera considerando pérdidas por evaporación, pérdidas en la red de tuberías, intervalos reducidos de tiempo y cuantos parámetros se quieran apreciar, pero en todos los casos no se trataría más que aplicar las correspondientes entradas o salidas de flujo con su distribución en el tiempo.

A continuación se desarrollan dos ejercicios de determinación del volumen de almacenamiento en las siguientes hipótesis:

1. Determinar el volumen de una pequeña balsa en un cauce fluyente.

2. Determinación de la capacidad de una balsa de almacenamiento de agua proveniente de una depuradora.

Ejercicio 1: Determinar el volumen para realizar una pequeña balsa.

Se dispone de un cauce de un efluente con la siguiente aportación mensual estimada previamente:

Meses.	Volumen en m^3.
Enero.	648.000
Febrero.	648.000
Marzo.	648.000
Abril.	734.000
Mayo.	648.000
Junio.	129.600
Julio.	43.200
Agosto.	0
Septiembre.	43.200
Octubre	129.600
Noviembre.	216.000
Diciembre.	432.000
TOTAL	**4.320.000**

Las necesidades para el riego se establecen de acuerdo con los cultivos que se consideren y con la superficie disponible. Para una zona regable de 250 has., con una dotación media de 9.000 m^3/Ha y la siguiente distribución mensual:

Meses	**% Consumo**
Enero	0
Febrero	0
Marzo	5
Abril	10
Mayo	15
Junio	20
Julio	25
Agosto	25
Septiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0

Multiplicando la superficie de riego (250 Has) por la dotación media (9.000 m^3/Ha) por el porcentaje de consumo mensual y dividiendo por 100, se obtienen los siguientes volúmenes de consumo mensual para el riego:

Meses	**Consumo riego (m^3)**
Enero	0
Febrero	0
Marzo	112.500
Abril	225.000
Mayo	337.500
Junio	450.000
Julio	562.500
Agosto	562.500
Septiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0

Si se considera un caudal ecológico continuo, mínimo de 20 litros/segundo., multiplicando por el número de segundos de cada mes, se tendrían los siguientes volúmenes de consumos mensuales para suministrar el caudal ecológico:

Consumo ecológico.	
Meses	**(m3)**
Enero	53.568
Febrero	48.384
Marzo	53.568
Abril	51.840
Mayo	53.568
Junio	51.840
Julio	53.568
Agosto	53.568
Septiembre	51.840
Octubre	53.568
Noviembre	51.840
Diciembre	53.568

Sumando los dos volúmenes consumidos mensualmente, se obtiene:

M**eses**	**Consumo total**
Enero	53.568
Febrero	48.384
Marzo	166.068
Abril	276.840
Mayo	391.068
Junio	501.840
Julio	616.068
Agosto	616.068
Septiembre	51.840
Octubre	53.568
Noviembre	51.840
Diciembre	53.568
TOTAL	**2.880.720**

Como el consumo es inferior a la aportación del cauce del efluente, se puede satisfacer la demanda de agua para el riego. De la comparación entre la aportación mensual y el consumo total, se obtiene la siguiente tabla de superávit y déficit:

Meses	**Superávit (m^3)**	**Déficit (m^3)**
Enero	594.432	0
Febrero	599.616	0
Marzo	481.932	0
Abril	457.560	0
Mayo	256.932	0
Junio	0	-372.240
Julio	0	-572.868
Agosto	0	-616.068
Septiembre	0	-8.640
Octubre	6.032	0
Noviembre	164.160	0
Diciembre	378.432	0

El volumen de la balsa se obtiene al sumar todos los déficit mensuales y en este caso, alcanza un valor de 1.569.816 m^3. El exceso de caudal se aprovechará para ir llenando la balsa según interese, actuando con los desagües de fondo. Alcanzada la cota del umbral del vertedero, los caudales pueden regularse también aprovechando el aliviadero.

Ejercicio 2: Determinación de la capacidad de una balsa de almacenamiento de agua proveniente de una depuradora

Se trata de obtener el número de hectáreas que se pueden regar y las dimensiones de una balsa, para aprovechar el efluente de una depuradora de una población de 30.000 habitantes. Se supone un caudal del efluente de 200 litros por habitante y día. El consumo anual de agua por hectárea es de 9.000 metros cúbicos, que se distribuyen mensualmente según la siguiente tabla:

Meses	% Consumo
Enero	0
Febrero	0
Marzo	5
Abril	10
Mayo	15
Junio	20
Julio	25
Agosto	25
Septiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0

Con estos datos, se obtiene en primer lugar la aportación diaria disponible:

Volumen diario disponible = 30.000 hab. x 200 l/hab x día = 6.000 m^3/día.

Multiplicando por los días de cada mes, se obtiene la siguiente tabla de aportaciones mensuales:

Meses	Volumen disponible.
Enero	186.000
Febrero	168.000
Marzo	186.000
Abril	180.000
Mayo	186.000
Junio	180.000
Julio	186.000
Agosto	186.000
Septiembre	180.000
Octubre	186.000
Noviembre	180.000
Diciembre	186.000

Cuya suma es de 2.190.000 metros cúbicos y como el consumo estimado por hectárea es de 9.000 metros cúbicos, se podrán regar 2.190.000 / 9.000 = 243,33 Has. Con esta superficie de riego y con la distribución mensual de los consumos indicada anteriormente, se obtienen los siguientes consumos mensuales:

Meses	Consumo mensual (m^3)
Enero	0
Febrero	0
Marzo	109.500
Abril	219.000
Mayo	328.500
Junio	438.000
Julio	547.500
Agosto	547.500
Septiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0

La diferencia mensual entre la aportación y el consumo, origina la siguiente tabla de superávit y déficit mensuales:

Meses	**Superávit y déficit.** (m^3)
Enero	186.000
Febrero	168.000
Marzo	76.500
Abril	-39.000
Mayo	-142.500
Junio	-258.000
Julio	-361.500
Agosto	-361.500
Septiembre	180.000
Octubre	186.000
Noviembre	180.000
Diciembre	186.000

Con la suma de los superávit o de los déficit se obtiene en ambos casos, la capacidad de la balsa de almacenamiento, es decir, 1.162.500 m^3, que representa aproximadamente el 53 % de la aportación. Con una distribución más regular de los consumos, el volumen de la balsa decrece considerablemente.

Capítulo 2.

ESTABILIDAD DE GRANDES BALSAS.

Lluvia y sol. Ya se oscurece
el campo, ya se ilumina;
allí un cerro desaparece,
allá surge una colina.
Campos de Castilla.
Antonio Machado.

1. INTRODUCCION

2. GEOLOGIA

2.1. Génesis de los materiales.

2.2. Estudios y fuentes de información.

2.3. Sondeos.

2.4. Muestras de sondeo.

2.5. Métodos geofísicos.

2.5.1. Definición.

2.5.2. Métodos.

3. GEOTECNIA

3.1. Necesidad de la geotecnia en el estudio y proyectos de balsas.

3.1.1 Definición.

3.1.2 Fases del suelo.

3.1.3 Toma de muestras.

3.2. Principales parámetros geotécnicos.

3.2.1. Granulometría.

3.2.2. Plasticidad.

3.2.2.1. Limite de Atterberg.

3.2.2.2. Limite liquido.

3.2.2.3. Índice plástico.

3.2.3. Clasificación de suelos.

3.2.4. Cohesión y entumecimiento de suelos.

3.2.5. Permeabilidad.

3.2.5.1. Definición.

3.2.5.2. Ley de Darcy.

3.2.6. El rozamiento interno y la cohesión.

3.3. La compactación. Fundamento y métodos de control en obra.

3.3.1. Compresión.

3.3.2. Compactación.

3.3.3. Métodos de ensayos Proctor y controles.

3.3.3.1. Proctor.

3.3.3.2. Relación humedad / densidad.

3.3.3.3. Métodos de controles en obra.

3.3.3.3.1. Método de la arena.

3.3.3.3.2. Método de la nuclear.

4. ENSAYOS MÁS COMUNES.

5. CÁLCULOS DE CONSTRUCCIÓN CON ESTRUCTURAS DE MATERIALES SUELTOS EN BALSAS.

5.1. Introducción.

5.2. Cálculos generales aplicados en estructuras de balsas.

5.2.1. Vuelco total.

5.2.1.1. Peso propio.

5.2.1.2. Empuje hidrostático.

5.2.1.3. Espesores de medias para primeros tanteos del terraplén.

5.2.1.3.1. Ejercicio.

5.2.1.4. Puntos de aplicaciones reales.

5.2.1.4.1. Ejercicio.

5.2.1.5. Cálculos de presiones transmitido al terreno.

5.2.2. Deslizamiento total.

5.2.2.1. Comprobación al deslizamiento.

6. DESLIZAMIENTO E INESTABILIDAD EN LOS TALUDES.

- **6.1. Método de Hoeck y Bray.**
- **6.2. Método de Bishop.**
- **6.3. Método de Fellenius o del circulo sueco.**
- **6.4. Método de Taylor.**
- **6.5. Consideraciones sobre efectos sísmicos en los cálculos de inclinación de taludes.**
- **6.6. Ejercicios prácticos del cálculo de estabilidad de taludes.**

7. APLICACIÓN PRACTICA DE MODELOS CONSTRUCTIVOS.

8. DESESTABILIZACIÓN.

9. INCLUSIÓN EN EL ANEXO DE LA MEMORIA DEL PROYECTO.

1. INTRODUCCION.

A la hora de realizar un Proyecto de una balsa, se hace necesario conocer lo que tenemos debajo. Responder algunas preguntas como: ¿que tipo de suelos tenemos?, ¿Cómo están formadas las capas de materiales de éstos suelos?, ¿la naturaleza de los mismos?, ¿tenemos agua?, y si la respuesta es positiva ¿cómo circula el agua freática?.

Cuando construimos, que tipo de materiales poseemos para construir los terraplenes de nuestra balsa.

Estas preguntan necesitan apoyarse en distintas disciplinas como la geología, hidrología, geotecnia, etc.

Si nuestra balsa la apoyamos en una falla, sería desastroso. Un suelo con poca capacidad de soporte, cedería con el peso y se hundiría. Desplazamientos de mantos horizontales, partirían el terraplén. Corrientes de agua por debajo de la balsa, podrían crear arrastres de materiales y producir fosas, hundiéndose el terreno y así, un largo etc. de infortunios.

Para evitar improvisaciones a lo largo de la ejecución del Proyecto y de su vida, hay que adoptar exigencias iniciales, algunas impuestas por ley, mediante estudios, informes técnicos, que sirvan para evaluar la viabilidad de modelo proyectado.

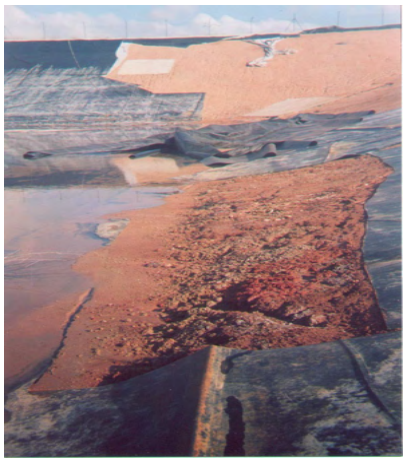


Foto nº. 2.1. Balsa en terrenos de yesos.

Calculamos la estabilidad de la balsa.

Datos que acompañan los anejos de la Memoria del Proyecto.

- Informes basados en mapas del IGME.
- Testigos del sondeo.
- Velocidad con la que se perforó.
- Estudios geofísicos.
- Datos del laboratorio.
- Hipótesis de cálculos sobre secciones del terraplén proyectado.

Otros cálculos de interés son de funcionalidad como la altura del resguardo, anchura del derramadero, volumen de entrada y salida, etc.

2. CONCEPTO BÁSICO DE GEOLOGIA.

2.1. Génesis de los materiales.

Las rocas están formadas por uno o varios minerales. Inicialmente **plutónicas** (como el granito. En ésta se le forman grietas (diaclasas), donde los agentes atmosféricos en sus manifestaciones físicas/químicas (meteorización), produce su destrucción. Según los restos

destruidos estén cercano a la roca madre o alejado por algún transporte (erosión), tendremos lo que llamamos el ***suelo*** (primario/secundario), con pérdida de algunas de sus propiedades y otras nuevas, llamadas rocas **metamórficas** (pizarras). Estas últimas son numerosas y muy interesante en nuestro trabajo y debemos reconocerlas. Estudiaremos algunos aspectos de éste grupo.

Rocas sedimentarias:

- **Yesos**: Inadmisible en la formación de balsa como emplazamiento (foto 2.1.). Son solubles en el agua. Se producen cimas. Poseen escaso peso especifico, produciéndose asentamientos peligrosos de la lámina. Bajo peso por volumen. Hinchamientos del material. Ataque de los sulfatos a los materiales ($SO_4Ca + 2H_2O$).
- **Calizas**: Son impermeables, pero en otros casos suelen abundar fracturas e incluso disoluciones de las rocas por las reacciones de cambios químicos de los carbonatos a bicarbonatos, disolviendo parte de la roca. Provocan cimas y acumulación de gases, (suelos travertinos o tobas), provocando hundimientos.
- **Areniscas**, Conglomerados, etc.: Son por lo general, formaciones impermeables. Materiales aislados, sin continuidad, formando bancos y en caso de continuidad como la Sierra de la Muela de Alhama, presentan fisuras y grietas.
- **Materiales granulares, gravas, arenas**, son permeables.
- **Arcillas.** Impermeables, tamaños de 0,002 mm y al que le dedicaremos una amplia divulgación.
- **Limos**: Tamaños intermedios entre arenas y arcillas. Son difíciles de trabajar, al no dejarse compactar.
- **Tierra vegetal**: Permeables, prohibitivo su empleo como material de construcción.

2.2. Necesidades de conocer el suelo y fuentes de información.

Tenemos la necesidad de estudiar el suelo por los siguientes motivos.

- **Para establecer el ASENTAMIENTO**.
  - Mapas geológicos, foto-geología (fracturas), estudios geofísicos, geotécnicos, ensayos de laboratorios, etc., para determinar:
    - Compresión.
    - Estabilidad.
    - Deslizamientos de estratos, etc.
- **Desde el punto de vista CONSTRUCTIVO**:
  - Determinación de parámetros geotécnicos necesarios para el estudio de estabilidad, impermeabilidad.

La Ciencia de la Mecánica del Suelo, se constituyó en el siglo XVIII por Coulomb, constituyéndose en 1.925 la consolidación de la Geotecnia con los trabajos de Karl Terzaghi. El profesor Jiménez Salas introdujo en España, por los años cincuenta, dicha práctica.

Debemos reconocer los suelos para asegurar en un primer "tanteo", nuestras necesidades.

Normalmente existen costumbres constructivas en las zonas, que suelen indicar como responden.

A la hora de trabajar el material, la existencia de un volumen de roca considerable, hace inviable económicamente la obra, puesto que la excavación con necesidad de voladuras es caro y además, posee requisitos administrativos para efectuar la voladura.

Las fuentes que ayudan en un primer momento, son:

Estudios geológicos de la zona: IGME, EUIM (LACET).

Estudios de laboratorio "in situ".

Catas en el terreno y color.



Foto nº. 2.2. Balsa en contradicción Administración / contrata donde el proyecto no contempla roca.

2.3. Sondeos.

Son métodos directos para explorar el subsuelo, utilizados ampliamente para captaciones de aguas subterráneas.

Existen diferentes técnicas de perforar, pero la que nos interesa a nosotros, es la que obtiene la muestra del suelo (cilindro del suelo, identificando su profundidad) lo menos alterada posible.

Nos fijaremos en dos aspectos:

1) Cómo avanza el sondeo. Si ofrece resistencia, tendremos una menor velocidad, como consecuencia, tendremos terrenos fuerte y a la inversa.
2) Cómo se recoge la muestra ó testigo del sondeo y se lleva a la superficie.

Existen dos modos de perforar: percusión y rotación. El primero pertenece al área europeo y obtiene muestra o testigo cilíndrico de terrenos rocosos, donde no tiene competencia y el segundo sistema es el de rotación (rotary, hablaremos siempre de pulgadas), se emplea en terrenos medios.

Los testigos no siempre están "inalterados" , excepto algunas rocas. En general, todas se deforman y modifican su estado (se insistirá en su pureza). Los testigos deformados necesitarán de interpretación para configurar su verdadero estado original.

En general tenemos:



Foto nº. 2.3. Testigos de sondeos.

- **Barrenas:** Son tornillos sin fin, donde al girar un trépano en cabeza deshace el suelo (modifica la muestra y sólo se usa en suelos de "sedimentos" no consolidados) y el tornillo sin fin desliza la muestra (alterada) al exterior.

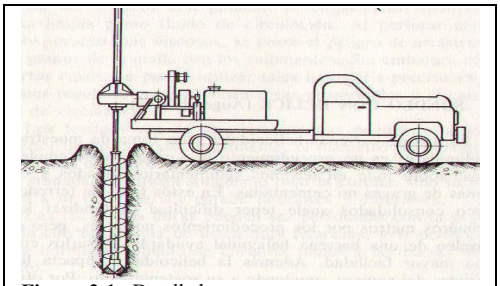


Figura 2.1. Detalle barrena.

- **Rotativas:** Utilizados para muestras no consolidadas, o bien en situaciones de rocas, donde la muestra es desplazada al exterior mediante empleo de agua que disuelve los avances y aportes de lodos en caso de rocas. Estos sistemas poseen en general, una corona dentada de diamante o widia (cómo el diamante), seguido de un tubo hueco (porta – testigo), donde entra la muestra.

Sea cual fuere el sistema, ésta toma los testigos y se llevan al laboratorio. A veces con los datos del laboratorio, se acompaña el tipo de resistencia ofrecido en la perforación, pudiendo cotejarse su dureza.



Foto nº. 2.4.

A veces se desean conocer otros datos, tales como:

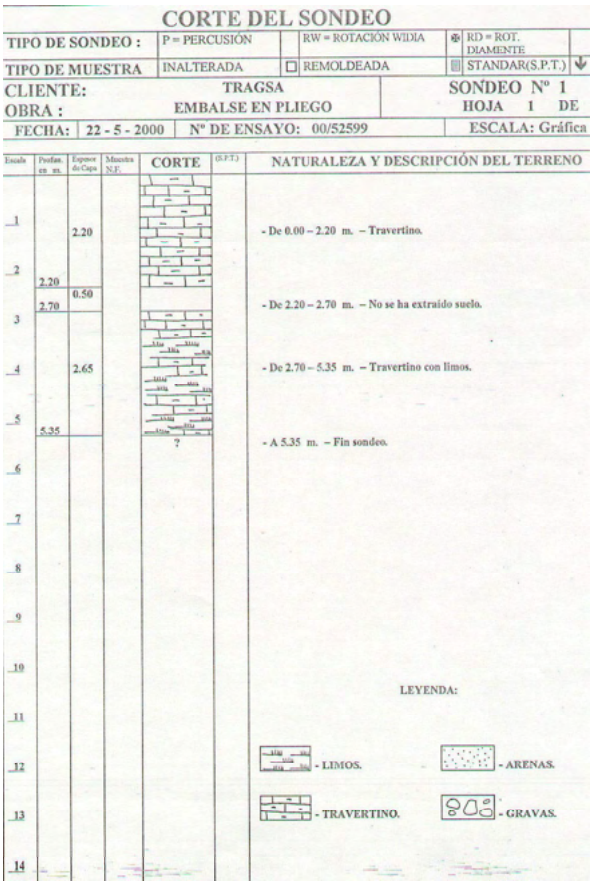
- **Conductividad hidráulica *in situ*.**
- **Muestreadores de pared delgada (Tubo Shelby).** Se obtiene muestras inalteradas de materiales cohesivos para ensayos de resistencia, permeabilidad o compresibilidad.

La inalterabilidad, es un decir, puestos que han cambiado tensiones y alteran la temperatura de la muestra, y pueden producir alguna alteración física en el suelo. Existen numerosos muestreadores de pared delgada, incluyendo el tubo Shelby, pistón, Osterberg y muestreadores de chapa Swedish.

La finalidad de estos muestreadores:

1) Muestras poco alterada (pared delgada).
2) Retener la muestra en el tubo (válvulas de retención y los pistones).
3) Minimizar las fricciones de las paredes laterales cuando la muestra entra en el tubo (extremo cortante biselado).

Los datos del corte del suelo, se representan mediante un impreso del siguiente tipo:



Impreso 2.1. Perfil de sondeo.

Cuantitativamente la calidad de la roca se mide mediante el indicador de Calidad de la Roca (ICR), o bien en literatura anglosajona Rock quality designator (RQD), se calcula como:

ICR = 100 x L / R.	(nº. 1).

Donde L = Longitud acumulada de todas las piezas superiores a 100 mm.

R = Recuperación total.

2.4. Métodos geofísicos.

2.4.1. Definición.

Son métodos indirectos para investigar la naturaleza del terreno, la conductividad hidráulica, etc.

Otros sistemas indirectos son los de teledetección. Esta información gráfica puede ser añadida o previa, a los llamados métodos directos. También los sistemas geofísicos suelen acompañar a los directos.

La aplicación se basa, en propiedades de ensayos y medidas del mismo, como deducciones empíricas de resultados esperados de estudios anteriores.

El desarrollo del muestreo estadístico con programas de software, ha llevado en los últimos años, a un grado de mayor fiabilidad y por tanto de utilización.

A continuación, se detallan métodos comunes empleados como auxiliares en los estudios del subsuelo para emplazar balsas.

2.4.2. Métodos.

- **Resistividad.** La resistividad es la oposición al paso de la corriente eléctrica. Si aplicamos una tensión a un par de picas de cobre enterradas en el suelo, conectados a una batería o generador eléctrico, éstas producen un campo eléctrico que se mide con la ayuda de otros dos electrodos, también enterrados con dos picas de cobre. Un voltímetro mide el paso de corriente entre estos dos puntos.

La resistividad es la resistencia por unidad de longitud de una unidad de área de sección transversal (Ohms/l/ l^2 = Omh x l) y es función del material del subsuelo, de las porosidades en el mismo, del contenido de agua, etc. En los suelos secos y rocas, posee una alta resistividad, mientras que los saturados de agua, los inorgánicos, la resistividad es baja.

La cantidad de variables se realiza con un número variable de puntos. Poseen interés para suministrar información de humedades, presencias de rocas, etc.

La resistividad del suelo, R, aplicando el método de separación recomendado por Wenner es:

$R= 2\cdot \pi\cdot S \cdot V / I$	(nº. 2)

Donde R = Resistividad del suelo (Ohm-metro).

S = Separación entre los electrodos (metros).

V = Voltaje medido (voltios).

I = Corriente aplicada (amperios).

Los valores típicos para la resistividad de suelo:

-	Arcilla.-	1/150	Ohm-m.
-	Gravas y arenas.-	100/1500	Ohm-m.
-	Rocas fracturadas.-	<1000	Ohm-m.
-	Roca maciza.-	>1000	Ohm-m.

Sismicidad.

Mediante un golpe (maza, plancha, bola de acero, explosivo, etc.), aplicamos una energía que se transmite por el subsuelo mediante una velocidad de onda sísmica que variará dependiendo de las propiedades del material, sobre todo de la densidad. El censor que detecta la onda sísmica, se denomina geófono y realiza la lectura de la intensidad y el tiempo que corresponde a la detección, de ésta forma, con varios geófonos a diferentes distancias, medimos la velocidad de registros en cada uno (Figura 2.5.).

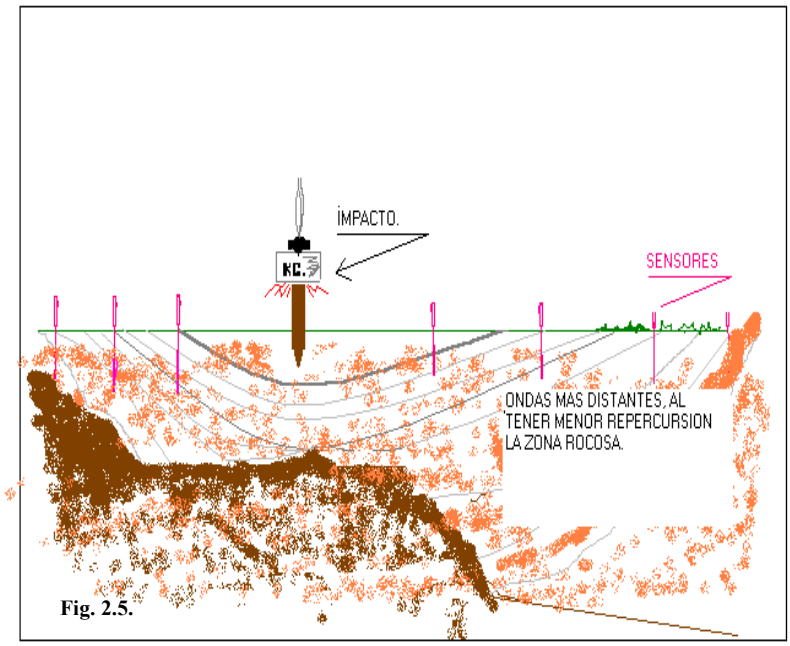


Fig. 2.5.

Las velocidades sísmicas se suelen corresponder con los siguientes materiales del subsuelo:

Materiales	Velocidad en m/s.
Material superficial meteorizado.	305/610
Grava, gravilla o arena (seca).	468/915
Arena (húmeda).	610/1830
Arcilla.	1430/1680
Agua.	1460/1530
Arenisca	1830/3970
Esquisto.	2750/4270
Pizarra.	1830/3970
Caliza.	2140/6100
Granito.	4580/5800
Rocas metamórficas.	3050/7020

Tabla nº. 2.1.

Cuando los estratos superiores son sueltos y los inferiores, del tipo rocoso, se produce un cambio en la velocidad de la onda sísmica, que llegará más pronto a las distancias mayores de geófonos más distantes. Esto representa un cambio en la relación lineal con dos líneas rectas con pendientes diferentes. La inversa de la pendiente es la velocidad en longitud por unidad de tiempo. La profundidad del lecho rocoso (o estratos con velocidad mayor) es el espesor del estrato más alto, t, que se calcula como:

$$t = (D/2) \sqrt{[(v2-v1) / (v2+v1)]}. \qquad (nº.3)$$

Siendo D = Distancia al punto de intersección.

v1, v2 = velocidad del estrato 1, estrato 2.

- **Conductividad electromagnética.**

Se realiza una inducción con una corriente electromagnética dentro de la tierra, que se transmite al suelo de forma similar a la corriente eléctrica de la técnica de la resistividad.

Se crea un campo magnético secundario que se recoge por una antena receptora, siendo una técnica rápida.

La conductividad del terreno está influida por el tipo de homogeneidad características y la composición química del agua subterránea

- **Radar penetrante en el terreno.**

Los microondas de radiofrecuencia pueden medir la transmisión a través de los estratos del suelo, donde se emiten y se reciben las ondas o reflexiones como un perfil de sonar o ruido. Es útil para detectar oquedades, fosos subterráneos, sin embargo, está limitado su uso en suelos conductivos, como la arcilla, debido a su rápida atenuación.

- **Magnetómetro.**

Utiliza protones de rotación que se orientan en función de un campo magnético en líneas hacia polos metálicos, útil en otros campos de intereses, como presencia de tuberías metálicas enterradas, depósitos metálicos, etc.

3. GEOTECNIA.

3.1. Definición.

Entendemos por Geotecnia el conjunto de técnicas que permiten conocer el terreno para utilizarlo como soporte de una estructura determinada (cimentación) y de forma adecuada como elemento de construcción (terraplén o dique, con sus características de tipos de taludes).

Es una **necesidad** que responde a los siguientes motivos:

- **Construir** (extracción, granulometría, plasticidad, compactación).
- Evolución con el **medio** (sobre todo con el agua).
- **Seguridad.**
- Económico.



Foto nº. 2.5.

3.2. Fases del suelo.

En términos geotécnicos, suelo es cualquier material terrestre excluida la roca firme sin alterar.

El suelo está formado por un conjunto de granos de diversos tamaño y forma, así como materia orgánica, agua y gases. En general, suele definirse de forma clásica como constituida por tres fases: sólida, líquida, gaseosa.

Las tres fases forman lo que llamamos "suelo" o "terreno", interesando la fase sólida, de cuyo conocimiento es trascendental para su análisis de compuestos heterogéneos y utilizarlos convenientemente como material de construcción.

Las partículas de los sólidos si están discontinuas, diferencian volúmenes y pesos.

De forma esquemática:

<table>
<tr><td rowspan="3">VOLUMEN TOTAL.
(V).</td><td rowspan="2">VOL. HUECOS.
(Vv)</td><td>VOL. GAS.
(Vg).</td><td>GASEOSA.</td><td>PESO GAS (Pg).</td><td rowspan="3">P
E
S
O
(P).</td></tr>
<tr><td>VOL. LÍQUIDO.
(VL)</td><td>LÍQUIDA.</td><td>PESO LÍQUIDO (PL).</td></tr>
<tr><td colspan="2">VOL. SÓLIDOS.
(Vs)</td><td>SÓLIDA</td><td>PESO SÓLIDO.
(Ps).</td></tr>
</table>

De aquí podemos deducir diferentes relaciones, referidas al volumen, como es la **porosidad**, que es la relación entre el volumen de huecos y el volumen total, donde n = Vv / V, expresándose en porcentajes. También podemos determinar el **índice de poros o relación de vacíos**, donde e= Vv / Vs, como Vv + Vs = V podremos sustituir en n = e / 1 + e.

Otro dato importante es el **grado de saturación**, es decir, el volumen de huecos que está relleno de agua. Si S = 0, indica que el suelo está seco y por el contrario, S = 100 %, un suelo saturado y valores intermedios a suelos parcialmente saturados.

S = VL / Vv .

Las relaciones referidas al peso son:

La humedad (H), que es la relación entre el peso del agua y el de las partículas sólidas.

H = PL / Ps.

El peso específico aparente o total, representado por γ_t es el peso de un elemento del suelo dividido por su volumen.

El peso específico seco es el peso de las partículas minerales dividido por el volumen total de su elemento.

Designando por γ_o el peso específico del agua a 4º C, tendremos que:

Peso específico relativo de la masa (m) del suelo: $Pm = \gamma_t / \gamma_o$

Peso específico relativo del agua (H) es: $PH = \gamma_H / \gamma_o$

Peso específico de las partículas sólidas (s).

$$P = \gamma_s / \gamma_o .$$

En las cuales

$\gamma_P = PH / VH.$

$\gamma_s = Ps / Vs$

$\gamma_t = P / V = \gamma_t [1 + P / 1 + e].$

El peso específico del suelo seco

$$\gamma_d = Ps / V = \gamma_t / 1 + P. \qquad (nº\ 4)$$

Del suelo sumergido:

$$\gamma_b = \gamma_t - \gamma_p = [P - 1 - e (1 - S) / 1 + e] \cdot \gamma P. \qquad \textbf{(nº. 5)}$$

Del suelo saturado (S = 1).

$$\gamma_b = [P - 1 / 1 + e] \cdot \gamma P \qquad (nº.\ 6)$$

3.3. Granulometría.

Las partículas del suelo se clasifican por el tamaño medio de las mismas, siendo la más utilizada la siguiente:

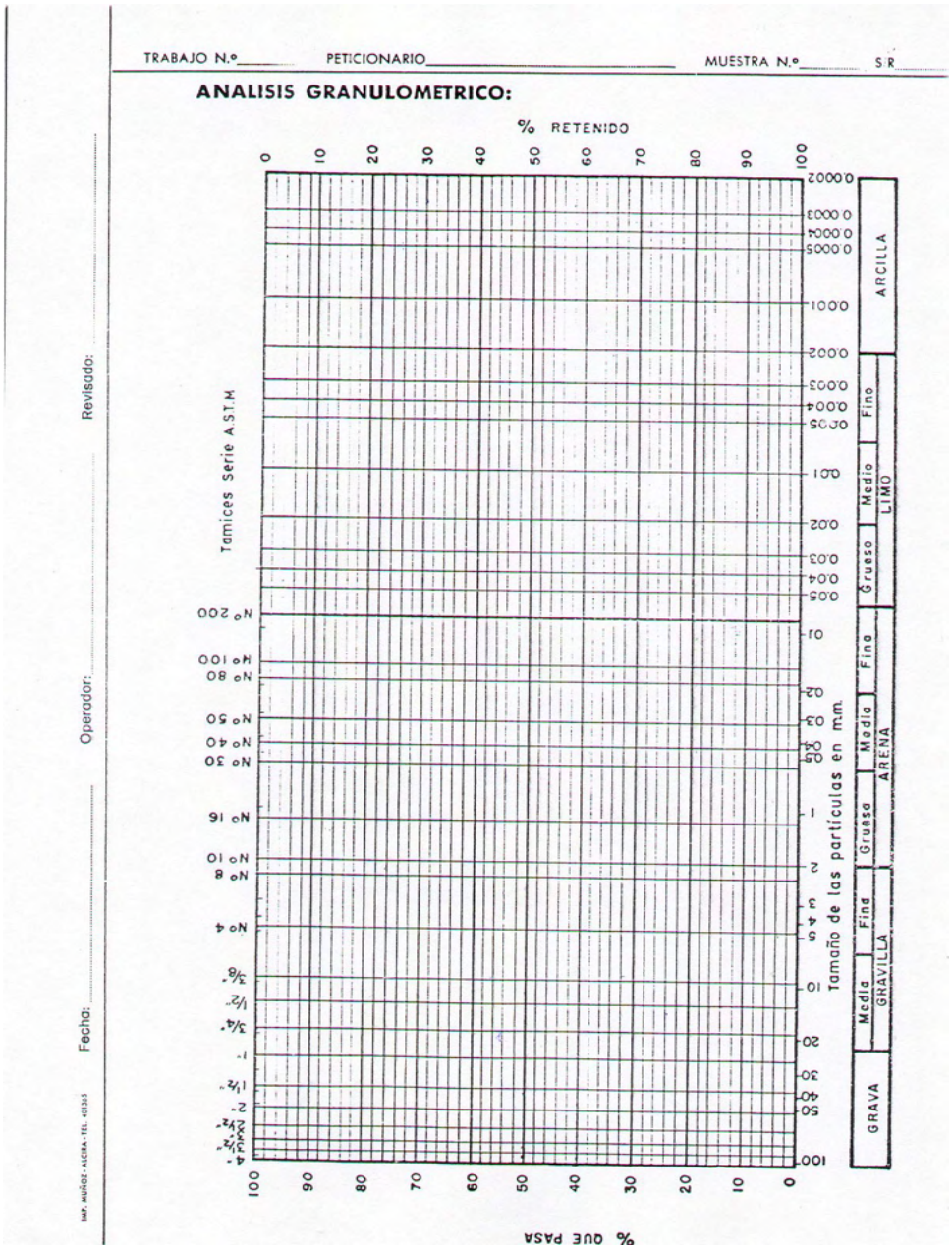
- gravas, > 2mm.
- Arenas, 0,06/2 mm.
- Limos 0,06/0,002 mm.
- Arcillas < 0,002 mm.

Para clasificar los suelos por tamaño existen varias normas, el método comúnmente empleado es el del tamizado. Suele usarse la dada en Norteamérica por la A.A.S.H.O. (American Association of State Highway Officials), que clasifica los suelos en dos grandes grupos según que pase menos del 35% por el tamiz nº 200 ASTM (200 mallas por pulgada lineal, 0,074 mm de luz) o que pase más del 35% por el citado tamiz. En la primera clasificación entran los materiales granulares y en la segunda los limos y arcillas. A su vez estos dos grandes grupos se dividen en otros, según el tanto por ciento que pasa por otras cribas

Los tamices se denominan por números, distinguiéndose la serie "gruesa" de la serie "fina".

La serie gruesa comienza en el tamiz 125 UNE o el 5 ASTM y termina en el tamiz 6,3 UNE o 1/4 ASTM. La serie gruesa corresponde en la ASTM a la abertura de los tamices en pulgadas, y en la serie UNE a aberturas muy aproximadas a las anteriores, expresadas en milímetros. Así, por ejemplo, el tamiz UNE 12,5 con la 12,7 mm. Entre los tamices de la serie fina, los más utilizados son los números 4, 10, 40 y 200 ASTM, que se corresponden con los UNE 5, 2, 0,4 y 0,08, respectivamente.

Los tamices que en cada caso se emplean se acoplan de forma que van disminuyendo sus aberturas de arriba abajo; la muestra se deposita en el tamiz superior y el conjunto de cedazos se somete a la acción de un agitador mecánico, produciéndose una separación de los distintos granos, que quedarán retenidos en las diferentes mallas, según el tamaño, pesándose lo retenido en cada una de ellas. La representación gráfica del resultado se lleva a cabo por acumulación en impresos como el siguiente



Impreso nº. 2. 2.

En los trabajos de campo los suelos se clasifican en cinco grupos que son los que frecuentemente se emplean para describir el material. Estos grupos son:

a) Bolos. Material que no pasa por la criba de 3 pulgadas (76,2 mm) de luz.

b) Gravas. Material que pasa por la criba de 3 pulgadas (76,2 mm) y queda retenido por la criba nº. 10 (2 mm).

c) Arena gruesa. Material que pasa por la criba nº. 10 (2 mm) y no pasa por la nº. 40 (0,42 mm)..

d) Arena fina. Material que pasa por la criba nº. 40 (0,42 mm) y no pasa por la nº. 200 (0,074 mm).

e) Mezcla de limo y arcilla. Material que pasa por la criba nº 200 (0,074 mm). La palabra limoso se emplea para un material fino que tenga un índice de plasticidad de 10 o menos y la palabra "arcilloso" a un material fino que tenga un índice de plasticidad superior a 10.

Hay que tener en cuenta la relación de criterios distintos que se aplican y la referencia en la relación de tamices según series empleadas, siendo en España la UNE, Alemania DIN, la americana con ASTM, Tysler, Inglaterra ES, Francia AFNOR, Rusia GOST y la internacional ISTO-TC

Además de la granulometría, necesitamos saber las siguientes consideraciones:.

3.2.2. Plasticidad.

Definición: Es la facilidad que tiene un suelo, para ser deformado rápidamente sin romperse o desmenuzarse, manteniendo ésta deformación, una vez que se ha suprimido la fuerza aplicada.

La plasticidad tiene gran importancia en el cálculo de las balsas, llamadas de tierras por las deformaciones a las que somete la estructura, suma de pequeños desplazamientos de las partículas que componen la masa.

Son fáciles de identificar, pues al humedecerla con un poco de agua, formamos bolas. Si a la muestra tomada, le seguimos aplicando una mayor carga de deformación, llegará un momento en que las reacciones internas de la masa no podrán absorber las fuerzas aplicadas y entonces se producirá una rotura por cizalladura o cortadura.

Según la composición de la muestra y la cantidad de agua, tendremos distintas situaciones. Para definirlas se realizan diferentes limites, conocidos como:

3.2.2.1. Limite de Atterberg.

Las formas de presentarse los suelos arcillosos, suelen ser en general, como terrones secos, compactos, presentando una estructura dura, difícil de poder desmenuzarla manualmente. Si sobre ese terrón hacemos gotear agua, poco a poco, al principio no se observa nada en él, pero llega un momento en que se aprecia que se hincha, se ha alcanzado el límite de retracción (LR), continuando la adición del agua, lo que constituía un terrón duro inicialmente, pasa a ser un cuerpo blando que se puede desmenuzar sin dificultad, aunque no se puede moldear: estamos en el estado blando, que finaliza en el momento que, añadiéndole una gota de agua, se obtiene una masa moldeable, que se amasa fácilmente sin que se produzcan roturas o desmenuzamiento. Cuando se ha conseguido tal situación se ha llegado al límite plástico (LP). Si se sigue añadiendo agua gota a gota, la masa continúa moldeable, plástica, hasta que, en un punto preciso de humedad, ya no es posible amasarla pues se está

en presencia de una masa viscosa a la que si se le añade agua, fluye. El punto de transición entre ambos estados, es el límite liquido (LL), y la fase comprendida entre el LP y el LL, es el estado plástico. Finalmente, a partir del LL, se está en presencia del estado fluido o líquido.

TERRÓN + AGUA → **L.R.** + AGUA →	**L.P.** + AGUA →	**L.L.** + AGUA → FLUYE.	
ESTADO DURO.	**ESTADO BLANDO.**	**ESTADO PLÁSTICO.**	**ESTADO LÍQUIDO.**

No se debe confundir el "límite" con el "estado"; puesto que el primero muestra una "frontera" y el segundo término, un **"territorio"**.

En los suelos ***coherentes*** el estado de consistencia depende de su grado de humedad.

Si procedemos ahora de forma inversa, desecando la muestra del suelo, pasaríamos sucesivamente por los límites liquido, plástico y de retracción a través de los estados líquido, plástico y blando, hasta llegar al estado duro, donde si se parte no se pueden soldar sus trozos con presión manual. Ha de entenderse que el porcentaje de humedad ha de referirse al peso de suelo seco, como en todos los ensayos a que nos referiremos en este capítulo.

a) Estado líquido: Aspecto de papilla o líquido viscoso.

b) Estado plástico: Menos cantidad de agua que el anterior, constituyendo un sólido moldeable con la mano.

c) Estado blando: Reduciendo el contenido de agua ya no es posible moldearlo. Se rompe en trozos, pero si juntamos los trozos y lo apretamos con la mano, se sueldan.

d) Estado duro: Si finalmente reducimos el contenido de agua, el suelo es muy duro y si se rompe, no se pueden soldar sus trozos con la presión de la mano.

Atterberg definió, mediante ensayos de laboratorios, los límites de cuatro estados:

Entre D y C:

- Límite de retracción: (6:14:30).

Entre C y B:

- Límite plástico: (5-30).

Entre B y A:

- Límite líquido (30-100).

Ejemplos comunes:

Límite de retracción: En las arcillas el contenido de agua entre 6-14; limos 15-30.

Límite plástico: Arcillas y limos entre 5-30. Los limos suelen ser más bajos que las arcillas.

Límite líquido: Arcillas entre 40-60 y los limos entre 25 – 50.

3.3.2.2. Limite líquido.

Existen de forma más conocidas, dos métodos para hallar sus valores.

a) El de la cuchara de Casagrande. Norma NLT-105/72.

Breve descripción: Muestra tamizada y amasada, colocada en el fondo de la cuchara, donde se divide en dos mitades con un surco (C-D) efectuado con un acanalador. Se practica un nº. de golpes (25 veces y altura de caída 1 cm.) necesarios para cerrar el surco con una distancia mínima de 13 mm de unión de ambas submuestras.

b) Método del cono. Norma UNE - 7050.

Breve descripción: Se trata de ejercer tres presiones distintas con un cono que penetra en la muestra preparada (conforme Norma) y llevar los datos a una gráfica (abscisas humedad y ordenadas penetración en mm), donde representamos una recta ajustada y de aquí, tomamos la el valor de equivalencia de corte entre los 20 mm de penetración y la humedad que corresponda. Existen variantes de una sola prueba y tablas de equivalencias.

3.2.2.3. Indice plástico.

Se denomina ***"Indice Plástico"*** **a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.**

IP = LL - Lp	**(nº 6).**

¿Por que éste índice? Nos indica el margen, el porcentaje, en el que el suelo mantiene sus condiciones plásticas, lo que equivale a decir que mide la plasticidad del suelo. Así, un suelo con IP bajo tiene una baja plasticidad y al contrario, si posee un IP alto será muy plástico. Cuando un suelo tiene plasticidad nula, IP = 0, se denota con la abreviatura NP (no plástico).

Estos límites se realizan con los siguientes métodos:

Límite plástico:

Norma NLT-102/72.

Breve descripción: La humedad mínima para formar cilindros de 3mm. Aproximadamente, que rueden de la mano a una superficie lisa, sin que se desmorone.

3.2.3. Clasificación de suelos.

Existen varios sistemas basados en su granulometría y límites líquidos y plásticos de los finos (partículas menores de 0,4 mm que pasan por el tamiz nº 40).

Clasificación HRB: Establece dos bloques:

a) Si pasa < 35 % tamiz 200 (luz de 0,02 mm): Materiales granulares, con diferentes grupos y subgrupos.

b) Pasa > 35% tamiz 200: Materiales limo-arcillosos, con diferentes grupos y subgrupos.

CLASIFICACION H.R.B.

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES 35 % O MENOS PASA POR EL TAMIZ 200							MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS MAS DEL 35 % PASA POR EL TAMIZ 200			
CLASIFICACION DE GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Y SUBGRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
ANALISIS GRANULOMETRICO % QUE PASA POR TAMIZ											
N.° 10 = 2 mm	50 máx.										
N.° 40 = 0,42 mm	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N.° 200 = 0,074 mm	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
CARACTERISTICAS DE LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ 40											
Límite Líquido (LL)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Indice Plástico (IP)	6 máx.		N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
INDICE DE GRUPO	0		0	0	0	4 máx		8 máx	12 máx.	16 máx.	20 máx.
	Mezcla bien graduada de gravas y arenas, arenas y finos con o sin ligante		Arenas finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				SUELOS LIMOSOS		SUELOS ARCILLOSOS	
VALORACION PARA LA EXPLANACION DEL CAMINO	DE EXCELENTE A BUENO							DE PASABLE A MALO			

Tabla nº. 2. 2

La clasificación de Casagrande que utiliza la granulometría y la forma de los granos, graduación y plasticidad.

En general, esta clasificación es orientativa y habrá que acudir a practicar pruebas de laboratorio sobre las excavaciones realizadas en obra, o de los préstamos que se definan en los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o de aquellos que autorice el Director de la Obra.

Suele ser más práctica la clasificación de los materiales para el terraplén según los tipos siguientes:

a) Suelos inadecuados:

b) Suelos tolerables:

c) Suelos adecuados:

d) Suelos seleccionados:

CONDIC. SUELOS	Tamaño	Tamiz/ Peso	L. L. / L.P.	DENS. MÁXIMA.	C.B.R./ HINCHAMIENTO	M.O.
SELECCIONADOS	< 8 cm.	0,08UNE/ <25% PESO.	< 30 / < 10.	PLIEGO DE CONDICIONES.	> 10./ SIN.	EXENTOS.
ADECUADOS	< 10 cm.	0,08UNE/<35%.	< 40./---	>1.750 KG/DM3.	> 5./< 2%.	< 1%.
TOLERABLES.	<15 CM.	/< 25 % PESO.	< 40	>1.450 KG/DM3.	>3	<2%.
INADECUADOS.	NO CUMPLEN LAS CONDICIONES MÍNIMAS EXIGIDAS DE TOLERABLES.					

Tabla nº. 2. 3

3.2.4. Cohesión y entumecimiento.

En los suelos arcillosos**, plásticos,** se dan distintas composiciones según la cantidad de humedad presente.

La cohesión es la propiedad que experimentan los materiales plásticos de unión entre sus partículas, ofreciendo gran resistencia a ser separadas. Esta fuerza de unión entre sus partículas se opone al esfuerzo de cizalladura o cortante, donde la cohesión se suma a la resistencia al deslizamiento que presenta una partícula con otra.

La diferencia de humedad modifica las uniones, puesto que al deshidratarse, se deshacen en forma de polvo (depende de la naturaleza del suelo) y cuando se humedecen en exceso, se produce un aumento de su volumen, que se conoce como **"entumecimiento" o hinchamiento.**

Mientras que la cohesividad representa la fuerza de atracción (enlaces de Van der Waals y electrostáticas entre sus valencias), el entumecimiento es la perdida de uniones y por tanto, con enlaces repulsivos que bajan su resistencia. Traducido a resistencia del terreno, de resistir 8 t/m^2 a 0,5 t/m^2.

No todos los suelos que se pueden entumecer poseen cohesividad, como ocurre con los limos (arcillas-arenas), donde pierden resistencia al ser comprimido.

3.2.5. Permeabilidad.

3.2.5.1. Definición.

La permeabilidad es la mayor o menor facilidad que el agua encuentra para desplazarse a través de los poros del suelo.

Intervienen diversos factores, para que un suelo sea más o menos poroso, tales como su textura, su grado de compactación, el tamaño de los granos y el grado de cementación que existen entre ellos. Existen normas para determinar esta característica, tanto en un ensayo en el campo, como en el laboratorio.

3.2.5.2. Cómo transita el agua en el suelo. Ley de Darcy.

El francés Darcy, a mitad del siglo XIX, realizó una serie de experimentos sobre la filtración del agua, llegando a descubrir que la cantidad de flujo del agua a través de un tubo de arena de longitud L y sección S y unidos en sus extremos por un tubo de entrada de agua y salida, poseen una diferencia de nivel de altura de agua, que es constante, según la siguiente expresión:

$$h = ha - hb.$$

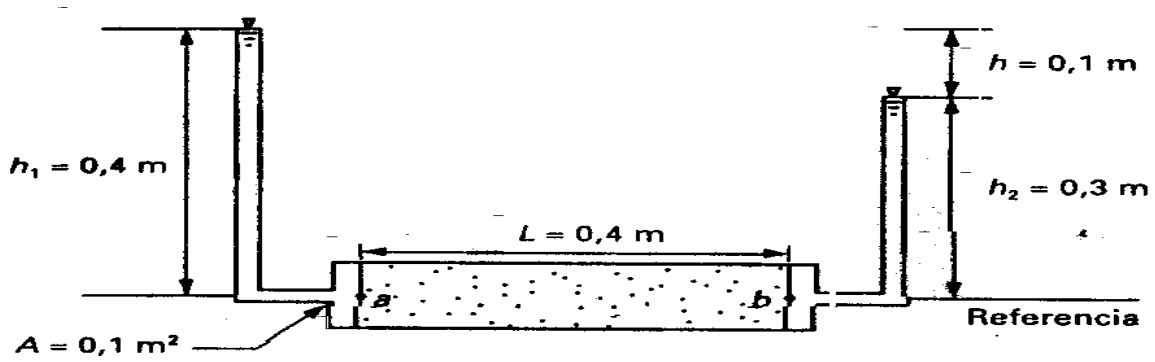


Figura nº. 2.7.

Cómo Q = V x S	[nº7].

Donde:

V.- Velocidad aparente.

S.- Sección del tubo (realmente, es la de los espacios porosos de la arena).

Al no ser los espacios uniformes, necesita rectificarse la fórmula anterior, por la siguiente:

$Q = \varphi \times Vr \times S$	(nº. 8)

φ. - porosidad efectiva.

Vr.- Velocidad real.

S.- Sección transversal.

Existe una variación de Q, que es proporcional a los cambios de carga hidráulica y al área transversal de flujo, e inversamente proporcional, a la longitud del tubo de arena. Comprobó también, que para hallar la relación existente entre la cantidad de flujo y la carga hidráulica con el área de flujo, era preciso recurrir a una constante proporcional que denominó ***K***.

$$Q = K \times h/\varphi \times S. = K \times J \times S. \qquad (nº.\ 9)$$

K.- Coeficiente de permeabilidad.

J.- Pérdida de carga.

Darcy, dedujo que los caudales obedecen a la ecuación [7], siempre que se le afecte de un coeficiente K, que depende de la naturaleza del material ensayado, por tanto, de su permeabilidad, de su coeficiente de permeabilidad.

Si en la ecuación [nº.7], hacemos coincidir S = 1; tendremos que Q1 = V1. El agua atraviesa solamente los espacios vacíos, fluyendo en torno a las sustancias sólidas, por lo que Q equivale a la velocidad de filtración por las áreas huecas y por tanto, está representada por el caudal que atraviesa la unidad de superficie de un material determinado en la unidad de tiempo. Si tomamos J = 1, en la ecuación [nº.9], Q1 = V1 = K, tenemos que la velocidad de filtración, para una pérdida de carga unitaria, coincide con el coeficiente de permeabilidad.

Existen ecuaciones que ligan K con el diámetro medio de las partículas, según naturaleza del material; así Seelheim daba para una arena de cuarzo, exenta de materia extraña un $K = 37{,}6 \cdot \varnothing^2$ (cm/seg), donde Slichter continúo construyendo una tabla con distintos valores de K, según el diámetro de la arena, siempre de modo empírico (condiciones de filtros preparados artificialmente), que no responden a las características de heterogeneidad y de falta de esfericidad de los granos que presentan los terrenos en su estado natural. Estos datos son aproximados a un $K = 36 / 50 \cdot \varnothing^2$ (cm/s)

El terreno subterráneo está representado por un diagrama de fase que recurre a términos volumétricos y gravimetricos, compuesto de materiales sólidos (minerales), líquidos (agua) y gases (el aire que se encuentra en los espacios vacíos). Cuando la muestra es de tipo saturado, como la arena empleada en el experimento de Darcy, el material se encuentra en dos fases, ya que todos los espacios vacíos han sido ocupados por el agua.

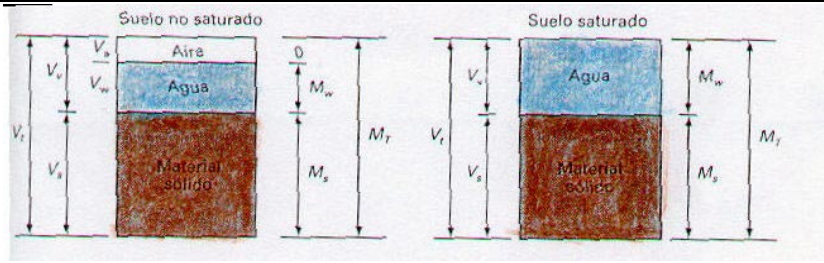


Fig.2.8. Diagrama de fase.

El suelo saturado se representa volumétricamente con el siguiente diagrama de fase:

Vt = Vv + Vs.	(nº. 10).

Vt = Volumen total (cm3).

Vv = Volumen de los espacios vacíos (cm3).

Vs = Volumen de sólidos (cm3).

De donde podemos definir la porosidad φ como el volumen porcentual de espacios vacíos dividido por el volumen total, es decir:

φ = (Vv / Vt) x 100 (%).	(nº. 11)

La gama de valores de la porosidad (teórica) factibles, abarca desde cero (ningún espacio vacío) hasta el 100% (espacio vacío total sin sustancias sólidas), siendo lo más habitual en el medido ambiente natural, un espacio poroso de entre el 20 - 70 %.

El coeficiente de vacío ***e*** es un parámetro similar que se define como:

e = Vv/Vs.	(nº. 12)

Donde Vv = volumen de los espacios vacíos (cm^3).

Vs = Volumen de materia sólida (cm^3).

En el diagrama de fase de la Figura nº. 2.8, se indica que, en unidades dimensionales de longitud, la porosidad equivale al área de espacios vacíos dividida por el área total, es decir:

N = (Vv/Vt) = n = (Av/At).	(nº. 12)

En donde Av = Area efectiva de los espacios vacíos (cm^2).

At = Area total (cm^2).

Considerando que el área de los espacios vacíos es también el área de filtración, da como resultado una velocidad media de filtración lineal (cm/s) equivalente a la velocidad de Darcy (v) dividida por la porosidad, del siguiente modo:

$v_s = v/\varphi$.	(nº. 13).

* El tiempo de traslado de una partícula de agua consiste en la longitud lineal del trayecto de flujo dividida por la velocidad de filtración.

El período de traslado real, por tanto, será menor que el establecido por la velocidad de Darcy. Las partículas de agua circulan a través de los espacios vacíos y no a través del área transversal reflejada por la velocidad de Darcy. El cálculo del período de traslado de sustancias disueltas, arrastradas a través del medio poroso que modificarán la composición estructural de la base, se realizará a través del medio poroso empleando la velocidad de filtración descrita anteriormente.

La Ley de Darcy es, en resumen, el resultado de una serie de experimentos de tipo empírico, siendo además un modelo normal para el medio poroso a macro - escala. Describe, además, el flujo subterráneo macroscópico sin mencionar los problemas de traslado de una partícula de agua entre los diversos espacios vacíos. Son las incorporaciones de la ecuación de Bernouilli, junto con los flujos bidimensionales, los que modifican la figura 2.7. para determinar las cargas de altura, de presión e hidráulica totales, mediante cifras de carga hidráulica

Las líneas de idéntica carga hidráulica total (0,4; 0,375; .. 0,3 de Fig. 2.9.) son conocidas como **equipotenciales**, es decir, energía potencial en cada uno de los puntos de esta línea es la misma (puntos azules). Las **líneas de flujo** son por definición, perpendiculares las equipotenciales, como muestra la Figura 2.9. experimentadas por Darcy.

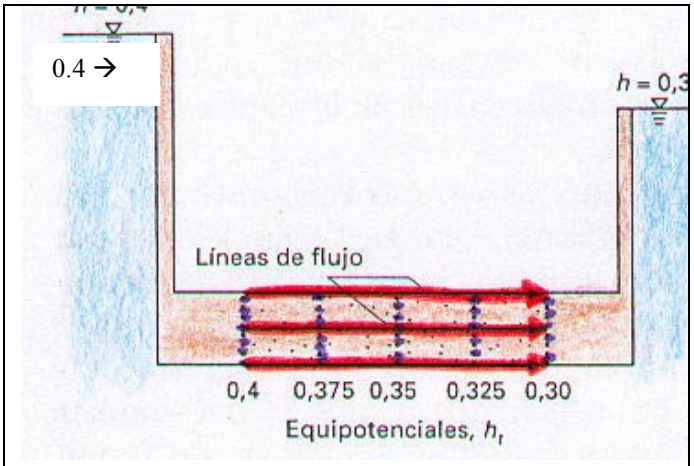


Fig. 2.9. Líneas de flujo y equipotenciales.

Aunque es posible trazar líneas de flujo y equipotenciales por medio del experimento de Darcy, hay que tener en cuenta que en la realidad, el flujo total en el medio poroso coincide con la dirección "x" (salvo las impermeables), mientras que los valores de "y" no se sostienen y van decayendo a lo largo del recorrido. Esta seria la forma como discurren en la formación de un terraplén.

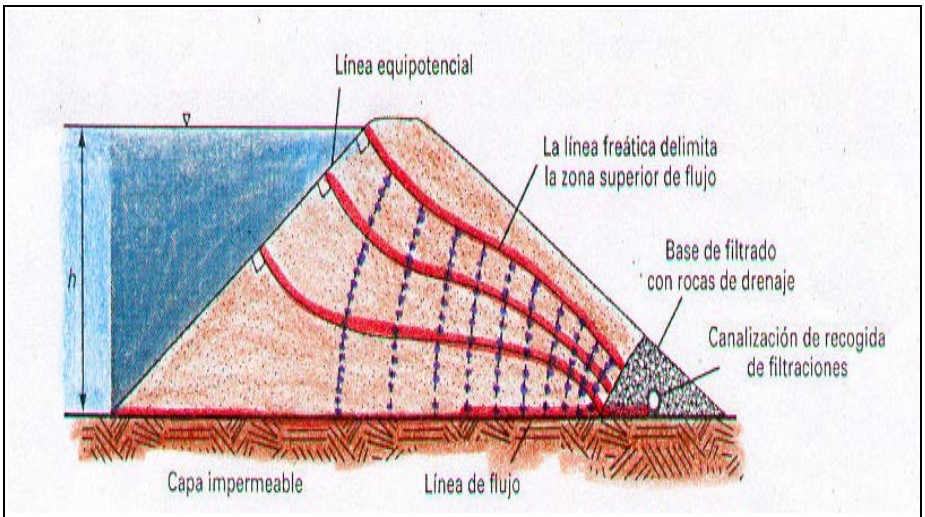


Fig. 2.10. Equiparación de flujos en el terraplén de una balsa.

3. 2. 6. El rozamiento interno y la cohesión.

El rozamiento interno o fricción interna de los suelos es otra de las propiedades de los suelos, cuyo estudio es trascendente para la construcción de las balsas. Se designa con el símbolo f. Es la oposición al deslizamiento de mismo tipo de partículas, en planos inclinados, oponiéndose al cambio de posición, esto se debe a la forma de su cara y a la adherencia entre sus paredes.

Un suelo granular tendrá más resistencia al corte cuanto más denso sea, pues la reducción del número de huecos aumenta el contacto entre las partículas y por ello el rozamiento total.

Un suelo bien graduado, con fracciones de todos los tamaños, prácticamente aumenta la densidad al disminuir los huecos, con lo que crece f.

No cabe la menor duda, si las partículas se alejan de la forma redondeada y adquieren formas angulosas, su ángulo de rozamiento interno es mayor, por lo que la fricción interna total también lo será, incrementándose su resistencia al corte.

Sin embargo los materiales plásticos, diferente al granular, poseen la cohesión, designándole con el símbolo **c**. En estos suelos el valor de la cohesión **c,** tiene gran importancia para determinar su resistencia al corte. Teóricamente, en una arcilla absolutamente pura se verificaría $f = c$, al carecer de fricción interna. Sin embargo, en los suelos naturales no es frecuente encontrar arcillas, absolutamente puras y por tanto la resistencia al corte vendrá expresada por sus dos sumandos: σ (factor adherencia de sus caras) · **tag** ∅ (ángulo de inclinación del plano donde está apoyado), aportado por la porción del material granular que contenga el suelo, y el valor de la tensión normal, al que se resiste al ser desplazado.

Por el contrario, los suelos granulares (sin cohesión) son frecuentes en la naturaleza: gravas y arenas de río, arenas de duna, etc.

Para la determinación de los valores de **c** y de **tag** ∅ se utiliza el aparato de corte directo o el aparato triaxial, cuyas descripciones y utilización se recogen en algunos de los textos que figuran en la bibliografía. No obstante, y a fin de fijar ideas, esquematizamos muy simplificadamente el procedimiento que sigue en el aparato de corte directo.

El aparato de corte directo consta de una armadura o semicaja inferior **I** y otra superior **S**; entre ambas se coloca la muestra del suelo con un determinado grado de humedad, con placas porosas en ambas superficies, superior e inferior, de la muestra. La armadura inferior es fija (fig. 2.11.), y la superior móvil. Se ejerce sobre la muestra una fuerza vertical $\mathbf{P}_i$ que se distribuye uniformemente en toda su superficie a través de la placa.

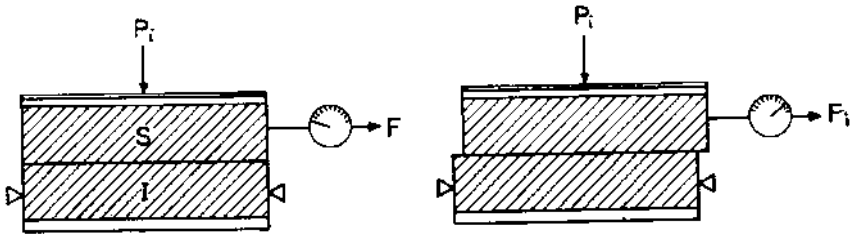


Fig. 2.11.

Se aplica una fuerza horizontal **F** a la parte superior móvil, que va aumentando, hasta alcanzar un valor $\mathbf{F}_i$, el de rotura, a partir del cual la parte superior desliza sobre la inferior por haber llegado a vencer la resistencia al corte del suelo. Dividiendo los valores de $\mathbf{P}_i$ de $\mathbf{F}_i$ por el área **A** de la base de la muestra, se obtienen, respectivamente, $\sigma_i = \mathbf{P}_i / \mathbf{A}$ y $\tau_i = \mathbf{F}_i / \mathbf{A}$. Haciendo el ensayo dos veces, con parejas de valores (P_1, F_1) y (P_2, F_2), se obtienen dos ecuaciones con dos incógnitas:

$$f_1 = c + \sigma_1 \cdot \text{tag}\,\varnothing \quad \text{y} \quad f_2 = c + \sigma_2 \cdot \text{tag}\,\varnothing. \qquad \textbf{(nº.19)}$$

De las que deduciríamos a su vez los valores de **c** y **tag ∅.**

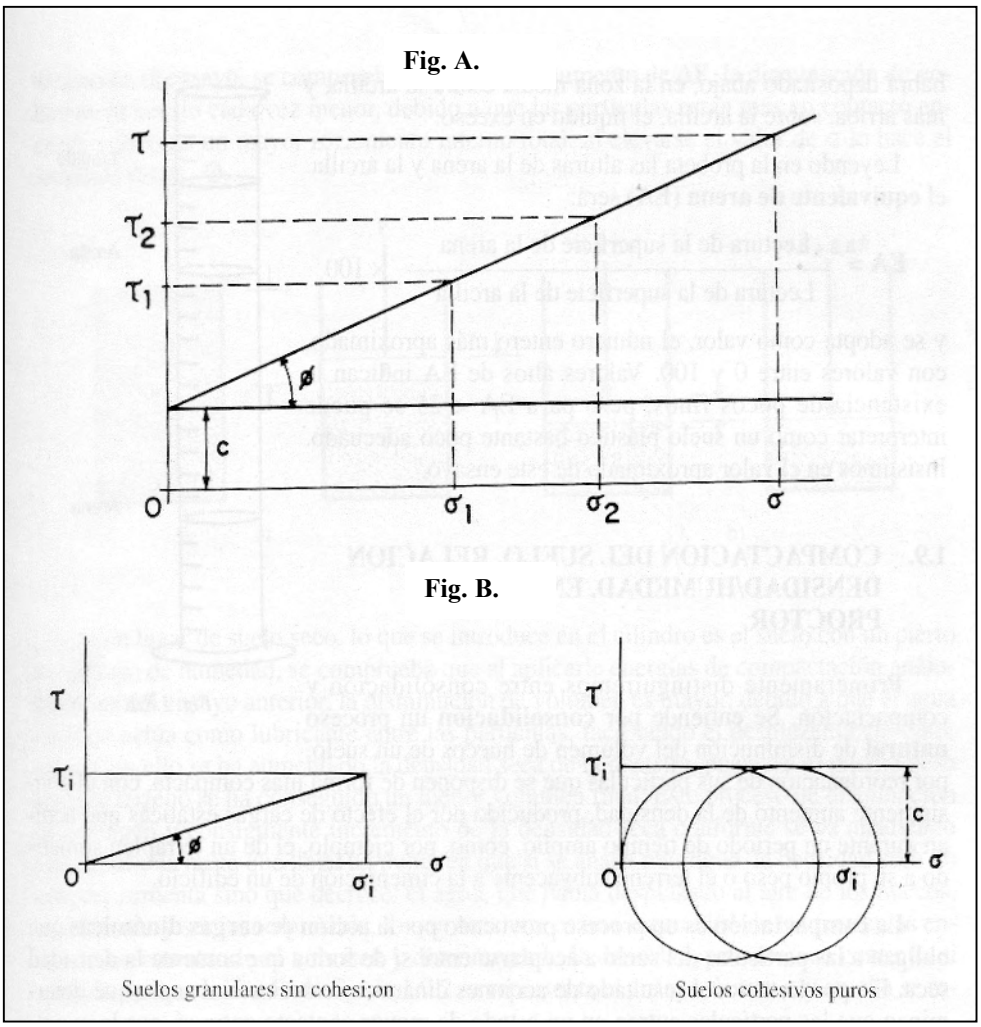


Fig. 2.12.

Repitiendo el ensayo nuevamente con otros valores de P y F, el resultado de c y **tag∅** que pueda obtenerse con la nueva ecuación y cualquiera de las dos anteriores, tendrá que coincidir con el calculado anteriormente. En la fig nº. 2.12-A se expresa gráficamente lo expuesto. La recta representa los valores de f para los correspondientes de **σ**.

En la fig 2.12-B. se expresan gráficamente los esquemas de suelos granulares, sin cohesión alguna, y cohesivos sin rozamientos, lo cual ya quedó dicho se produciría en arcillas puras.

3.3. Compactación. Fundamento y métodos de control en obra.

3. 3. 1. Compresión.

También llamada "**consolidación**". La compresión es la aplicación de una carga sobre una muestra cúbica de volumen unitario, produciéndose una disminución de la altura unitaria del cubo, en la dirección de la carga aplicada. Esto provoca al mismo tiempo, un aumento lateral unitario.

Esta aplicación de cálculos, fue establecida por Poissón, matemático francés que estudió esta relación de disminución de altura y aumento lateral.

La relación de Poissón se define así.

μ = aumento lateral unitario / contracción axial unitaria.

La compresibilidad de un suelo, es por tanto, la variación de volumen debido a la expulsión del agua que existe en los poros, cuando se aplica una carga.

3. 3. 2. Compactación.

La compactación es un término que se emplea para definir un proceso de **densificación**, en el cual la variación de volumen se debe solamente a la expulsión de aire de la masa del suelo.

Una magnitud muy empleada para caracterizar la compacidad de un suelo granular natural, es la *compacidad relativa* o *índice de densidad* (Dr), definida por

$$Dr = [\, e_{máx} - e \,/\, e_{máx} - e_{mín} \,] \cdot 100\ \% =$$

$$[\gamma_{d\,máx} \,/\, \gamma_d\,] \cdot [\, \gamma_d - \gamma_{d\,mín} \,/\, \gamma_{d\,máx} - \gamma_{d\,mín}\,] \cdot 100\ \%. \qquad (nº.\ 20).$$

Donde

$e_{mín}$.- Relación de vacíos del suelo en su estado más compacto.

$e_{máx}$.- Relación de vacíos del suelo en su estado más suelto.

e.- Relación de vacíos del suelo *in situ.*

$\gamma_{d\,máx}$.- Peso específico seco del suelo en su estado más compacto.

$\gamma_{d\,mín}$.- Peso específico seco del suelo en su estado más suelto.

γ_d .- Peso específico seco *in situ.*

A continuación se da una tabla con la clasificación de los suelos granulares según su compacidad.

Compacidad relativa %.	Denominación.
0-15	Muy suelta.
15-35	Suelta
35-65	Media
65-85	Compacta
85-100	Muy compacta

Tabla 2. 4.

Hay que diferenciar: consolidación de compactación. La primera corresponde a un proceso natural, donde se reordenan las partículas, al disminuir los huecos del suelo, lo que provoca un aumento de la densidad, debido a la carga estática que soporta, por ejemplo un terraplén. La compactación es un proceso "provocado" por las acciones de cargas dinámicas, obligando a las partículas a ordenarse entre sí, de forma que aumenta la densidad seca.



Foto nº. 2. 6.

Las acciones dinámicas aplicadas aumentan el contacto de las partículas, expulsando el aire. Dependiendo del grado de compactación, el volumen de huecos será menor y el rozamiento total de su masa aumentará con relación a la que tenía antes de ser sometido a las cargas. La compactación aumenta la capacidad resistente del suelo y disminuye su permeabilidad.

En la ejecución de las obras de tierra, la compactación se consigue mediante la aplicación de maquinaria especial, como los rodillos lisos, vibrantes o no, los rodillos de "pata de cabra", vibrantes o no, los de neumáticos, las placas o pisones de mano vibrantes, etc., cuyas características las hacen adecuadas a los distintos tipos de suelos a compactar. Para aumentar la eficacia del compactador y conseguir ahorro de energía, se recurre a dosis adecuada de agua, con esto se consigue lubricación y facilidad de contacto entre las partículas sólidas.

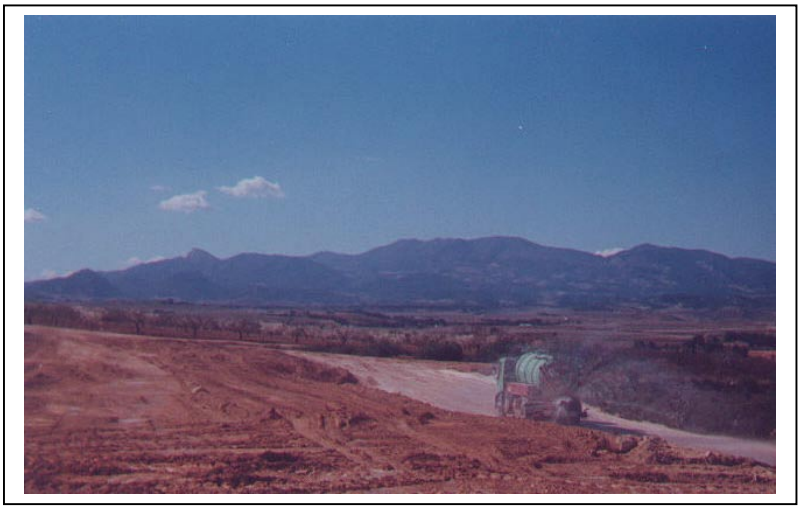


Foto nº. 2. 7.

La compresión posee dos fases de los estados del suelo: sólido y agua. Cuando se pierde el segundo, porque baje el nivel freático, deja huecos, provoca asientos diferenciados y la estructura que soporta se mueve. La compactación puede poseer las tres fases: sólido, agua y huecos (aire). Esta última debida a la gravitación del agua durante la construcción, dependiendo de los suelos.

3. 3. 3. Determinación de análisis de laboratorio.

3. 3. 3. 1. Proctor: Normal y Modificado.

En 1.933, el ingeniero norteamericano R. Proctor desarrolló el ensayo que lleva su nombre, demostrando que en cada suelo, se cumplen los siguientes supuestos:

- Hay una relación concreta entre la densidad seca de un suelo y su humedad para un valor del trabajo de compactación.
- Para cada trabajo de compactación que se aplica a un suelo se puede alcanzar una densidad seca máxima, si el contenido de agua en el suelo es el de la humedad óptima.

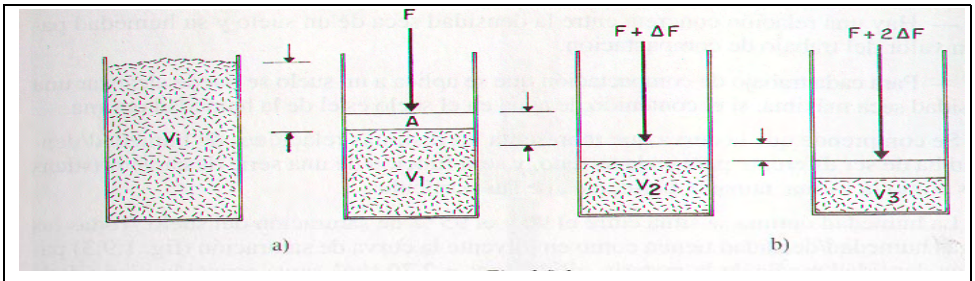


Fig. 2. 13.

Se comprende que la curva que representa las distintas relaciones de humedad/densidad ha de ser diferente para cada terreno, y serán función de una serie de características tales como la forma, tamaño, clase, etc., de sus partículas.

Si lo llevamos a una gráfica de coordenadas, podremos observar que tiene una parte ascendente, conforme vamos echando agua al suelo, hasta un máximo, donde empieza a decrecer por ser el agua quien desplaza parte del sólido.

A partir de las prácticas del laboratorio, podremos saber la cantidad de agua que debemos aportar, para realizar la máxima densidad seca.

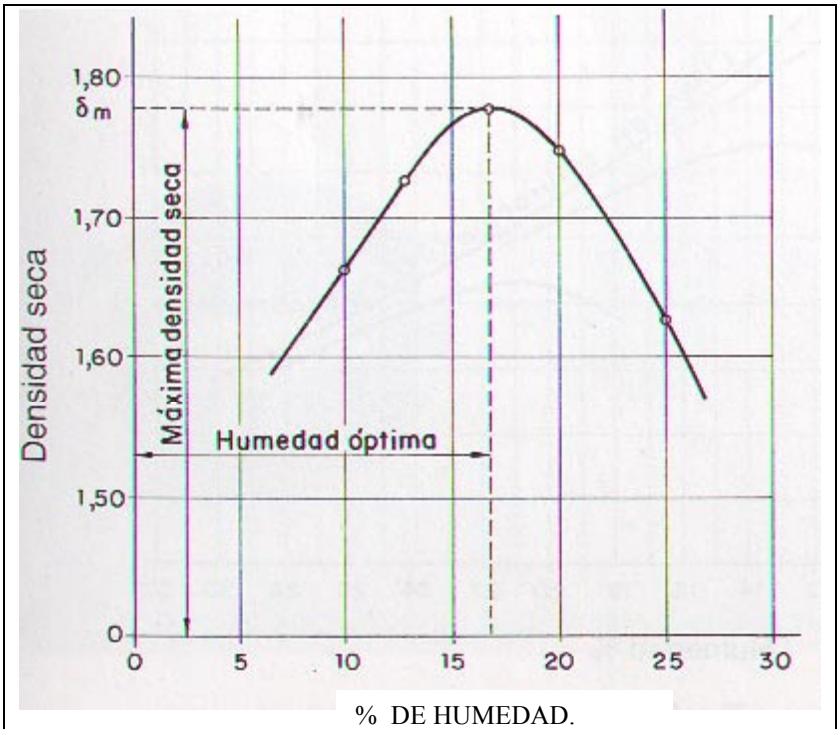


Fig . 2. 14.

La humedad óptima se sitúa entre el 90 y el 95 % de saturación del suelo. Todas las curvas humedad/densidad tienen como envolvente la curva de saturación para una densidad media de la materia sólida de γ_s = 2,70 t/m^3, cuya ecuación viene dada por la expresión:

$$\gamma_d = \gamma_s \ / [\ 1 + h \cdot \gamma_s\ ] = 2,7\ / 1 + 2,7 \cdot h / 100 = 2,7 / 100 + 2,7 \cdot h. \quad (nº.\ 21)$$

Donde : h = humedad expresada en %.

γ_d = densidad seca a saturación del suelo.

Según Proctor.

$$LP = / > H.O. = / > 0,29 \cdot LP\ (\ 29\ \%\ del\ LP\ ). \quad (nº.\ 22)$$

El ensayo de Proctor presenta dos variantes, el Proctor normal (PN) y el Proctor modificado (PM), también denominados ensayos AASHO estándar y AASHO modificado, cuyas detalladas descripciones figuran en las normas NLT-107 y NLT-108.

Para el ensayo del Proctor normal se utiliza un molde cilíndrico de 102 mm de diámetro y una altura de 122,4 mm, lo que arroja un volumen de 1.000 cm^3.

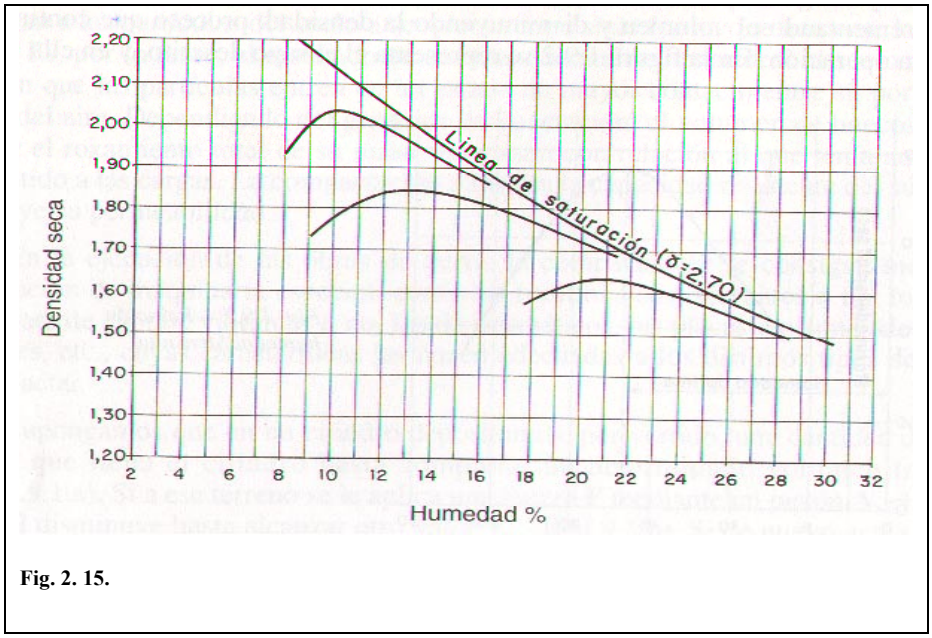


Fig. 2. 15.

Se rellena con la fracción de suelo que pasa por el tamiz 3/4" en tres capas sucesivas, añadiendo una determinada cantidad de agua, y por tanto con una humedad conocida, y a cada capa se le aplica una tanda de 25 golpes de una maza de peso, P = 2,5 Kg, a la que se deja caer desde una altura, H = 0,305 m, en cada golpe, de forma que el impacto se distribuya uniformemente en cada capa. La energía total aplicada a las tres capas es de 57,2 Kg m/litro (3x25x2,5x0,305 / 1 = 57,2 Kg/litro). Conocidos la tara del molde y el peso total de molde, suelo y el agua, se deseca el conjunto y se obtiene la densidad seca, para la humedad añadida. La operación se repite con diferentes porcentajes de humedad, hasta poder determinar los puntos necesarios para dibujar la curva densidad/humedad.

En el Proctor Modificado varían las magnitudes, pero el procedimiento es el mismo. El molde tiene un diámetro de 152,5 mm, una altura de 127 mm, con un volumen de 2.320 cm^3. La maza de peso, P = 4,54 Kg se deja caer 55 veces en cada capa desde una altura, H = 0,457 m, lo que produce un trabajo de 245,9 Kg. m/litro, para el conjunto de las cinco capas entre las que se distribuye (5x55x4,54x0,457/2,32 = 245,9 Kg. m/litro).

La compactación por capas puede hacerse más cómodamente con el compactador automático, debidamente contrastado, que graduándolo para cada tipo de ensayo Proctor, proporciona una energía de 57,2 Kg m/litro ó 245,9 kg m/litro.

Se comprende que cuanta más energía de compactación se aplique, la densidad que se alcance para un mismo porcentaje de humedad, será mayor. Dicho de otra manera, la humedad óptima para un mismo suelo, es menor con el Proctor modificado y se consigue mayor densidad máxima.

En la práctica constructiva se emplea generalmente el índice de compactación, que es la relación entre la densidad seca que se ha de exigir en la obra y la conseguida en laboratorio por cualquiera de los ensayos Proctor normal o Proctor modificado en un suelo determinado. Así, se dice, 95 % del P.M. o 98 % del P.N., indicando las exigencias de compactación en la obra, referidas a las densidades secas obtenidas en laboratorio. De igual forma, para referirse a la compactación alcanzada durante la ejecución de la obra, se utiliza el correspondiente índice de compactación, y así, se dice que se ha alcanzado el 93 % o el 96 %, según se deduzca de las muestras extraídas del suelo en compactación.

Las densidades de los suelos están normalmente comprendidas entre los valores 1,45 g/cm^3 y 2,3 g/cm^3, correspondiendo el primer valor a arcillas muy plásticas, y el segundo, a suelos granulares muy bien graduados. En cuanto a las humedades óptimas los extremos se establecen en el 30 % y el 4-5 %, respectivamente.



Foto 2. 8.

Con una gran energía de compactación se aumenta la densidad seca y por consiguiente la resistencia del suelo a ser comprimido y al esfuerzo cortante, pues al tener más contacto entre las partículas, el término $\sigma \cdot \text{tag} \varnothing$ del coeficiente de rozamiento, se incrementa. Además, la permeabilidad disminuye al hacerlo los huecos del suelo. No obstante, hay que advertir que llegado un máximo de la compactación, ésta disminuye, implicando un mayor gasto de energía, un mayor coste de la obra que se realiza, y lo que es peor, una peor compactación. En cada caso, no debe pasarse la compactación que técnica y económicamente sea aconsejable para cada suelo, según la buena práctica al uso, debiendo fijarse con un adecuado criterio técnico el índice de compactación prevista, siendo el P.M, el más común y un mínimo del 95%.

3. 3. 3. 2. Relación humedad/densidad.

Si en un cilindro metálico con una capacidad de volumen "V", lo llenamos con tierra suelta y aplicamos sobre su superficie , una fuerza F mediante un pistón A, el volumen inicial disminuye hasta alcanzar un volumen inferior, al que llamamos V1. Si a la fuerza F, le añadimos

un incremento de fuerza F´, el volumen final será V2 (V1 - Aire) y así, sucesivamente, pero si en lugar de seco, añadimos agua, se observa una disminución de volumen mayor que en el anterior ensayo, debido a que ayuda a lubrificar las partículas. Con ello se ha aumentado la densidad seca de la muestra, pues con el mismo peso seco de terreno se ha conseguido un menor volumen final. Este proceso de disminución de volumen consiguiente incremento de la densidad seca conforme se va añadiendo agua continúa hasta que llega un punto en que si se añade más agua, la densidad seca no sólo aumenta sino que decrece: el agua que había desplazado al aire de los huecos, al aumentar y ser incompresible, lo que ocasiona es una separación de las partículas entre sí, incrementando el volumen y disminuyendo la densidad, proceso que continúa si se repite la operación. La densidad máxima se corresponde con la humedad óptima.

Se determina en la norma NLT-102, "Humedad mediante secado en estufa". Consiste en hallar el cociente entre la masa de agua que pierde el suelo, al desecarlo en una estufa entre 105 y 110º, y la masa del suelo seco.

Cuando se precisa conocer la humedad en obra se suele utilizar el procedimiento de la "quema de alcohol", descrito en la norma NLT-103; o bien la "Humedad por el método del carburo cálcico" y los métodos nucleares.

El primero de los mencionados, fácil de realizar, consiste en añadir alcohol a una muestra de suelo, de peso conocido, prendiendo fuego al conjunto a continuación. Se pesa finalmente el suelo seco, y se resta del peso inicial, con lo que se conoce su humedad. Se comprende que este procedimiento no es de aplicación para suelos con contenido de materia orgánica.

Para el método del "carburo de calcio" se precisa disponer de una cámara especial, de acero, parecida a una coctelera, que consta de dos partes, unidas a rosca, que permiten su estanqueidad cuando están roscadas. En el fondo exterior de la parte inferior, lleva un manómetro que mide el incremento de presión que se origina dentro de la cámara cuando se produce la mezcla del carburo con el agua del suelo, con la consiguiente formación de acetileno.

Se introduce en la cámara una cantidad pesada de muestra de suelo de obra, cuya humedad se pretende conocer, y se añade carburo de calcio en cantidad superior a la que se considere precisa; se cierra y se agita repetidamente, y después de unos diez minutos se lee el manómetro que, convenientemente graduado, da directamente el tanto por ciento de humedad que contiene la muestra. Es un ensayo muy sencillo y rápido de hacer (conocido comúnmente por el procedimiento del "speedy"), por lo que es muy empleado en las obras de tierra en la que se necesita determinar con frecuencia el estado de humedad del terreno.

3.3.3.3. Control de obra.

3.3.3.3.1. Método de la arena.

Para determinar la densidad "in situ" del suelo se utiliza el "método de la arena", descrito en la norma NLT-106, y también el procedimiento nuclear, visto en el apartado anterior, de forma rápida..

Para realizar el primero de los señalados se practica un hoyo de forma cilíndrica en la capa de suelo cuya densidad se desea conocer, que debe tener un diámetro de unos 10-12 cm, y algo más de profundidad, guardando el terreno extraído para determinar su humedad seca. Si el hoyo contiene piedras demasiado gruesas, deberá tener mayores dimensionales, normalmente no se toman estas piedras y suelen incorporarse otra vez al hoyo.

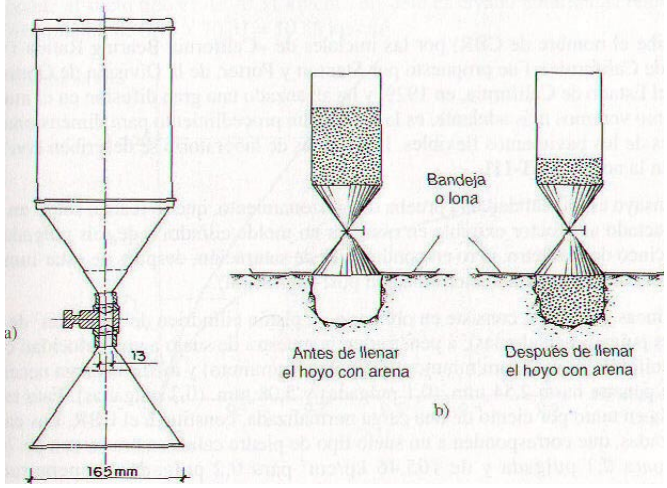


Fig. 2. 16.

Para evaluar el volumen del hoyo cilíndrico se usa un recipiente especial, con válvula y embudo.

Se llena de arena uniforme, especial, limpia y seca cuya densidad es dada, (laboratorios como Eduardo Torroja), se pesa el recipiente con la arena; se sitúa invertido sobre el hoyo y se abre la válvula, con lo que la arena pasa al embudo y al hoyo vaciándose parcialmente el recipiente.

Como se conoce el volumen y el peso del cono lleno de arena y, pesándose el recipiente nuevamente, también se sabe el peso de la arena que llena el agujero practicado en el suelo, el cálculo de su volumen es inmediato, ya que la densidad de la arena es dada.

La densidad "in situ" se obtendrá dividiendo la masa seca de la tierra extraída por el volumen del hoyo, el cual se calcula a partir de la densidad de la arena y de la masa que cabe en el hoyo, según el impreso nº. 2. 3 y relleno como el nº. 2. 4.

3. 3. 3. 3. 2. Método nuclear.

Los métodos nucleares están basados en la emisión de radiaciones de neutrones hacia el interior de la masa del suelo.

Se fija la placa al suelo y se realiza un hueco cilíndrico.

En el hueco preparado en el suelo, se desplaza la barra que emitirá los neutrones y recepcionará los reflectados, realizándose su cálculo.

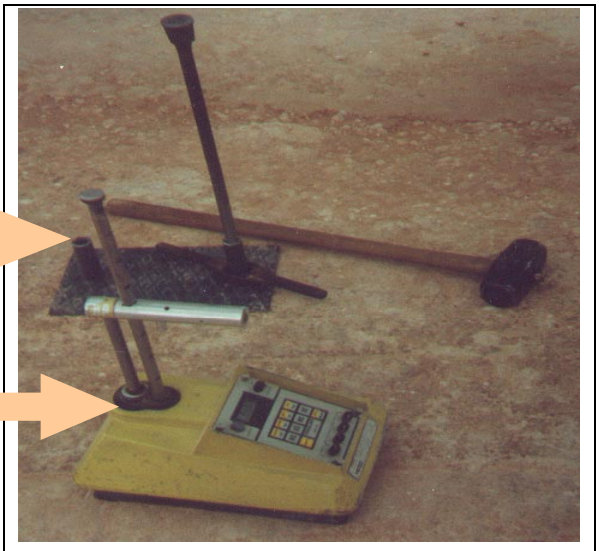


Foto 2. 9.

La colisión de los neutrones de alta energía con los átomos de hidrógeno rebaja la energía de aquéllos, lo que origina que sean captados por el "detector" de humedad. Cuando el suelo está húmedo el correspondiente indicador pone de manifiesto una respuesta elevada; lo contrario sucede si el suelo está seco.

Los procedimientos nucleares emplean la radiación de rayos gamma dirigidos hacia el suelo cuya densidad y humedad se quiere determinar. Si el suelo tiene una densidad baja, una elevada radiación gamma pasa a su través, lo que es detectado por un captador "geiger".

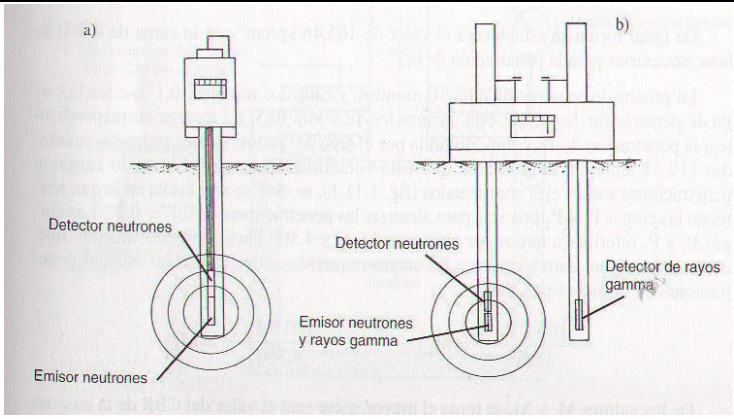


Fig. 2.15.

DENSIDAD FECHA:_____

—	N.º de Muestra					
—	Referencia recipiente					
p^1	Arena + recipiente antes del ensayo					
p^2	Arena + recipiente después del ensayo					
$H + e = p^1 - p^2$	Arena hoyo + arena embudo					
e	Peso arena embudo					
$H = (H + e) - e$	Peso arena hoyo					
$\frac{l}{d}$	Inverso densidad arena					
$V = H\frac{l}{d}$	Volumen hoyo					
$v = \frac{g}{\tau}$	Volumen gruesos					
τ	Peso específico gruesos					
g	Peso gruesos					
$V' = V - v$	Volumen hoyo corregido					
S + a	Peso suelo húmedo					
h	% Humedad suelo					
$S = \frac{(S + a)\,100}{100 + h}$ (1)	Peso suelo seco					
g	Peso gruesos					
$S' = S - g$	Peso suelo corregido					
$D = \frac{S}{V}$ o $\frac{S'}{V'}$	Densidad					

HUMEDAD

—	Referencia tara					
$a = (t+s+a) - (t+s)$	Agua					
t + s + a	Tara + suelo + agua					
t + s	Tara + suelo					
t	Tara					
$s = (t+s) - t$	Suelo					
$h = \frac{a}{s} \times 100$	% Humedad					

(1) Esta operación es innecesaria cuando se seca todo el suelo en estufa y se pesa.

Observaciones: _____

_____

_____

Impreso 2. 3.

DENSIDAD FECHA: 17-2-9

—	N.° de Muestra						
—	Referencia recipiente	1	2	4	5		
p_1	Arena + recipiente antes del ensayo	8541	8930	8727	8946		
p_2	Arena + recipiente después del ensayo	4542	4362	4203	4209		
$H + e - p_1 - p_2$	Arena hoyo + arena embudo	4299	4568	4524	4737		
e	Peso arena embudo	1338	1276	1350	1340		
$H - (H + e) - e$	Peso arena hoyo	2961	3292	3174	3397		
$\frac{1}{d}$	Inverso densidad arena	0'7	0'7	0'7	0'7		
$V - H\frac{1}{d}$	Volumen hoyo	2073	2304	2222	2378		
$v - \frac{g}{\tau}$	Volumen gruesos						
τ	Peso específico gruesos						
g	Peso gruesos						
$V' - V - v$	Volumen hoyo corregido						
S + a	Peso suelo húmedo	4536	4890	4716	4917		
h	% Humedad suelo						
$S - \frac{(S + a)\,100}{100 + h}$ (1)	Peso suelo seco	3884	4141	3973	4194		
g	Peso gruesos						
$S' - S - g$	Peso suelo corregido						
$D - \frac{S}{V}$ o $\frac{S'}{V'}$	Densidad	1'87	1'80	1'79	1'77		

HUMEDAD

—	Referencia tara	1	2	3	4		
$a - (t+s+a) - (t+s)$	Agua	33	41	39	43		
t + s + a	Tara + suelo + agua	465	575	586	588		
t + s	Tara + suelo	432	534	547	545		
t	Tara	236	308	338	297		
$s - (t+s) - t$	Suelo	196	226	209	248		
$h - \frac{a}{s} \times 100$	% Humedad	16'8	18'1	18'7	17'3		

(1) Esta operación es innecesaria cuando se seca todo el suelo en estufa y se pesa.

Observaciones: LIMO ARCILLOSO
CALLE - 1 - TONGADA Nº 3

Impreso 2. 4.

3. 3. 3. 3. 3. C.B.R.

Recibe el nombre de CBR, iniciales de "California Bearing Ratio" (valor soporte de California). Fue propuesto por Staton y Porter, de la División de Obras Públicas del Estado de California, en 1929.

El ensayo se realiza conforme la rutina descrita en la norma NLT-111, que consiste en un punzamiento sobre un suelo compactado al Proctor exigible en obra, en un molde cilíndrico de seis pulgadas de altura y cinco de diámetro, pero en condiciones de saturación, después de estar inmerso en agua durante cuatro días (determinación post-saturación).

3. 3. 3. 3.4. Hinchamiento.

En los suelos arcillosos, sobre todo los expansivos, se da la contracción (expulsión del agua) e hinchazón (absorbe el agua), cambiando el volumen. Esto origina serios problemas y disgustos en la construcción de terraplenes, tanto en su cimentación cómo su empleo en las construcciones de terraplenes, por lo que se hace necesaria su valoración a priori en el laboratorio.

Para medir el hinchamiento se aplica la norma NLT-111.

4. ENSAYOS MÁS COMUNES.

Además de los detalles de la evolución de la formación de los materiales, de sus accidentes y detalles de estratos, movimientos, etc, recordamos aquí, la recomendación de los siguientes ensayos de laboratorio, de mayor a menor necesidad, según el siguiente esquema:

- Análisis granulométrico.
- Limites de Atterberg
- Clasificación de H.B.R. ASSLER.
- C.B.R.
- Proctor Normal/Modificado.
- Densidad.
- Equivalente de arena. (finos).
- Determinación porosidad, permeabilidad.
- Contenido de M.O.
- Contenido de humedad.
- Determinación peso especifico.
- Angulo de rozamiento.
- Coeficiente de cohesión.

5. CALCULOS DE CONSTRUCCION DE TERRAPLENES, TALUDES, ETC.

5.1. Introducción.

En la mayoría de los casos se necesita realizar la construcción de muros o terraplenes, para realizar el vaso o hueco con la función de almacenar el agua. Si bien inicialmente, la cantidad de agua almacenada era de poca identidad, con el paso del tiempo esta crecería, construyéndose hoy en día balsas de grandes dimensiones, conteniendo centenares de metros cúbicos de agua.

Dependiendo del sistema de impermeabilización, de la altura de la lámina de agua, del tipo del terreno, de la accidentalidad del terreno, etc. necesitaremos apoyarnos en una serie de estudios teóricos, que nos apoyen la viabilidad técnica del Proyecto.

En cualquier caso, el volumen de agua almacenado someterá una fuerza de presión sobre las paredes del depósito (variable, según altura de lámina de agua) y a la que llamaremos **empuje** y lo designaremos con la letra **W.** El empuje ejercido se anulan por la oposición que forma el **peso "P"** del terraplén (anti-vuelco) sobre la **pared "S"** (en nuestro caso, inclinada) y el por el coeficiente ***f*** de rozamiento al **deslizamiento** de la base del terraplén con el terreno natural (cimientos). En el lado de la igualdad de la oposición al empuje del agua, se le añade un coeficiente de seguridad.

Nomenclatura:

W.- Presión del agua.

S.- Superficie de pared del terraplén sometida a presión.

P.- Peso del terraplén.

f.- Coeficiente rozamiento del material.

Cs.- Coeficiente de seguridad.

Como un tanteo previo, podremos realizar un rectángulo que posea de base 2/3 de la altura. Si su altura es 12 metros, su base tendrá 6 metros. A este rectángulo, le añadimos dos triángulos cuyas bases son de 2 y 1 vez su altura. Es decir 24 metros de base en uno (interior) y 12 en el otro caso. En general tendremos un rectángulo de [12 + (6) + 6] de base y altura 12 metros.

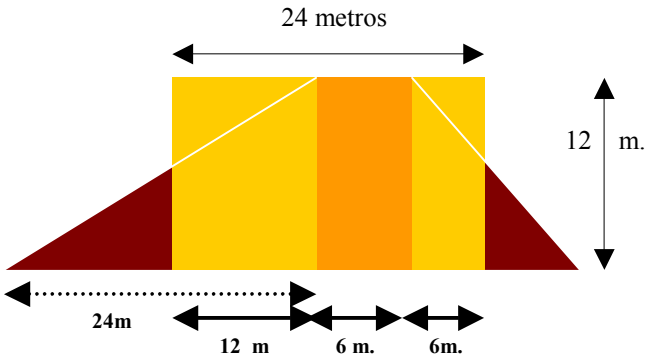


Fig. 2. 17.

Si el material con el que construimos el terraplén posee un peso de 1.800 Kg/m^3, nuestro cuerpo de terraplén tendrá 518,4 t / m l de terraplén.

El empuje del agua será el área de un triángulo que se apoya en un plano perpendicular, en un principio por su densidad.

$W = [h \cdot a / 2] \cdot \rho_{H_2O} = [12 \cdot 12 / 2] \cdot 1\ t / m^3 = 72\ t / m\ l$.

Este empuje horizontal se aplica a un tercio de la altura del muro, es decir, a 4 metro desde la solera (luego veremos que lo aplicaremos desde la parte más baja del terraplén) y se encontrará con el peso **P** del muro en el centro de gravedad **G** del mismo.

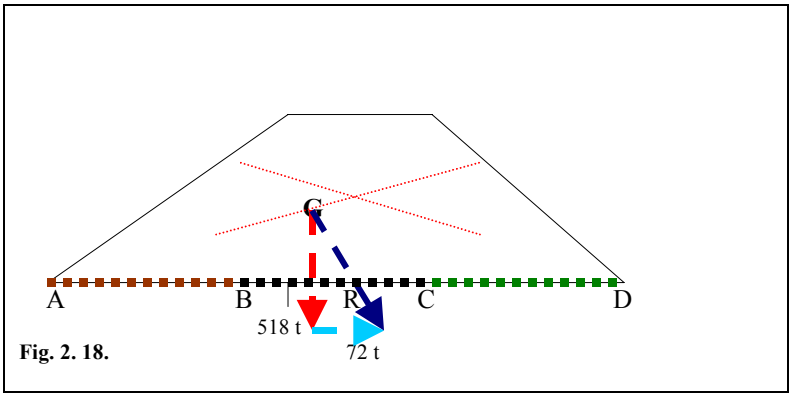


Fig. 2. 18.

La resultante de estas dos fuerzas, partiendo del centro de gravedad G, ha de pasar dentro del tercio medio de la base, cortando a ésta en el tramo BC. Si no pasara por éste tramo, se daría mas anchura a la base, cosa que en general no es necesaria en los casos generales de balsas diseñadas con taludes 2:1 del interior y 1:1 exterior, así como una anchura mínima de 4 metros del pasillo de coronación.

La estabilidad de los terraplenes se calcula con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P}{[AD] \cdot 100} \cdot \left(1 + \frac{6d}{[AD]}\right)$$

Donde

P .- Peso por metro lineal de muro.

[AD].- Base transversal en cms.

d.- Distancia del punto de aplicación R, a la prolongación del centro de gravedad G (la cual viene dada por la fórmula):

d = [AD] / 2 – (distancia de A / R).

Aunque realicemos algunos cálculos de contención en el ámbito teórico, no existe mayor problema en vuelco, deslizamiento, del conjunto del terraplén etc. Lo que realmente nos interesa y donde nos debemos centrar es en el deslizamiento del talud interior, debido a la influencia de la humedad, oleaje, tanto los impermeabilizados del tipo artificial como naturales y

en el talud exterior, en el caso de los impermeabilizados de forma natural, es decir, con materiales plásticos, tipo arcilla.

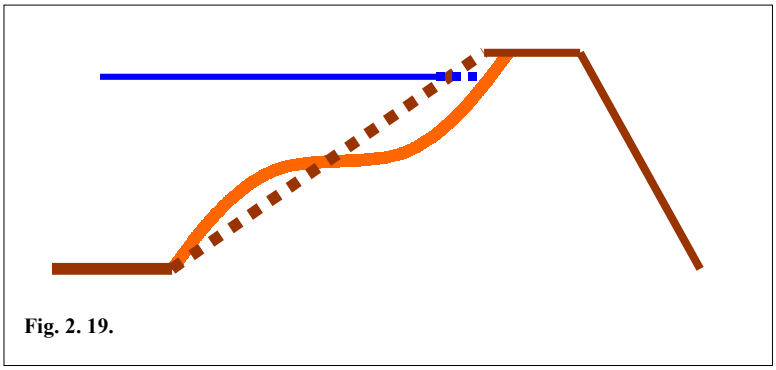


Fig. 2. 19.

Hay que tener seguridad de estabilidad y seguridad en la superficie de los taludes, para evitar el desplome de materiales sobre la solera y la variación de la geometría con la que fue dotado inicialmente.

Entrar en numerosos detalles y métodos haría arduo y comprometido el objetivo de clarificar cálculos sencillos, además de innecesarios, pues de forma general, las geometrías proyectadas en la mayoría de las balsas son de suficiente seguridad.

Al trasladar los requisitos exigidos en la Instrucción de presas al tipo de situación constructiva de menor entidad, como las balsas, podemos caer en la tentación de copiar los métodos en ellas empleados y reemplazarlos sin más en nuestras necesidades, sin tener en cuenta sus peculiaridades, sus necesidades reales, cayendo en errores de una falsa interpretación, como son los desembalses (en las presas son de cierta magnitud), sin detenernos en la causa que los originó, el principio que las generó, así por ejemplo el método de Pigeaud se refiere a presas de considerables alturas, como 100 metros, impensable en cualquier balsa y además estos modelos están hoy en día desplazados por otros como los de resistencia de elementos finitos y modelizaciones de presas.

La legislación actual, exige y da el tratamiento de "presa", a cualquier obra que cumpla las condiciones de la altura del dique con:

- Más de 15 metro de altura.
- Entre 10-15 metros, sí poseen una:

- Capacidad superior a 100.000 m^3.
- Otras circunstancias de seguridad, materiales, etc.

En todo caso, insiste en realizar un estudio tendente a proporcionar datos técnicos de su resistencia frente a sus solicitudes y de la estabilidad, donde exige de un peso suficiente para oponerse a su deslizamiento, lo que se consigue con una mayor sección trapezoidal, mayor inclinación de los taludes interiores (menor peso de cuña de agua soportada, mayor corrección en la subpresión, etc).

5.2. Cálculos generales aplicados en estructuras de balsas.

5.2.1. Vuelco.

Las solicitudes sobre los taludes libres (es decir, sin apoyos laterales en los terrenos naturales), frente a las cargas horizontales, no suelen considerarse en las balsas de materiales sueltos porque el peso del cuerpo del terraplén, estabiliza de forma más que holgada, los posibles momentos (no transmiten al eje de giro, debido a su falta de rigidez)

La serie de acciones que deben ser considerados, son:

5.2.1.1. Peso Propio.

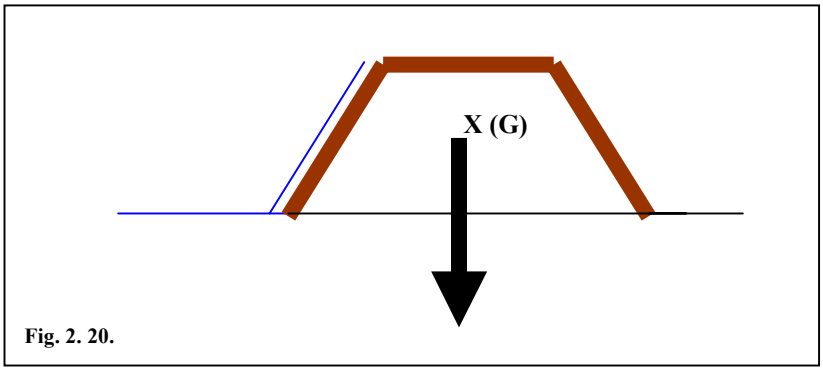


Fig. 2. 20.

Estas son fuerzas de componentes pasivas que colaboran a la estabilidad.

Su valor está determinado por la sección y la densidad conseguida en la compactación del terraplén.

En general, la densidad vendrá determinada de los análisis del laboratorio y será la media de los materiales empleados.

5.2.1.2. Empuje hidrostático.

La presión del agua sobre una superficie cualquiera es normal a ella y su valor es el del peso de la columna de agua que gravita sobre cada punto.

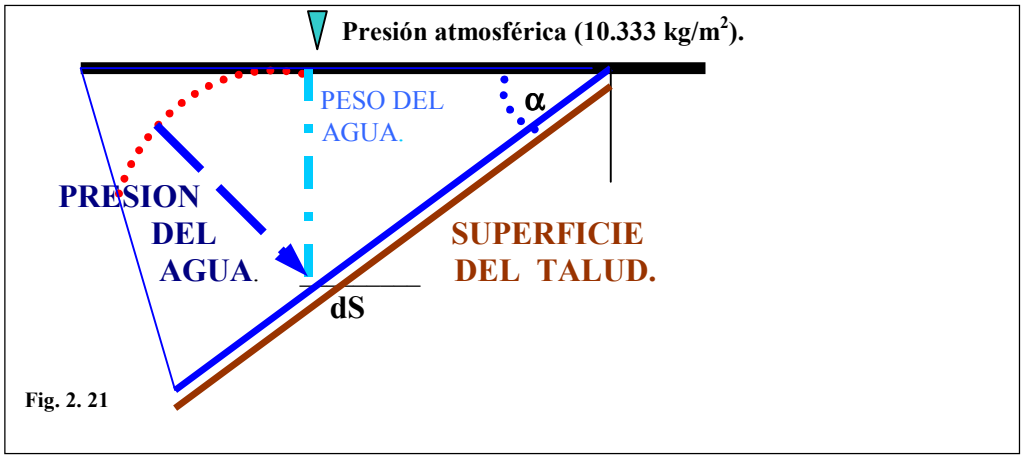


Fig. 2. 21

Todas estas fuerzas son paralelas, y su resultante, constituye el empuje total del líquido sobre la superficie S que forma el plano del talud.

Para el caso general de un talud inclinado con un ángulo α respecto a la superficie de liquido y descomponiendo en diferenciales de superficies "ds", situados a una profundidad "z" y una distancia "X" de la coronación del terraplén a la superficie del mismo.

La fuerza elemental de presión, dW, que actúa sobre el diferencial dS.

Tendremos que $dW = w\ (presión) \cdot dS = \gamma \cdot z \cdot dS = \gamma \cdot \text{sen}\ \alpha \cdot x \cdot dS.$

$$\iint_S = \gamma \cdot \text{sen}\ \alpha \cdot x \cdot dS. = \gamma \cdot \text{sen}\ \alpha \cdot \iint_S x \cdot dS$$

Siendo $\iint_S x \cdot dS$ el momento estático del área S respecto a la coronación y Xg, la distancia del centro de gravedad G de S, donde resulta que:

$$W = \gamma \cdot \text{sen}\ \alpha \cdot Xg \cdot S = \gamma \cdot Zg\ S = Wg \cdot S.$$

Particularizando, un talud inclinado de α grado, anchura b y una longitud de altura de agua z.

$W = \gamma \cdot \text{sen}\ \alpha \cdot Xg \cdot S = \gamma \cdot \text{sen}\ \alpha \cdot h/2$ (centro de gravedad de un rectángulo) $\cdot\ b \cdot h =$

$W =$ **$\gamma/2 \cdot \text{sen}\ \alpha \cdot b \cdot h^2$.**

Su ley es triangular y como tal su resultante estará aplicada en los 2/3 de su altura. El empuje hidrostático se debe calcular siempre tomando como referencia de altura el del punto mas bajo de la formación del terraplén y no la superficie de la base de la solera del vaso.

γ.- Peso especifico del agua.

γ'.- Peso especifico del material empleado, resultado del análisis (1,7/2,2 t /m^3).

X.- parte de una superficie.

Z.- Altura de agua.

.h.- Longitud del talud del terraplén.

.b.- Base menor del rectángulo.

En general estos cálculos se efectúan en muros de fábricas, o bien en secciones de taludes iguales.

La estabilidad al vuelco, viene definida por la resultante de las fuerzas que debe caer dentro de la base del terraplén, pasando por el tercio central de su base, condición que resulta asegurada al realizar una dimensión amplia con la formación del pasillo de coronación (mínimo 4 metros) y la caída de los taludes (2:1, 3:1 en interiores y 1:1,5 en exteriores) formando la forma de un tronco piramidal, asegurando la estabilidad y la falta de tracciones en el cuerpo de la misma (sus materiales son flexibles, sueltos).

5.2.1.3. Espesores de medias para primeros tanteos del terraplén.

Teniendo en cuenta lo enumerado anteriormente, tendremos la aplicación de la presión W y la oposición del peso del terraplén donde simplificando el espesor "e" en términos medios del la figura del trapecio, normalmente escaleno, por la línea paralela media .

El peso del muro "P", aplicado en G (c.d.g)..

$P = \gamma' \cdot h \cdot e$	(nº. 27)

Donde:

P.- Peso del terraplén.

h.- Altura del terraplén.

e.- espesor medio del muro fig 2.20 (simulado para distribuir después en taludes).

La condición requerida es que la presión del agua (W) $\leq$ P (peso del terraplén) $\cdot$ ***f*** (coeficiente de rozamiento del material).

$$W = \gamma' \cdot h \cdot e \cdot \boldsymbol{f}.$$

$$.e \geq W / \gamma' \cdot h \cdot \boldsymbol{f}$$

Siendo γ' la el peso especifico de la materia del cuerpo del talud.

Deduciendo que:

$.e = \geq 1/2 \cdot \gamma / \gamma' \cdot h / f$	(nº. 28)

Ahora establezcamos la ecuación de equilibrio con la igualación a cero de la suma algebraica de los momentos de P y W respecto a la recta que pasa por el centro de gravedad y base del terraplén.

- P + W = 0.
- P e/2 + W h/3 (aplicación de su fuerza) = 0.

.f = 1

De la que podemos deducir el espesor del rectángulo (fig. 2.20: 24 metros):

$$\gamma' \cdot h \cdot e \cdot e/2 = (h/3) \cdot (1/2) \cdot \gamma \cdot h^2.$$

De la que deducimos para el espesor:

$$\mathbf{e} = h \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{3 \cdot \gamma'}} \qquad \text{(nº. 29)}$$

El momento de vuelco:

$$M = W \cdot h / 3. \qquad \text{(nº. 30).}$$

El momento de estabilidad:

$$M' = P \cdot e/2 \qquad \text{(nº. 31).}$$

Sustituyendo:

$$M = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^{2} \cdot \frac{h}{3} \qquad \text{(nº. 32).}$$

$$M' = \gamma' \cdot h \cdot e \cdot \frac{e}{2} \qquad \text{(nº. 33).}$$

Por consiguiente el coeficiente de seguridad requerido es:

$$M / M' \approx 2 \div 3 \qquad \text{(nº. 34).}$$

5.2.1.3. 1. Ejercicio.

Como aplicación de la teoría anterior, determinemos las dimensiones de un terraplén de forma rectangular de 9 metros de altura, densidad del material 2.200 kilogramos por metro cúbico y tomando como coeficiente de seguridad para la estabilidad, 3.

Presión por metro de longitud: $W = ½ \cdot 1.000 \cdot 9^2 = 40.500$ Kg.

Peso del terraplén, aplicado en G: P = 2.200 · 9·e = 19.800·e Kg.

Momento del vuelco : M = W · (h/3) = 40.500 · 3 = 121.500 m·Kg.

Momento de estabilidad: M´= P · (e/2) = 19.800/2 · e^2 = 9.900 · e^2 m·kg.

Del nº 34) 9.900 · e^2 = 3 · 121.500; e = 6 metros.

El peso P vale = 19.800 · 6 = 118.800 Kg.

W / P = 40.500 / 118.800 = 0,343. No tiene deslizamiento.

5.2.1.4. Puntos de aplicaciones reales.

De la misma forma que en el anterior nos centramos en un cálculo más aproximado de la realidad del empuje sobre el talud interior y el punto de aplicación de las fuerzas verticales, horizontales y de la resultante, según la siguiente figura:

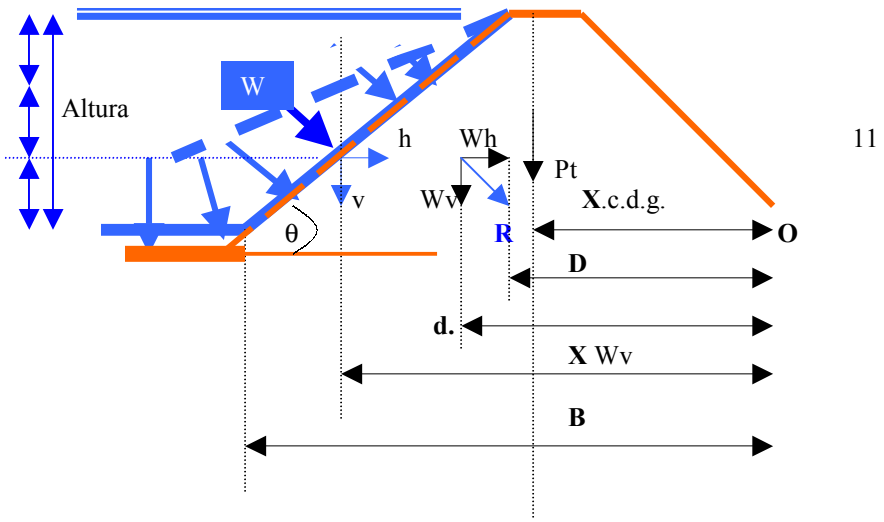


Fig. 2. 22.

Primero calculamos la resultante del empuje del agua sobre la pared del talud interior (aguas arriba).

W = $\gamma \cdot h_{cdg}$ · Area.

Descomponemos el empuje del agua en sus dos componentes, horizontal y vertical. Este punto, situado a un 1/3 de altura de la base.

- $W_h = W \cdot \text{sen } \alpha$.
- $W_v = W \cdot \cos \alpha$.

El punto de aplicación en las fuerzas verticales (P y Wv), respecto a un punto que denominamos "O" , establecido en la intersección del talud externo con la base y cuya distancia la denominamos "d".

$$P^* \cdot d = P \cdot X_{cdg} + W_v \cdot X_{Wv} = P \cdot X_{cdg} + W_v \cdot X_{Wv} \ / \ P + W_v$$

Por tanto, hemos establecido una nueva componente de fuerza en lo que denominamos peso: P* ; que proviene de sumar P (peso terraplén) y W_v (peso del agua sobre el talud).

Recordando, el peso del talud, $P = \gamma' \cdot Vt$ (volumen terraplén, área x 1 metro de anchura de sección).

Pero hemos añadidos dos nuevas distancias, desde el origen "O", las definidas por:

- X_{cdg} .- Distancia desde O al centro de gravedad del talud.
- X_{Wv} .- Distancia desde O al W_v = B (Base mayor del terraplén) - H/3 **/** tg α.

Para hallar el centro de la gravedad del talud (X_{cdg}), nos apoyaremos también en la siguiente figura (2.22).

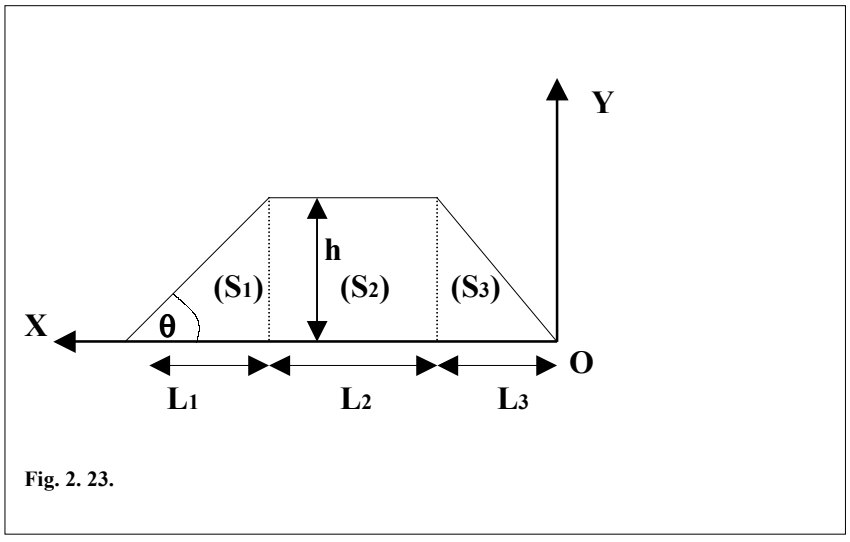


Fig. 2. 23.

$$X_{cdg} = \frac{x_1S_1 + x_2S_2 + x_3S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \qquad (nº.\ 35)$$

- x_1S_1.- $(L_2 + L_3 + L_1 / 3) \cdot (L_1 \cdot H / 2)$.

- x_2S_2.- (L_3 +L_2 / 2) · (L_2 · H).
- x_3S_3 .- [L_3 (1-1/3)] · (L_3 · H/2).
- S_1.- L_1 · H / 2.
- S_2.- L_2 · H
- S_3.- L_3 · H/2.

Por tanto, quedaría finalmente, en la siguiente expresión (multiplicando en ambos lados de la fracción por 6).

$$X_{cdg} = \frac{3L_3 \cdot L_1 + 3L_1 \cdot L_2 + 6 \cdot L_2 \cdot L_3 + 3L^2{}_2 + 2L_3{}^2}{3L_1 + 6L_2 + 3L_3} \qquad \text{(nº. 36).}$$

Las resultantes de las fuerzas **R**, tomando momentos de fuerzas desde el punto "O" a la distancia **"D"**, para obtener así, el punto de aplicación de dicha resultante, será:

$$P \cdot X_{cdg} + W_v \cdot X_{Wv} - W_w \cdot Y_{Wh} = \mathbf{R \cdot D}$$

$$D = \frac{P \cdot X_{cdg} + W_v \cdot X_{Wv} - W_w \cdot Y_{Wh}}{R.} \qquad \text{(nº. 37).}$$

Donde:

Y_{Wh} .- Es la distancia a la base del talud del punto de aplicación del empuje hidrostático de carácter horizontal.

R.- Es la resultante de **todas** las fuerzas que actúan en el talud. $\mathbf{R} = \sqrt{}_{Ww}{}^2 + P^2$

La excentricidad de la resultante viene dada por D - B / 2.

5.2.1.4.1. Ejercicio.

El estudio se centra en el cálculo del empuje del agua sobre el talud tipo 2:1, de 5 metros de altura. La densidad media del material empleado en el terraplén es de 1.700 Kg/m^3. El pasillo de coronación es de 4 metros de anchura. El talud exterior idéntico al interior.

Hallaremos el punto de aplicación de las fuerzas verticales, las horizontales y la resultante.

La resultante del empuje del agua, la calculamos con una sección tipo de 1 metro de anchura sobre la pared del talud.

$W = \gamma \cdot AREA$

$W = 1000 \cdot 2.5 \cdot [5 \cdot 1 / \text{seno } 26.5] = 28.014$ kg./m

El empuje se descompone en:

$W_h = W \cdot \text{sen. } \theta = 12.500$ kg./m

$W_v = W \cdot \cos. \ \theta = 25.071$ kg./m

El punto de aplicación de las fuerzas horizontales está situado a H/3 de la base del talud (5/3=1,7 metros de altura de la base). Para obtener el punto de aplicación del conjunto de las fuerzas verticales (P) a una distancia d, tomamos momentos de las fuerzas verticales respecto al punto O:

$Pt \cdot Xcdg + Wv \cdot Xev = P \cdot d$

Siendo:

Pt peso del dique = $\gamma t \cdot$ Area del talud $= 1.700 \cdot 72,5 = 123.250$ kg./m

P resultante fuerzas verticales = Pt + Wv = 151.264 kg./m

Xcdg centro de gravedad del talud =

$(3*10*5+3*10*4+10^2+6*4*5+3*4^2+2*5^2)/(3*10+6*4+3*5) = 8.52$ m

Xev distancia a O de Wv = $B - H/3/tg\theta = 24 - 5/3/tg26.5 = 15.66$ m

$d = (167300 * 8.52 + 25071 * 15.66)/192371 = 9.45$ m

Para obtener el punto de aplicación de la resultante de las fuerzas (R) a una distancia (D), tomamos momentos en las fuerzas actuantes respecto al punto O:

$Pt * Xcdg + Ev * Xev - Eh * Yew = R * D$

$D = (167300*8.52+25071*15.66-12500*5/3)/192776 = 9.3$ m

Siendo:

Y_{ew} la distancia a la base del talud del punto de aplicación del empuje horizontal 5/3 m

R la resultante de todas las fuerzas que actúan en el talud.

$R = (Eh^2 + P^2)^{1/2} = 192776$ kg./m

La excentricidad de la resultante viene dada por D-B/2

$e = 9.3 - 19/2 = -0.2$ m

5. 2. 1. 5. Cálculos de presiones transmitido al terreno.

En los taludes la resultante suele caer dentro del núcleo central (e<B/6, 0.2<3.1) y la distribución de tensiones es trapecial.

Las presiones sobre el terreno son:

$$\sigma = \frac{P + Wv}{a\,B} \pm \frac{6 \cdot (P + Wv) \cdot e}{aB^2} \qquad (\text{nº } 38)$$

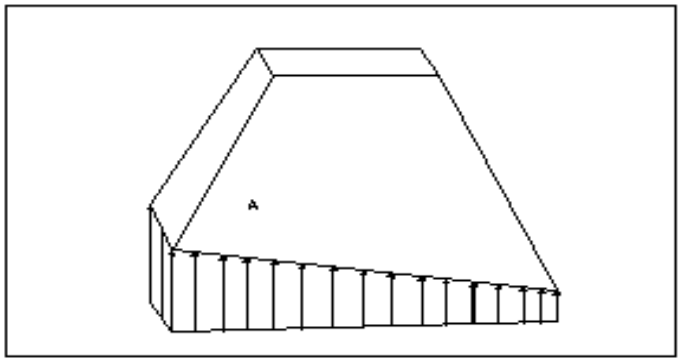


Fig. 2.24

Siguiendo los datos del problema anterior, averiguaremos la presión ejercida en el suelo por el cuerpo del terraplén.

$$\sigma = [(Pt + Wv)/ a \cdot B] \pm 6 \cdot (Pt + Wv) \cdot e/a \cdot B^2$$

Siendo a: la anchura del talud

$$\sigma = [(167.300 + 25.071)./.1] \cdot 19 \pm 6 \cdot (167.300 + 25.071) \cdot 0.2/1 \cdot 19^2$$

σ max = 10.764 kg./m^2 = 1.1 kg./cm^2

σmin = 9.485 kg./m^2 = 0.94 kg./cm^2

La capacidad portante del terreno en la realidad es de 3 kg./cm^2, valor que está por encima de 1.1 kg./cm^2. Por tanto, soportará sin ningún problema el peso del terraplén.

5.2.2. Deslizamiento total.

El deslizamiento se puede dar por que la base de los terraplenes descansen sobre terrenos sueltos o estratos horizontales poco cohesivos.

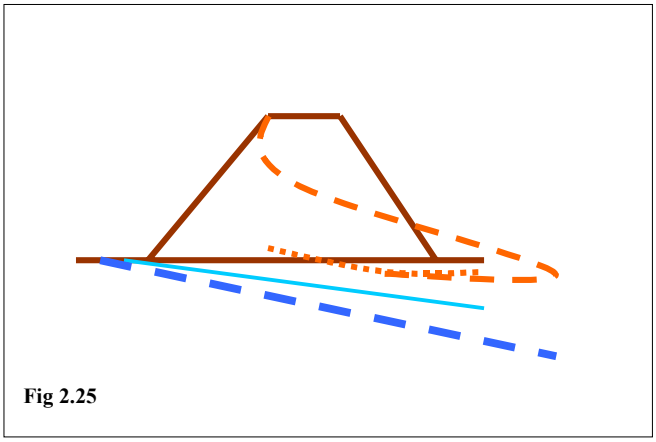


Fig 2.25

En general, si la cimentación donde se deposita la balsa está constituida por materiales compactos, como roca en el mejor de los casos, el deslizamiento total es imposible de que se dé.

Para el deslizamiento, descomponemos W según sus componentes:

- **Horizontal**, donde el empuje del agua tenderá a deslizar la balsa.

$$\mathbf{Wh = W \operatorname{sen}\alpha.}$$

- Vertical:

$$Wv = W \cos\alpha.$$

Wh produce deslizamiento y Wv se suma a P (peso del terraplén que pasa por su generatriz), donde se debe cumplir la condición de no deslizamiento:

$$P \cdot f \geq W$$

y como todo el sistema debe tener la condición de equilibrio:

$$W\,w = W \cdot \operatorname{sen}\alpha = f \cdot (P + Wv) = f \cdot (P + W \cdot \cos\alpha).$$

A esta fuerza horizontal se le oponen el rozamiento y la cohesión.

Si "R" en la fig. 2.26. es la resultante de todas las fuerzas actuantes sobre una línea de sección cualquiera. Sea A - A´, donde se aplican las fuerzas descompuestas de W, que las designaremos como T y N (paralela y perpendicular a dicha línea), de la siguiente manera:

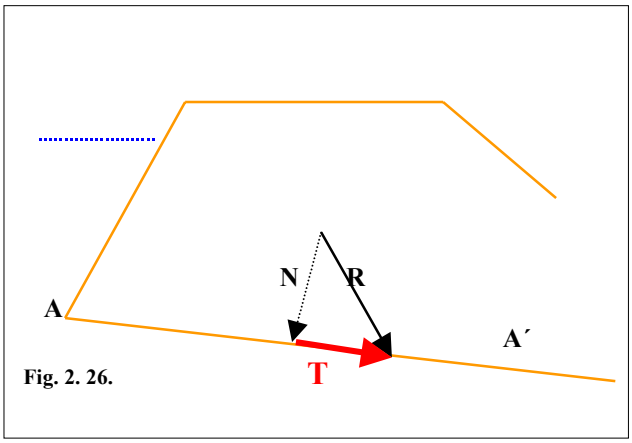


Fig. 2. 26.

La fuerza T tiende a hacer deslizar la parte superior hacia la derecha.

A esta fuerza se le opondrá la fuerza de rozamiento que será proporcional a la componente "N" normal al plano, siendo el factor de proporcionalidad K = tg · α, donde α es el ángulo de rozamiento entre los dos sólidos.

Si esta junta no es abierta, sino un plano de contacto entre dos sólidos unidos por un aglomerante, existirá una cohesión que colaborará con el rozamiento frente al deslizamiento.

La condición para que no se produzca dicho deslizamiento será:

$$T \leq N \cdot \operatorname{tg} \alpha + \mathbf{c \cdot s.} \qquad \text{(Fla. Nº. 39).}$$

Siendo:

c.- cohesión.

s.- superficie en contacto.

Esta sería la condición estricta de estabilidad, pero como es natural, la Instrucción exige un coeficiente de seguridad.

Realmente son dos, pues se tiene mucha más confianza en la contribución del rozamiento que en el de la cohesión que pueda existir o a veces desaparecer en algunos supuestos. En definitiva la ecuación queda:

$$T \leq N \cdot \operatorname{tg} \alpha \ / \ \mathbf{K1} + c \cdot s \ \mathbf{/ \ K2.} \qquad \text{(Fla. Nº. 40.)}$$

Los valores de los coeficientes de seguridad son para:

- Situaciones normales K1 = 1,5 y K2 = 5.
- Situaciones accidentales K1 = 1,2 y K2 = 4.

5.2.2.1. Comprobación al deslizamiento.

Siguiendo el ejercicio anterior (5.2.1.4.1.), comprobemos el deslizamiento, con una C = 2.200.

Se ha de comprobar que las fuerzas que provocan el deslizamiento sean menores que las fuerzas que se oponen al deslizamiento y dividida por el coeficiente de seguridad al deslizamiento. Es decir comprobar que el factor de seguridad es mayor que 1.5.

$$Fd = ((Pt + Wv) * tg\varphi + C * base)/Ww \geq 1.5$$

$$Fd = (192.371 * 0.5 + 2.200 * 19) / 12.500 = 11 > 1.5$$

Luego las fuerzas que provocan el deslizamiento son menores que las fuerzas que se le oponen.

6. DESLIZAMIENTO E INESTABILIDAD EN LOS TALUDES.

Habíamos avanzado algo en el artículo anterior, definiendo el estudio de estabilidad de los taludes, como el más básico a incorporar en un Proyecto y realización, conforme la Instrucción de la normativa de Grandes Presas y fundamentalmente, en aquellos que no poseen láminas.

Es necesario incluirlo en el caso de impermeabilización con láminas de "plásticos", puesto que de las infiltraciones que se pueden producir, es nefasto y peligroso, el derrumbe del talud interior al apoyarse sobre la solera y formar una bolsa que deforma y puede provocar desgarros del material por el peso ocasionado (panzas de burra).

En general, se establecen dos hipótesis de cálculo: Embalse lleno y desembalse rápido.

Para el embalse lleno se calculará el talud exterior, denominado en presa como el de aguas abajo.

Para el desembalse rápido se calculará el talud interior (de aguas arriba).

Esta situación de hipótesis son las más desfavorables.

a) Embalse lleno.

Las fuerzas que actúan sobre el talud son:

- Peso propio, a favor del deslizamiento (M).
- Rozamiento (fricción entre las partículas), dado por el ángulo de rozamiento interno φ (F) y la cohesión "C", en contra del deslizamiento.
- El agua embalsada ejerce un empuje sobre el talud interior (W), desestabilizándolo.
- El agua filtrada que escurre a través del talud aguas abajo, se almacena en los huecos del terraplén y ejerce una presión de filtración. Esta presión aumenta la estabilidad del talud aguas arriba.

b) Desembalse rápido

- Peso propio, a favor del deslizamiento (M).
- Rozamiento, dado por el ángulo interno φ (F) y la cohesión "C", en contra del deslizamiento.
- Desaparece el agua embalsada, por consiguiente la presión sobre el talud.
- Se disminuye la presión de infiltración, lo que beneficia el talud exterior.

En el talud del interior, ha desaparecido la presión en las paredes debida al agua, la densidad del talud aumenta conforme se va secando y puede desestabilizarse, por tanto, es el momento más crítico del talud interior.

Al llenar el embalse, además de las fuerzas M, F y C, enumerada anteriormente, actúa además la presión de agua "W" en el sentido que se posiciona en la figura (inclinadas) en un sentido proporcional a la profundidad y que ejercen dos situaciones:

1) En el talud aguas arriba, el agua embalsada ejerce un empuje que tiende a desestabilizarlo.
2) En cambio, en el talud externo (libre, aguas abajo, etc.), el agua que se cuela por los poros libres del terraplén, ejerce una presión debido a la filtración, que aumenta considerablemente en proporción a su gravedad, en forma de líneas curvas decrecientes que convergen cerca de la base del suelo.

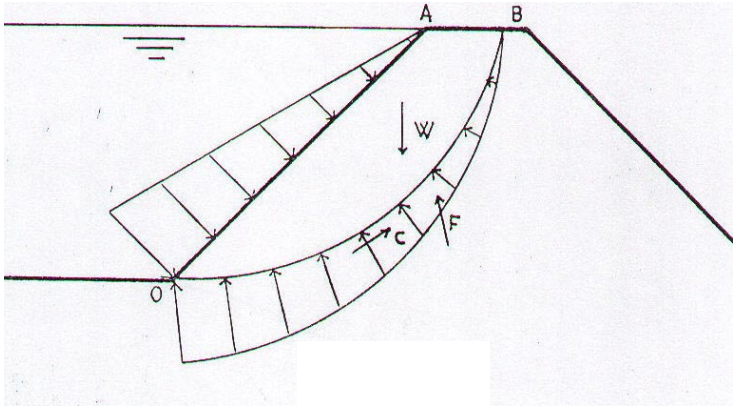


Fig. 2. 27.

Como consecuencia, tendremos que con el embalse lleno, la estabilidad del talud interno está asegurada porque en el peor caso se igualarían sus densidades (la del agua) y no tenemos problema. En un sentido contrario, el talud externo, reduce su seguridad a su condición de mínimos en el estado de máxima capacidad de llenado.

En la situación de lleno, el talud externo representa la condición más desfavorable.

Con objeto de simplificar el cálculo de estabilidades del talud interno, se puede suprimir el sistema de fuerzas inclinadas del agua (W) y supondremos que la masa de tierra a deslizar posee una densidad:

$$\gamma_{sumergida} = \gamma_t - \gamma_w.$$

Esta simplificación es correcta porque el sistema de fuerzas inclinadas está equilibrado con la zona de estudio del talud suponiendo que ésta tiene una densidad igual a la del agua. De todas formas el estado de embalse lleno no es la situación más desfavorable para el talud de aguas arriba, por lo que este cambio no le afecta. Vemos a continuación un caso más desfavorable.

Supongamos el caso de un desembalse rápido, de modo que desaparezca el agua embalsada (y como consecuencia, la presión sobre el talud) pero que todavía no ha comenzado a discurrir el agua almacenada en los poros del terreno del terraplén, manteniéndose por tanto la presión de filtración. Esto hace que el talud exterior se haga más estable que antes (balsa llena), pero que a la vez aumente considerablemente la tendencia al deslizamiento del talud interior.

Pasado un tiempo, el agua libre almacenada en los vacíos del terraplén se escurre gradualmente hacia la superficie y la estabilidad de ambos taludes aumenta.

Para realizar el estudio de estabilidades de taludes existen diversos métodos, siendo los más empleados:

- **Método de Hoeck y Bray.**
- **Método de Bishop.**
- **Método de Fellenius o del circulo sueco.**
- **Método de Taylor**.

6. 1. Método Hoeck y Bray.

Parte del supuesto que en el cuerpo del terraplén no exista filtración alguna y que los coeficientes de seguridad a emplear en la hipótesis de cálculo para materiales homogéneos formados por elementos granulares sueltos, compactados, son:

Distintas fases de construcción:
Con sismo: 1
Sin sismo: 1,2

Embalse lleno:

Con sismo: 1,3
Sin sismo: 1,4

Si la balsa está impermeabilizada y sin filtraciones, no es necesario el cálculo de desembalse rápido.

Característica de los materiales existentes ó aportados para cimentación así como los constituidos en la formación del terraplén:

Material de cimiento:
Material de talud terraplén:
Construcción:

Los datos a considerar son la densidad, cohesión y el ángulo de rozamientos, datos que son facilitados por el laboratorio en el estudio geotécnico realizados en el campo y en el laboratorio.

Características geotécnicas del terreno:

Cohesión: C = 20 t/m^2 (más desfavorable).
Angulo de rozamiento interno = 34º.
Resistencia a compresión simple qu = 6,73 Kg/cm^2.
Densidad aparente Ψap = 1.9 t/m^3.
Humedad natural Wn = 14 %.
Coeficiente de permeabilidad K = 5,2 x 10^{-5} cm/s.

Estudio

Manual de taludes del IGME, ábacos de cálculos de estabilidades.

Realicemos un pequeño estudio con los siguientes datos de partida:

H.- altura de la balsa. Supuestamente 10 metros de altura.
B = º talud interior / talud exterior. 2,5:1 / 1,5:1. 22º / 34º.
Cohesión: C. Difícil de estimar. Si posee material plástico, arcillosos, podría estimarse en 5 t/m^2.
Ángulo de rozamiento interno = 34º (gravas arcillosas).
Densidad material: 1,9 t/m^3

A) Talud interior:

En primer lugar se procede al cálculo de la cohesión y el ángulo de rozamiento interno minorados (Cm y OMM) con un coeficiente de seguridad de F = 1.5.

Cm = Cohesión material / 1.5 = 34/1,5 = 13,33 t/m^2.

OMM = Angulo rozamiento interno material / 1,5 = por ejemplo = 34/1,5 = 22,66º.

A continuación se calcula el parámetro adimensional:

(Cm / γ'ap) · H · tg 22º (talud 2,5:1) = 0,39 ·

Entrando con éste dato en el ábaco más parecido a las condiciones de humedad de nuestro caso, comparamos el valor que nos dé y en la intersección de la curva correspondiente con el ángulo de rozamiento de nuestro material, sin aminorar, en nuestro ejemplo 22º, obtenemos que tg Om / FS = 0,16, despejando resulta FS = tg 22 / 0,16 = 4,2. perfectamente estable

B) Talud exterior en terraplén.

Construyéndolos con grava arcillosa, con C = 3 t/m^2. tendremos

(Cm / γ'ap) · h · tg 34º. = 0,26; F = 2,6

Terraplén perfectamente estable.
Si el terraplén se construye con los limos arenosos y arenas limosas, en el peor de los casos, tenemos:

$$Cm / \Psi ap \cdot H \, tg \, Om = 0.14.$$

Con O = 34º, obtenemos que tgOmFS = 0,35, despejando resulta FS = 2,1 perfectamente estable.

6. 2. Método de Bishop.

Se divide la masa deslizante en fajas verticales y se determina el coeficiente de seguridad F, hallando la relación entre los momentos respectos al centro del círculo (supuesta rotura circular), de las tensiones tangenciales máximas resistentes que se pueden desarrollar, por un lado, y de los pesos de cada una de las fajas en que se ha dividido la masa, por otro. De esta relación obtenemos la siguiente fórmula compleja, mediante la cual y por aproximaciones sucesivas, podremos determinar el valor de F, para cada circulo.

$$F = \frac{1}{\Sigma \Delta \operatorname{sen} \alpha} \Sigma \left[C' \cdot \Delta x + (\Delta w - u \cdot \Delta x) \cdot tg \, \varphi' \right] \frac{\sec \alpha}{1 + tg \, \varphi' \cdot tg \, \alpha / F} \qquad (Nº. 41)$$

Donde:

F.- Coeficiente de seguridad.

Δw.- Peso total de cada faja.

Δx.- Anchura de cada faja.

C´.- Cohesión efectiva.

φ'.- Angulo de rozamiento interno efectivo.

α.- Angulo que forma el radio del circulo en cada faja con la vertical.

u.- Presión intersticial en cada faja.

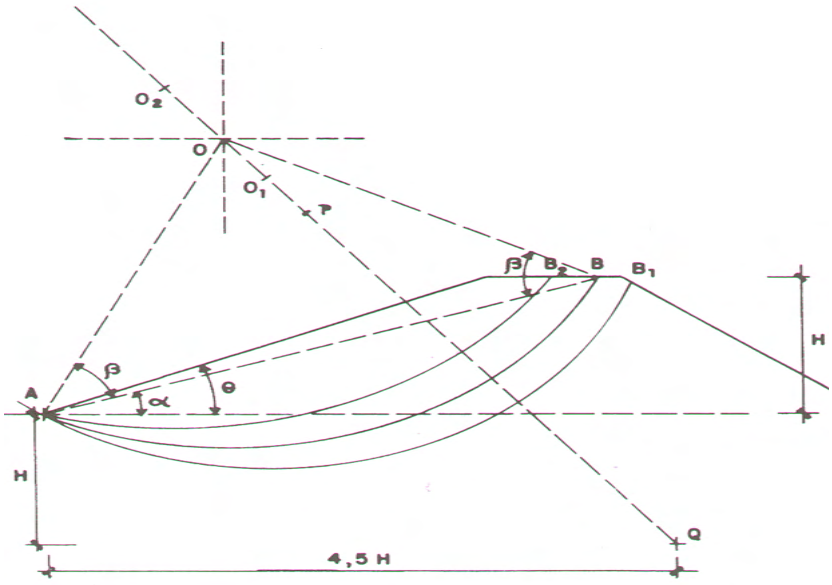


Fig. 2.28. Circulo critico a pie de talud. Método Bishop.

Para cada centro elegido, existen infinitos círculos posibles de deslizamiento, siendo el pésimo aquel que tenga F mínimo. Después se pasa a elegir otros centros de deslizamiento y se procede del mismo modo. Como resultado obtenemos una nube de puntos con determinados valores de F determinados, escogiendo como centro del círculo aquel que tenga F mínimo.

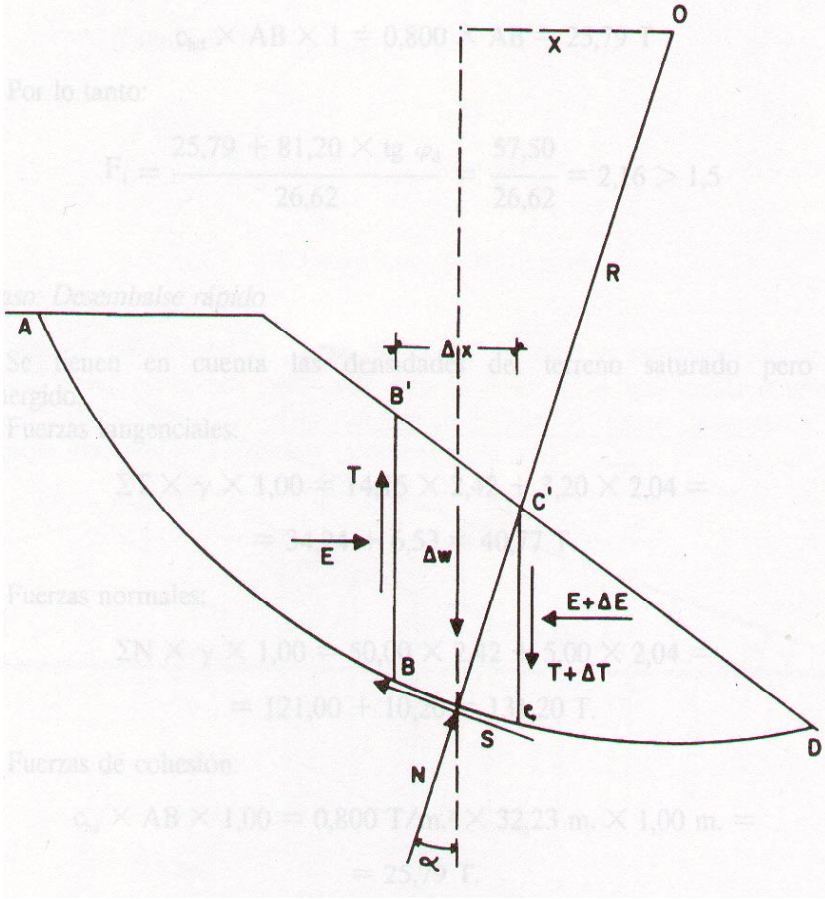


Fig. 2.29.

Los coeficientes de seguridad exigidos por la Instrucción Española de Grandes Presas, son:

F > 1,3 para taludes interiores.

F > 1,4 para taludes exteriores.

En la práctica los autores recomiendan un valor de F ≥ 1,4. En definitiva, la comprobación de estabilidad en el método de Bishop consiste en comparar el valor mínimo obtenido de F con el recomendado anteriormente. Si el valor de F mínimo obtenido es mayor que el señalado, la estabilidad está asegurada.

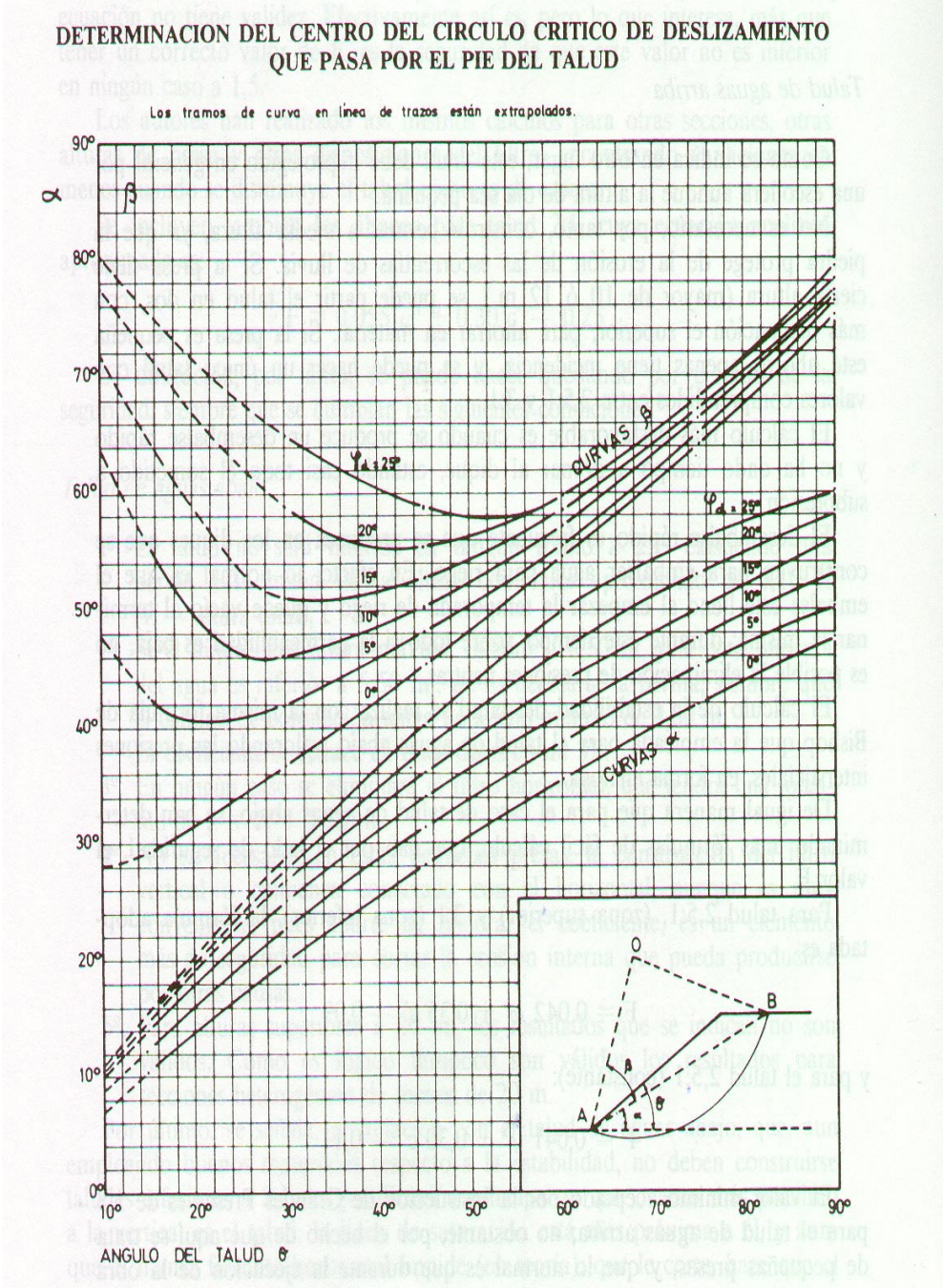


Fig. 2. 30. Ábaco de Bishop.

Hay simplificaciones para localizar el centro 0 del circulo crítico de deslizamiento a partir de θ y φ_d (método de Post y Londe) para determinar las presiones intersticiales.

Existen además unos ábacos en los que, de modo inmediato, se obtiene el valor de F para un rozamiento interno y cohesión determinada, aunque estos están realizados para un caso determinado (una altura e inclinación de talud dada, una anchura de coronación, una longitud de filtro, etc). Las curvas se asemejan a rectas de las que se muestran a continuación son válidos sólo para taludes de 20 metros de altura total, con 17,5 metros de altura de agua y la inclinación que se indica en la figura, con una berma de longitud 0,15 · H y un filtro horizontal de longitud H + 1,5. La densidad Proctor considerada ha sido de 2 t/m^3. Cabe pensar que, como es lógico, para otras secciones tipo, éstos ábacos no tienen validez.

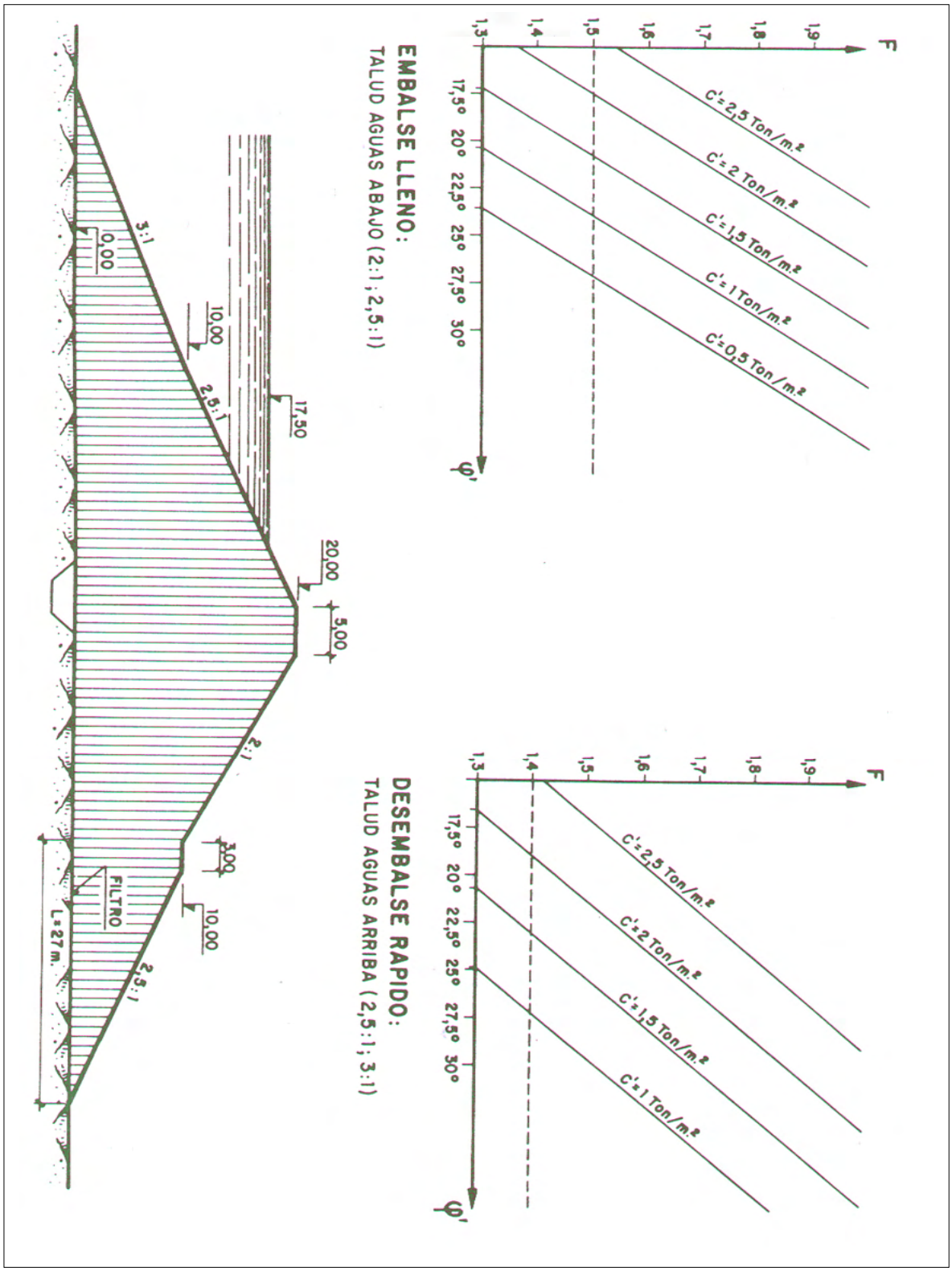

EMBALSE LLENO:
TALUD AGUAS ABAJO (2:1; 2,5:1)
DESEMBALSE RAPIDO:
TALUD AGUAS ARRIBA (2,5:1; 3:1)
F
φ'
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
17,5° 20° 22,5° 25° 27,5° 30°
C'=2,5 Ton/m.²
C'=2 Ton/m.²
C'=1,5 Ton/m.²
C'=1 Ton/m.²
C'=0,5 Ton/m.²
3:1
10,00
2,5:1
17,50
20,00
5,00
2:1
3,00
10,00
2,5:1
FILTRO
L=27m.

Fig. 2. 31.

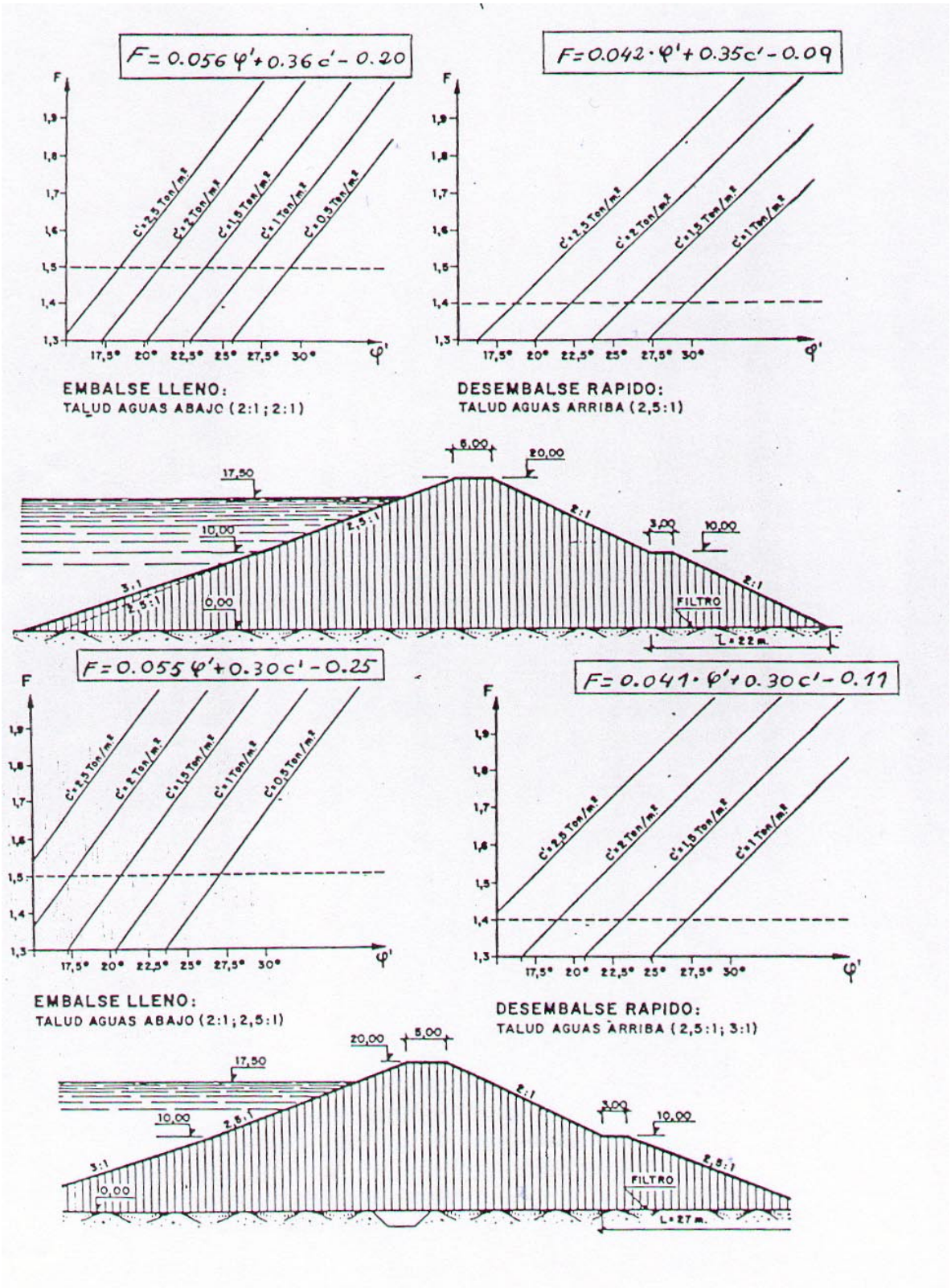


Fig. 2.32

En general, lo que nos interesa, más que tener un valor exacto de F, es la seguridad de que éste valor no es inferior en ningún caso a los determinados por la IEGP.

6. 3. Método de Fellenius o del círculo sueco.

Este método, basado en la rotura circular, comprueba la estabilidad del talud, al igual que el de Bishop, comparando el coeficiente de seguridad F calculado con un valor de 1,5. La diferencia estriba en que F se obtiene a partir del equilibrio de fuerzas entre las que están a favor y en contra del deslizamiento para cada faja o rebanada en que se divide la superficie de deslizamiento. De éste equilibrio se obtiene la siguiente fórmula:

$$C_T = \frac{C_{od} \cdot \text{arc CD} + \sum (N) \cdot \text{tag } \varphi_d}{\sum (T)} \qquad \text{NC. 42.}$$

Siendo:

a) El numerador representa las fuerzas que se oponen al deslizamiento:

- C_D · arco CD cohesión disminuida a lo largo del arco CD (correspondiente a los puntos de intersección del talud A y B).
- N · tg φ_d , La fuerza normal en rozamiento entre la superficie que desliza y aquella sobre la que se desliza.

b) El denominador, representa el sumatorio de la componente tangencial (T) del peso (M) de cada rebanada que tiende a deslizar.

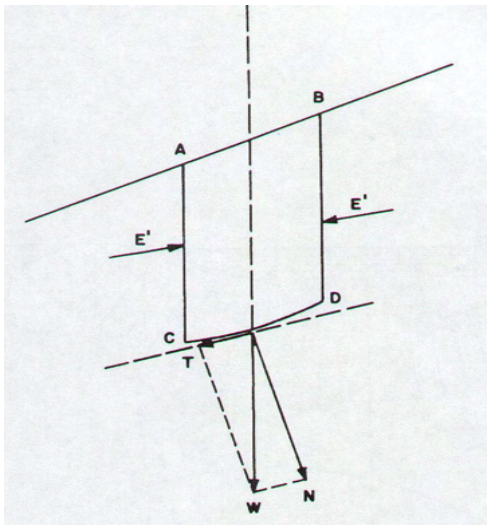


Fig. 2. 33.

Para el cálculo de F puede emplearse un método gráfico, en el que se divide un croquis a escala del talud en n fajas de igual anchura y representamos para cada faja su peso M, a una escala determinada. Descomponiendo cada M en su tangente y su normal se obtienen los valores de N y T, que junto a los valores de la cohesión y el ángulo de rozamiento minorado sustituyo en la fórmula de F.

6. 4. Método de Taylor.

En la práctica, tanto el talud de aguas arriba como el de aguas abajo se prefijan de antemano, de modo que el perfil del dique queda diseñado previamente. La comprobación de estabilidad del talud se realiza comparando la inclinación θ de los taludes prefijados con la inclinación máxima posible que me permiten las características geotécnicas del terreno con que construiré la balsa. Por lo tanto ya no comparo coeficientes de seguridad (F) como en los dos métodos anteriores, sino inclinaciones de talud.

Para el cálculo de la inclinación máxima posible a dar al talud se procede del modo siguiente.

Se considera que el talud es homogéneo, uniforme y sin filtraciones. Se desglosa el coeficiente de seguridad (F) en F_c y F_φ, siendo:

$$F_c = \frac{C \text{ existente}}{C \text{ necesario}}$$, el coef, de seguridad para la cohesión. (Nº. 43).

$$F_\varphi = \frac{tg\varphi \text{ existente}}{tg\varphi \text{ necesario}}$$, el coef. de seguridad para el rozamiento. (Nº. 44).

Se fija un valor igual para ambos de 1,5.

Se tiene:

$$C_d = \frac{C}{F_c}$$, cohesión disminuida. (Nº. 45).

$$tg\ \varphi_d = \frac{tg\ \varphi}{F\ \varphi}$$, ángulo de rozamiento interno disminuido. (Nº. 46).

Además se calcula el número de Taylor o factor de estabilidad dado por:

$$\xi = \frac{Cd}{\gamma h \cdot H} \qquad \text{(Nº. 47).}$$

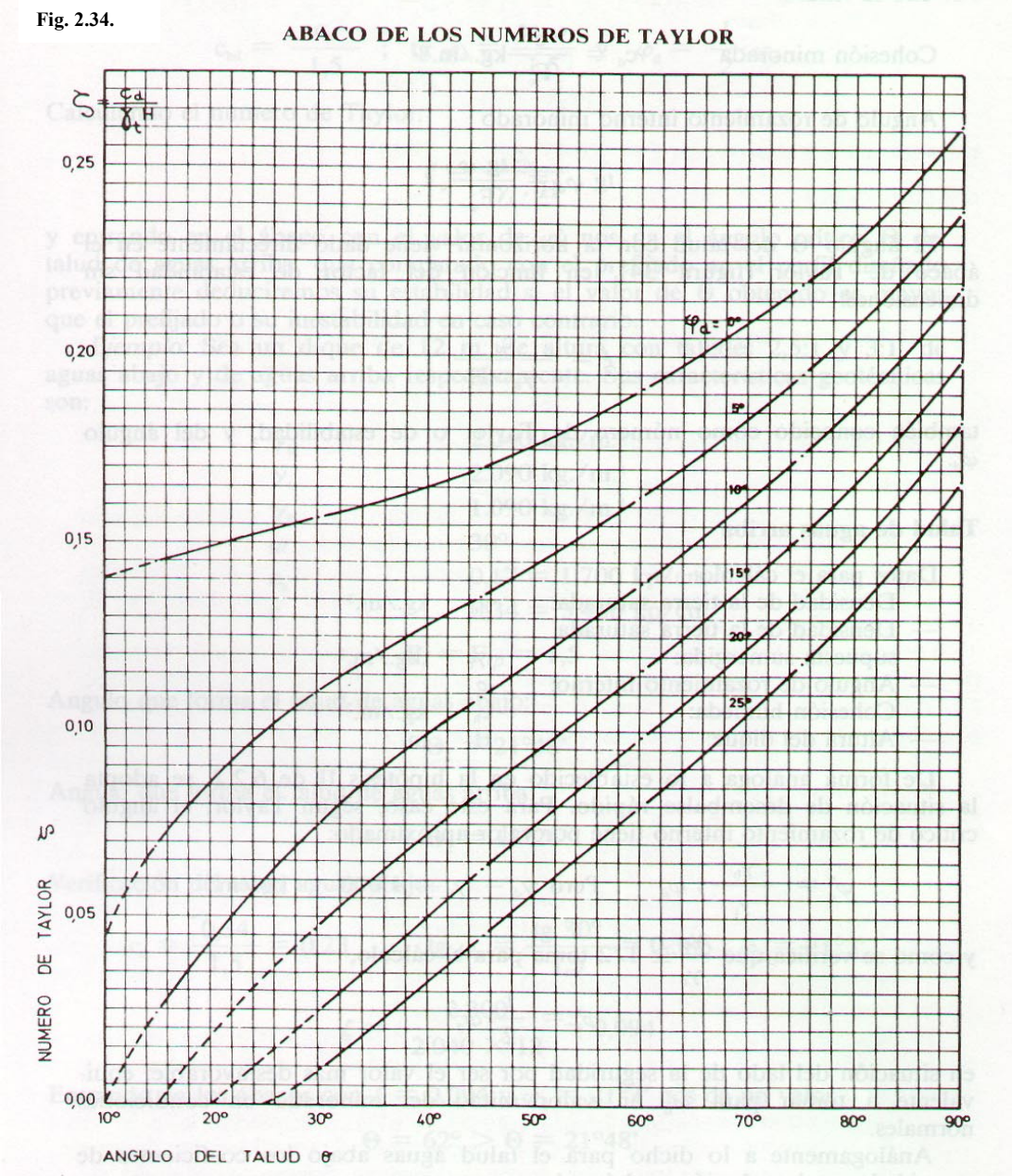
Siendo:

H.- La altura del terraplén (dique, en presas) en metros.

γh .- La densidad de la tierra húmeda en Kg/m^3.

Con el número de Taylor ξ y el ángulo de rozamiento interno disminuido φd obtengo directamente a través del ábaco de Taylor Fig. 2.34 el ángulo del talud máximo permisible.

Fig. 2.34.



Si el ángulo prefijado en mi proyecto es menor que el ángulo obtenido del ábaco de Taylor, el talud es estable. En caso contrario disminuiré el ángulo del talud hasta un valor inferior al dado por el ábaco de Taylor.

Taylor recomienda, para utilizar su ábaco, emplear los siguientes parámetros:

Hipótesis I : Balsa llena.

- C_{d}.- Coeficiente disminuido.
- γ_{h} .- Densidad de la tierra húmeda.
- φ_{d} .- Angulo de rozamiento interno disminuido.

Hipótesis II : Desembalse rápido.

- C_{hd} .- Cohesión húmeda disminuida.
- γ_{t} .- Densidad de la tierra saturada.
- φ'_{d} .- φ_{d} / 2

Al mojarse el suelo, éste se lubrifica y el rozamiento es menor. El valor de 1/2 se deduce:

$$\varphi_{d} = \gamma_{b} / \gamma\varphi_{t} \cdot \varphi_{d};$$ donde:

γ_{b} .- Densidad de la tierra saturada supuestamente sumergida.

γ_{t} .- Densidad de la tierra saturada.

De aquí podemos deducir que:

$$\gamma_{b} = \gamma_{t} - 1.000$$

$$\frac{\gamma_{b}}{\gamma_{t}} = \frac{\gamma_{t} - 1.000}{\gamma_{t}} = 1 - \frac{1.000}{\gamma_{t}} \geq \frac{1}{2} \qquad \text{(Nº 47).}$$

Tomamos el valor de 1/2 en la situación del lado de la seguridad por ser el valor más desfavorable.

6. 5. Consideraciones sobre efectos sísmicos en los cálculos de inclinación de taludes.

Además de dotar de una estabilidad funcional los taludes, éstos sufren un incremento de su ángulo, si se encuentran en una zona sísmica donde se construyen, según el siguiente mapa.

Las zonas sísmicas en la Instrucción de Grandes Presas, establecen las siguientes categorías:

- Zona baja: Aumento del talud entre 0-5%.
- Zona media: Aumento del talud entre 5/10%
- Zona alta y de gran riesgo: Más de un 10%, según criterio técnico.

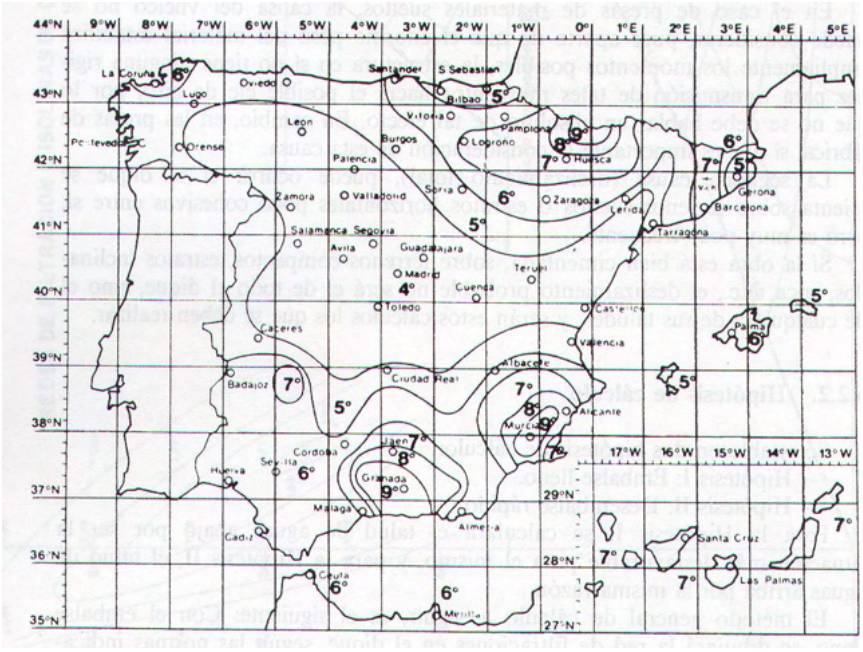


Fig. 2.35. Mapa de sismografía.

El coeficiente de seguridad, **Cs = tg ϕ / tg (α + v).** (Fla. Nº. 48).

Donde:

- ϕ.- Angulo de fricción interna del material.
- α.- Angulo del talud con la horizontal.
- V.- Arco-tg equivalente de la acción sísmica (por. Ejemplo un 10% se corresponde con 5,7º).

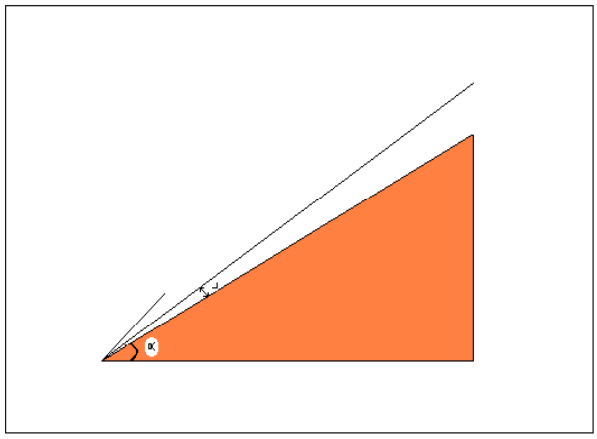


Fig. 2. 36. Incremento de ángulos en talud.

Este coeficiente de seguridad teórico, se incrementa con el porcentaje de anulación de la igualdad y debe ser suficientemente alto, para tener seguridad, pero a veces, es insuficiente éste cálculo cuando el material de construcción es del tipo arcilloso y si además lo añadimos como elemento impermeable.

6. 6. Ejercicios prácticos del cálculo de estabilización de taludes.

Método Taylor.

Prefijaremos el talud aguas arriba y aguas abajo, comparándolos con la inclinación máxima posible que me permiten las características geotécnicas del terreno. Los coeficientes de seguridad serán para la cohesión (F.c.) y para el rozamiento (Fφ) con un valor de 1.5 para ambos.

B base del talud: x m (donde x sea igual a 19 metros)

H altura del embalse: y m (donde y sea igual a 5 metros)

Dh densidad tierra húmeda: 2320 kg./m^3

Dts densidad tierra saturada: 2390 kg./ m^3

φ Ángulo de rozamiento interno: 28º

C cohesión: 2200 kg./m^2.

Ch cohesión húmeda: 1100 kg./m^2

Angulo talud aguas abajo: 45º, 1/1

Angulo talud aguas arriba: 26.5º, 2/1

Cd cohesión disminuida.

φd ángulo de rozamiento interno disminuido.

ξ número de Taylor o factor de estabilidad

Verificación del talud aguas abajo:

Cd = 0.22/1.5 = 0.15

tgφd = (tg 26.5)/1.5 = 0.33, φd = 18.4

ξ = Cd / (H * Dh) = 0.13

Entrando en el ábaco nos da un valor de: 72º > 45º , luego es estable.

Verificación del talud aguas arriba:

Cdh = 0.11/1.5 = 0.0733

φ dh = 18.4/2 = 9.2º

ξ = Cdh / (H * Dts) = 0.07

Entrando en el ábaco nos da un valor de: 28º > 26.5º , luego es estable.

7. APLICACIÓN PRACTICA DE MODELOS CONSTRUCTIVOS.

Dependiendo de las características de la magnitud de la balsa, aplicamos distintos sistemas para realizar el diseño adecuado y correcto con la siguiente base:

a) Pequeñas balsas. < 50.000 m^3.
b) Medianas balsas: 50.000/100.000 m^3.
c) Grandes balsas > 100.000

Sobre la base de éstas necesidades embalsadas, si no existen peligros, pueden establecerse diferentes necesidades de estabilización.

En el primer caso, en la a), presumiblemente no incorporamos mayor incidencia de éste capítulo, excepto los elementales de seguimientos constructivos de los análisis del laboratorio.

En el segundo apartado, podemos determinar parte de estudio básico de investigación sobre los asientos del terreno y su control de laboratorio geotécnico.

En el tercer apartado, corresponderá realizar siempre un análisis detallado de todos los aspectos descritos anteriormente, en éste capítulo, según preferencias y necesidades de la Dirección de Obra.

En cualquier caso, nuestra meta es, después de tener todos los aspectos de asentamientos, diseño, realizar una correcta compactación, para alcanzar el máximo peso por volumen, de la densidad en una palabra, corresponde realizar el diseño de la sección del terraplén y de éste, los taludes interiores y exteriores del embalse (en presas de tierras se les denomina aguas arriba y abajo), que tendrán que ser "estables", lo que se corresponde con la granulometría, su distribución en el comportamiento cohesivo del material (como están unidos) y el ángulo de rozamiento (como resbalan entre sí).

En las balsas donde no existen cantidades significativas de materiales homogéneos para realizar la impermeabilización ideal, se recurre a la técnica de sección heterogénea, donde se concentran en cantidades correctas en el llamado "núcleo" o parte central, interna del terraplén con dichos materiales seguros de su impermeabilidad y el resto con materiales resistentes y con menor impermeabilización. Este sistema de alojar en el interior la impermeabilidad del embalse, es debido a la posibilidad de derrumbe en el talud de contacto con el agua por diferencia de un menor coeficiente de rozamiento y por tanto, resbalaría si lo apoyamos en el talud. El núcleo es de considerable dimensión.

Si por el contrario, el sistema de impermeabilización permite el apoyo en el talud, le denominamos "pantalla", como puede ser un tratamiento bituminoso, apoyos de placas arcillosas arriostradas, etc.

El talud es la parte más importante en su comportamiento estable, lo que hemos definido como el éxito de la granulometría, de la homogeneidad del reparto de la mezcla de sus componentes. Normalmente suelen proyectarse en los interiores de forma tendidas, suaves, como 3:1 (3 metros en la horizontal y 1 metro en la vertical); 2,5:1 y en el talud exterior 1,5:1 ó bien 1:1.

A modo de orientación los terrenos clasificados en A-2-4 y A-4, podrían ser adecuados, siempre con densidad de Proctor mayor que 1,75 t/m^3. Permeabilidad superior a 10^{-6} m/s.

8. DESESTABILIZACION.

La posibilidad de modificaciones del contenido de humedad de los terrenos, su humectación, su conductividad hidráulica, su desecación, hace que varíe la composición estructural de su estado original, pudiendo dar lugar a cambios y modificaciones sobre los terraplenes y partes del terreno que forman el vaso del embalse, de ahí que interese conocer cómo nos puede influir en un sentido negativo, dando lugar a la desestabilización.

El terraplén del dique podemos considerarlo en cierta forma como un estrato homogéneo, donde las propiedades del suelo no varían según la situación de la capa de posición ocupada, no variando su permeabilidad en ningún punto de la formación.

Sin embargo, las zonas de terrenos naturales, de tránsito entre los naturales y los compactados, poseen diferentes propiedades de transmisión hidráulica, según porosidad, considerando éstos como heterogéneos.

Un estrato isótropo, es un estrato en el cual las características del suelo no varían con la dirección de la conductividad hidráulica, por ejemplo, sedimentos de arcillas, es homogéneo (sólo arcilla) y permeabilidad horizontal y vertical, idénticas. Es anisótropo cuando varían, por ejemplo, un suelo, que esté formado por arena y grava (heterogéneo) donde poseen mayor conductividad hidráulica horizontal que en sentido vertical.

En general, consideramos los materiales de trabajos como isótropos y homogéneos, de características conocidas y los del subsuelo, casi siempre anisótropos y heterogéneos, donde nos interesa conocer cómo puede fluir el agua del subsuelo y conocimiento de la misma.

9. INFORMES Y ESTUDIOS.

Según los momentos:

a) **Previos (ANEXOS DE LA MEMORIA DEL PROYECTO).**

- **Informe de laboratorio.**
- **Datos climáticos, sísmicos, etc.**
- **Ensayos del laboratorio.**

Realizados los sondeos, catas abiertas, tomas superficiales de muestras del terreno, etc., se conducen al laboratorio con suficiente identificación de trazabilidad (nº. de muestra, señales de ubicación en planos, nº. de estaca de referencia, etc) y se procede a su elaboración.

Las pruebas del laboratorio del material existente, se conducirán a realizar un análisis químico, físico, Proctor, cohesividad, etc.

Suele realizarse el estudio basado en el Mapa geológico de la zona, IGME para ver estratos, litologías, datos de estudios de estabilidades, ausencias de fallas, etc, pero es más importante aún, que se haga una inspección por el facultativo o especialista, por la zona, describiendo las afloraciones de rocas, tipos de terrenos, etc, según experiencia, más que un simple modelo descriptivo de localización en la hoja correspondiente.

El acompañamiento de las características de situación con el Mapa sismografico de la zona, datos climáticos, dirección predominante de los vientos, etc.

b) **En construcción.**

Los análisis posteriores, se realizaran de acuerdo con las especificaciones recogidas en el Pliego de Condiciones Técnicas, Control de Calidad de la Empresa, etc,.

Capítulo 3.

IMPERMEABILIZACION DE BALSAS.

Vino el invierno al fin. Volvió esta vez muy bravo, enfurecido, dispuesto a ganar a la seca mano, de tal modo llovía. Rebosaban los manantiales, bajaban los arroyos colmados de la sierra, picaba el agua las lagunas de sendas y carrales, arrancando broza y adobes, musgos y jaramagos. El viento, tibio al atardecer, empujaba negros ejércitos de pesadas nubes que chocando entre sí como redondos pedernales, alumbraban el cielo con repentinas luminarias. Era otro día del juicio (...). Los pájaros buscaban cobijo ruin en aleros y tejados, se les veía sacudir las plumas, espantando el agua, buscando refugio lejos de sus nidales".

Extramuros. Argos-Vergara, Barcelona, 1.978, Págs. 94-95.

J. Fernández Santos.

1. INTRODUCCION.

2. IMPERMEABILIZACION POR MEDIOS NATURALES.

2.1. Límites exigibles para poder utilizarse.

2.2. Conductividad hidráulica.

2.3. Aplicación de barreras impermeables.

2.4. Arcillas, características y grupos.

2.5. Modificación de la estructura plástica.

2.6. Estabilización de materiales plásticos.

2.6.1. Dosificación.

2.6.2. Compactación.

3. IMPERMEABILIZACION ARTIFICIAL.

3.1. Introducción.

3.2. Definición

3.3. Clasificación.

3.3.1. Geomembranas.

3.3.2. Geotextiles.

3.4. Impermeabilidad.

3.5. Relaciones de la lámina con el medio.

3.5.1. Físico.

3.5.2. Clima.

3.5.2.1. La luz.

3.5.2.2. La temperatura.
3.5.2.3. Composición del aire.
3.5.2.4. El viento.
3.5.2.5. El granizo.
3.5.2.6. La helada.
3.5.3. Biótico.
a) Flora.
b) Animales.

3.6. Propiedades.

3.7. Contracción térmica.

3.8. Cálculos justificativos.

4. QUÍMICA DE LOS PLÁSTICOS.

4.1. Principios básicos de química.

4.2. Etileno.

4.3. Caucho.

5. CLASES DE LÁMINAS.

5.1. Clasificación.

5.2. Geotextil.

5.3. Geomembranas más utilizadas.

5.3.1. Materiales laminados del tipo P.V.C.
5.3.2. Materiales laminados de elastómeros.
5.3.3. Láminas de polietileno.
5.3.4. Otras láminas.

6. GEOTEXTILES.

6.1. Propiedades requeridas.

6.2. Proceso de fabricación.

6.3. Materias primas de mayor uso.

6.4. Protecciones.

6.5. Conductividad hidráulica.

6.6. Proceso de diseño.

6.7. Cálculos justificativos.

6.8. Proyecto de construcción.

7. P.V.C.

8. P.E.

9. E.P.D.M.

10. SELECCIÓN DE LA LÁMINA IMPERMEABILIZANTE.

11. NECESIDADES A TENER EN CUENTA PARA SU INSTALACIÓN.

12. UNIÓN DE LA LÁMINA.

12.1. Uniones.

12.2. Máquinas, utensilios aplicados, etc.

12.3. Técnicas utilizadas.

12.3.1. P.V.C.

12.3.2. P.E.B.D.

12.3.3. P.E.A.D.

12.3.4. E.P.D.M.

12.4. Prueba de seguridad.

13. PROBLEMAS QUE SE PLANTEAN.

13.1. Diferencias de láminas, dispersión de criterios.

13.2. Vida útil.

13.3. Garantías.

13.4. Seguimientos.

14. MERCADO Y TENDENCIAS.

15. PRECIOS ORIENTATIVOS EN LA IMPERMEABILIZACIÓN.

1. INTRODUCCION.

La necesidad de contener el volumen almacenado, mediante un receptáculo impermeable, hace de éste requisito una necesidad imperiosa por diferentes motivos:

- Funcional, con el objeto de ser útil la reserva realizada, para su posterior uso.
- Seguridad, puesto que la filtración en terrenos no apropiados, ocasiona cambios estructurales de los terraplenes disminuyendo su estabilidad.

La forma del cuenco puede ser variable, como hemos visto en los distintos tipos de posibilidades de balsas, pero todos presentan en común el hecho de estar cerrados por un talud que bien puede estar excavado sobre el terreno natural, o bien se construye con materiales de la zona excavada y es lo que llamamos terraplén.

El terraplén, también lo vimos, se constituye por tres zonas bien diferenciadas: la cimentación; el cuerpo ó terraplén (puede llevar núcleo o pantalla impermeabilizante) y la coronación.

La impermeabilización de la balsa es la parte más esencial del Proyecto y el más básico, donde influyen dos aspectos:

- Capacidad posible de almacenamiento (volumen.
- Coste.

El volumen de agua influye sobre la filtración, en una correspondencia directa, más volumen mayor filtración, de ahí que la impermeabilización asegure la estructura, su estabilidad.

El movimiento de tierras a veces supone un costo del 50 % para formar el vaso. El otro 50 % (o más), se lo lleva la impermeabilización. Por ejemplo, costos del actual año 2.001, balsa para un volumen de 250.000 m^3, supondría unos 6.000 euros. Posiblemente 3.000 o menos corresponden al movimiento de tierras y los otros 3.000, se lo lleve la impermeabilización en el caso de la artificial. Si fuese natural, materiales de arcilla, sólo costaría 3.000 euros, puesto que al mismo tiempo que se construye se impermeabiliza.

Pero no es sólo la elección económica la que establece su elección, sino que a veces son los factores externos los que condicionan la elección del sistema de impermeabilización, como es la disponibilidad de materiales naturales, las condiciones del suelo, la meteorología de la zona, la geometría del soporte, las acciones a la que va a estar sometido la lámina contra la pared, etc.

También va cobrando importancia el análisis de su vida útil en los últimos años, así como el mantenimiento de la misma, al ser considerable la inversión realizada, lo que lleva a tener una idea del futuro de la elección y que debe estudiarse dentro del Proyecto original, mediante comparaciones de diferentes opciones.

En general, la fuerte expansión de éste tipo de obra ha desbordado las ofertas clásicas de la impermeabilización tradicional (arcilla, hormigón, productos asfálticos, etc.), visto en el capítulo 1, añadiendo en las dos últimas décadas un amplio abanico de posibilidades de materiales plásticos con un amplio historial de errores y fallos en sus antecedentes, ejemplo del PVC. Los actuales productos, con perfección de las técnicas, permiten mejorar sus resultados, sobre todo los económicos.

Es necesario conocer los métodos de impermeabilización existente, su manejo y exigir a las nuevas incorporaciones de materiales, ensayos rigurosos que garanticen sus resultados.

2. IMPERMEABILIZACION POR MEDIOS NATURALES.

Allí donde existan características apropiadas de terrenos de naturaleza plástica, emplearemos los materiales arcillosos como impermeabilizaciones.

Pero no todos los suelos cumplen éste requisito, pueden presentarse mezclados con otros suelos, como son las arcillas limosas, arcillas arenosas, complicándose aún más cuando los suelos son limo - arcillosos. Hay que tener certeza de que todo el conjunto reúnen los requisitos de tener un suelo impermeable, incluido naturalmente la solera del vaso.

2.1. Límites exigibles para poder utilizar suelos impermeables.

La bibliografía existente es muy extensa. Una breve descripción de preceptos a tener en cuenta, conforme las siguientes indicaciones:

En las características de la naturaleza del material arcilloso debemos tener en cuenta, para su elección, la superación de los ensayos señalados como:

- Cohesión > 0,75 Tm/m^2 (Jiménez Salas).
- L. Atterberg: LL<35, IP > 0,6.
- Coeficiente de vertical K de Darcy, inferior a 10^{-6} cm/seg.
- En la granulometría los espesores de tamaño máximo observados y que pasen por el tamiz 200 > 30%.
- Nada de materia orgánica.
- Densidad superior a 1,65 ó 1,7 Kg./l.
- Las limitaciones propias de humedad durante su construcción.
- Espesor a considerar.
- Necesidad de crear un armazón o estructura constructiva en el terraplén (zahorras).

En definitiva, saber de su comportamiento geotécnico, acompañado con el agua, demandándole una barrera impermeable, requisito que depende del tipo de arcilla, determinado a su vez, por sus propiedades físico-químicas.

Sin embargo, también necesitamos conocer su comportamiento frente otros aspectos, como la posibilidad de ser compactadas.

2.2. Conductividad hidráulica.

La conductividad hidráulica está influida por el grado de humedad empleada en la compactación, como se observa en siguiente cuadro, para la misma arcilla.

Contenido en humedad en compactación (%).	Conductividad hidráulica (cm/seg)
12	$0.5 \cdot 10^{-4}$
13	$0.2 \cdot 10^{-5}$
14	$0.7 \cdot 10^{-6}$
15	$0.8 \cdot 10^{-7}$
16	$0.85 \cdot 10^{-7}$
17	$0.9 \cdot 10^{-7}$
19	$0.95 \cdot 10^{-7}$

Tabla nº. 3. 1.

La representación mediante gráfica nos permite ver que sus representaciones son del siguiente modo:

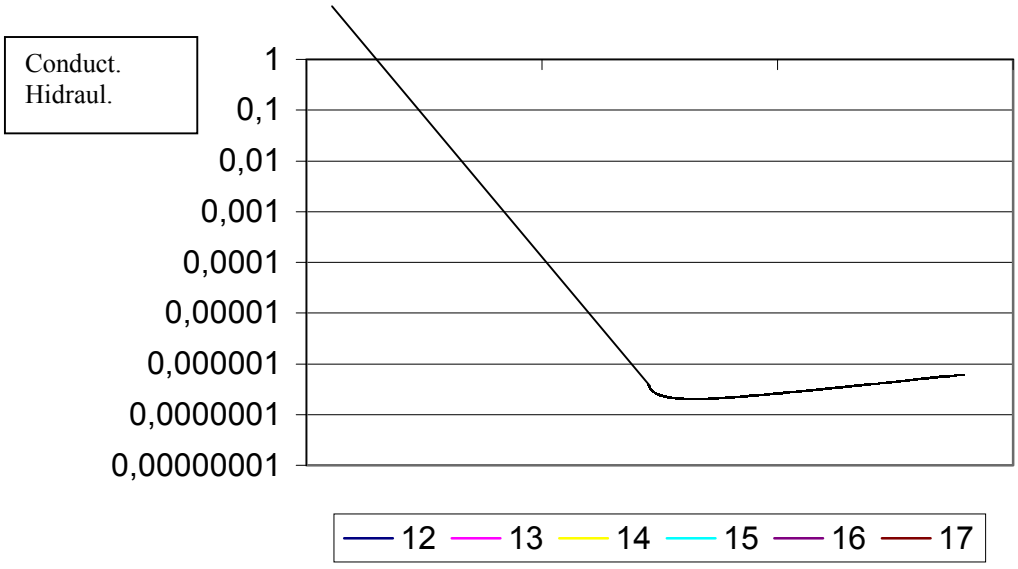


Fig. 3. 1.

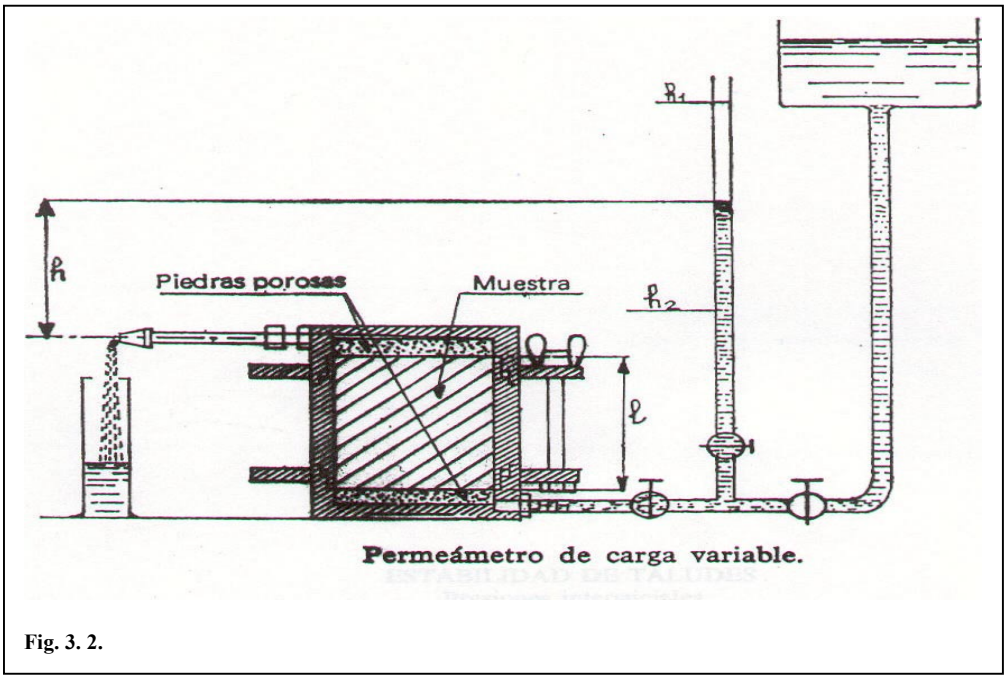
¿Los datos del laboratorio, son equivalentes a los reales del terreno?. Lo más lógico, es que no, diferencias que podrían ser del orden de 10 a 1000 veces mayor que el valor del laboratorio, por tanto, debemos procurar determinar la conductividad hidráulica real mediante pruebas de ensayos, al objeto de comprobar los poros reales existentes (agregados, macro - estructuras).

La distribución del comportamiento de los distintos suelos, respecto a su permeabilidad, según ensayos indicados, son los siguientes.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD m/s. K= 1. 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11} 10^{-12}						
CARACTERIS-TICAS DE DRENAJE.	BUENA			POBRE.	PRACTICAMENTE IMPERMEABLE.	
CLASIFICACION POR PERMEABILIDAD	ALTA.	MEDIA.	BAJA.	MUY BAJA.	PRACTICAMENTE IMPERMEABLE.	
TIPO GENERAL DE SUELO.	GRA-VAS.	ARENAS LIMPIAS	ARCILLAS FISURADA Y ALTERADA. / ARENAS MUY FINAS O LIMOSAS.	ARCILLAS PURAS.		
METODOS DE ENSAYO. DIRECTO.	PERMEA-METRO DE CARGA CONSTA-NTE GRANDE	PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE NORMAL	PERMEAMETRO DE CARGA VARIABLE.	CARGA VARIA-BLE EN EDOME-TRO.		
INDIRECTOS.	OBTENCION POR EL ANALISIS DE DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS.			POR DATOS DEL ENSAYO DE CONSOLIDACION		

Cuadro 3. 1.

Estos datos se obtiene del permeámetro de carga variable constante, como el siguiente dibujo.



Permeámetro de carga variable.

Fig. 3. 2.

2.3. Aplicación de barreras impermeables.

Actualmente existen estudios interesantes del comportamiento de los materiales, en estado de baja saturación, realizados por el CSIC, como candidatos a formar parte de las barreras de ingeniería de los futuros almacenamientos de residuos radiactivos de alta actividad y que podrían ser aprovechados para el uso que se propone. Las técnicas específicas de trabajo a utilizar son función de las características de retener agua el material, suelo, etc., investigado. Así, cuando los valores de potencial de retención del agua (matricial) están comprendidos entre 1 y 140 kg/cm^2, como ocurre con la mayoría de las arcillas, se aplica la técnica de traslación de ejes, mientras que en el caso de succiones totales (matricial y osmótica) superiores a 30 kg/cm^2, circunstancia que se da en las arcillas expansivas, los ensayos se llevan a cabo en desecadores a vacío.

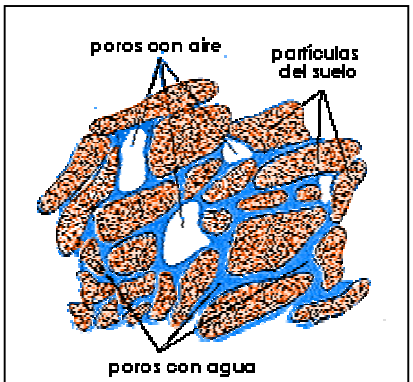


Fig. 3. 3

En la determinación de succiones entre 1 y 140 kg/cm^2, la muestra se sitúa en el interior de una celda de acero inoxidable diseñada para soportar la presión máxima de trabajo, aportada por una línea de nitrógeno de alta presión. La entrada y salida de agua de la celda se realiza a través de una piedra porosa, situada en su parte inferior, desde un depósito a la presión atmosférica provisto de una bomba para recircular el agua. Debido a las altas presiones necesarias para el intercambio de agua, es preciso colocar una membrana semipermeable sobre la piedra porosa e instalar un sistema que facilite la circulación de las burbujas de aire que puedan atravesar la membrana por difusión.

En el caso de succiones superiores a 30 kg/cm^2, la muestra, colocada en una cazoleta, se introduce en un desecador que contiene una solución acuosa de ácido sulfúrico para generar la humedad relativa deseada. El procedimiento se basa en que la presión del agua en el interior de los poros en el punto de equilibrio termodinámico, esto es, la succión del material, es función de dicha humedad relativa que, a su vez, depende de la concentración de la solución ácida, por lo que ésta debe prepararse con la máxima precisión. En ambas técnicas, la muestra se somete a diferentes succiones a una temperatura constante de 20º C, determinándose en ella la humedad de equilibrio alcanzada, lo que permite trazar las curvas de relación entre la humedad y la succión matricial o total.

Aspectos destacables:

En los rangos de succiones considerados, la relación succión-humedad, no se puede determinar con los métodos convencionales de tipo sicrómetro, por lo que es necesario recurrir a las técnicas descritas. Estas son también aplicables a materiales remodelables o tallables (suelo o roca). Los ensayos se pueden realizar a otras temperaturas situando los equipos en estufas de volumen suficiente y con un buen control de temperaturas.

2.4. Arcillas, características y grupos.

Suele ser normal, adentrarse en el terreno de las propiedades y perder la apreciación del origen que las motivó, sin preguntarnos ya porque ocurren tales hechos y cual es su naturaleza. La arcilla, está formada por diferentes minerales.

La arcilla es un coloide, con dimensión inferior a dos milésimas de milímetro (0,002 mm), cargada de electricidad, lo que permite adherirse a otros cuerpos con electricidad de signo contrario. Estas cargas eléctricas son de carácter anfótero, es decir, planos cargados con electricidad positiva y otros planos con electricidad negativa (cohesionadas) entre sí o con otros elementos, denominándose complejos.

La naturaleza de la arcilla, está formada por sílice (silicatos), compuestos de dos o tres láminas o mallas cristalinas de sílice (carga negativa) y alúmina (carga positiva) o sustituidos parcialmente por magnesio o hierro, y los álcalis y alcalinotérreos como constituyentes esenciales. Están colocados en oposiciones de caras o lados, a **distancias variables con la humedad,** temperatura y otros factores.

El estudio de las arcillas es muy amplio y promueve enorme interés científico (Clay Mineralogy), sólo exponer de forma breve su división clásica, dejando para experto la discusión de las mismas.

Los grupos o familias son:

- Caolinitas y Haloysytas (tierras rojizas).
- Montmorillonitas (tierras castañas).
- Illitas y Vermiculitas

1) La Caolinita, deriva de caolín, que es una corrupción de la palabra china Kauling, que significa collado alto, nombre de una colina cerca de Jauchu Fa de donde se extrae este material

2). La Montmorillonita, está formada por una capa de alúmina entre dos de sílice. Posee una separación ínter laminar en estado seco de 4,4 Ángstrom, que aumenta con la temperatura y con el grado de hidratación. La característica más destacada de los miembros de este grupo es su capacidad para absorber moléculas de agua entre las hojas, produciendo una marcada dilatación de la estructura.

La montmorillonita es el mineral de la arcilla dominante en la **bentonita** que es una ceniza volcánica alterada, y que tiene la propiedad poco común de aumentar de volumen varias veces cuando es sumergida en agua.

3). Las Illitas y Vermiculitas tienen elementos de tres planos de sílice y alúmina, con separaciones de 5 a 7 ⊕, que se dilatan poco con la hidratación. Constituyente de muchas pizarras arcillosas.

Los elementos de las diversas arcillas se apilan formando las partículas terrosas. Las illitas pueden convertirse en Montmorillonitas, y recíprocamente, mediante meteorización, todas pueden convertirse en Caolinitas, que es la forma más degrada de arcilla.

Los suelos contienen mezclas arcillosas de los tipos descritos: La Caolinita domina en suelos podzólicos y lateríticos, muy lavados por lluvias abundantes. En los suelos oscuros, existe asociación de Caolinitas con Illitas. Mientras que en los no lixiviados por el agua, suelos castaños, tierras negras contienen Illitas y Montmorillonitas.

2.5. Modificación de la estructura plástica.

El vaso de la balsa, impermeabilizada con productos naturales, no debe estar influida por modificaciones de su naturaleza. En todas las balsas existen pequeñas pérdidas de agua, por pequeñas que éstas sean, esto son aportes a la transmisión hidráulica, que posee la arcilla. Si se asumen éstas pequeñas perdidas y se realizan las correcciones convenientes, mediante construcciones de drenes, podemos estar cerca de un sistema seguro y eficaz.

Pero puede ocurrir que el material no llegue a cumplir las exigencias requeridas. ” Es algo plástico y mantiene interés ”, pero no es aceptable con los resultados del laboratorio. ¿Qué podemos hacer?.

En el caso de tener que disminuir su conductividad hidráulica al objeto de potenciar su cohesión, se utiliza la **bentonita**, cuyo constituyente arcilloso es la montmorillonita (esmectita). La bentonita añadida varía el suelo a una alta plasticidad.

La mezcla de bentonita, con el material "in situ", reduce la conductividad hidráulica y aumenta la capacidad de adsorción de los materiales autóctonos, debiendo cumplir con un índice de hinchamiento, superior al 100%.

La cantidad a mezclar con el suelo es variable, dependiendo de la composición del mismo. Suele oscilar entre un 10/20 % del peso seco sobre la dimensión de la barrera diseñada, debiendo ser perfeccionada por experiencia. La **mezcla** debe realizarse seca, incorporada en sucesivos pases de gradas y de volúmenes bajos y sucesivos de material en polvo, para favorecer un reparto homogéneo.

La bentonita se caracteriza por sus estructuras iónicas del tipo catiónico, de sodio (ó cálcica en las fabricadas), con una capacidad de intercambio catiónico, aproximado de 100/150 mili equivalente por 100 gramos de suelo seco, respectivamente. En las reacciones posibles de iones del agua embalsada, si estas son duras, puede cambiar el sodio por el calcio, variando su estructura impermeable, por lo que debe ser considerada.

En España, son abundantes los depósitos plásticos y pueden exportarse con nuevas tecnologías y en otras áreas, utilizando ayudas mediante láminas de geotextil, que mejoren la estabilidad del talud.



Geotextil para estabilización de talud y escollera posterior.

Foto 3. 1.

2.6. Estabilización de materiales plásticos.

Nos interesa compactar con la humedad óptima para disminuir la conductividad hidráulica con el equipo adecuado (insistiré más adelante en su construcción) y mediante la aplicación de técnica, para construir una barrera totalmente impermeable.

Actualmente no existe mucha aplicación de estos materiales en la construcción de balsas, excepto si son utilizados como materiales de soporte del mismo movimiento de tierra, desdeñando su aplicación en la impermeabilización debido a los fracasos estrepitosos de algunas obras. Es casi imposible considerar su aplicación en lugares alejados a sus yacimientos por el costo del transporte.

La forma de construir el terraplén, podría ser semejante a los utilizados en presa de tierra, donde un núcleo más o menos extenso, se ajusta en sus flancos, con material granular que proteja de fluctuaciones el material del núcleo. También mediante extendido de geotextil sobre el talud del terraplén de naturaleza plástica y pedraplén. (Foto 3.2.)

Podríamos resumir la estabilización como la intensidad de compactación y humedad necesaria en un material ideal, formado por áridos gruesos, finos, **arcillas**, en proporciones adecuadas, para resistir el empuje, el vuelco y la erosión de taludes, de forma correcta, así como la creación de un núcleo arcilloso en el terraplén, al objeto de impermeabilizar todo el vaso con una "**barrera de material arcilloso**", de espesor variable.

Es necesario: a) Dosis adecuada.
b) Compactación.

2.6.1. Dosificación.

Hablamos de granulometría y % de su composición.

El árido forma el "esqueleto", la parte resistente del terraplén y la arcilla, el material plastificante, ligante del árido, formando cohesión con el árido. Este conjunto forma una impermeabilidad teórica. Este conjunto se altera con la presencia de humedad y se hincha, desplazando a su vez a otros elementos, que después, en su desecación, dejan huecos por donde puede penetrar el agua en su nuevo llenado, debilitando el cuerpo del terraplén.

Si la arcilla está bien distribuida, de forma homogénea entre el árido, a la hora de humedecerse se dilata lo suficiente para encajar con los granos del árido sin desplazarlo y si conseguimos crear una humedad permanente, sin desecaciones, podemos tener asegurado la cohesión constructiva sin mayor problema. Sin embargo, la excesiva cantidad de arcilla aglutinada entre sí y sin unirse al árido ó bien con excesiva plasticidad, produce el debilitamiento de éstos paquetes en sus dilataciones / contracciones y provoca posibilidad de fisuras de entradas de agua, de ahí la necesidad de tener diferenciada la función de uno y de otros, núcleo con función impermeable y los flancos del terraplén, de estabilización.

2.6.2. Compactación.

El material del terreno natural, recibe el nombre de "densidad en banco", el arranque y el transporte del mismo, se llama "densidad aparente o de transporte" y el material convenientemente humedecido y compactado, se llama "densidad construida" ó simplemente compactación. Nosotros debemos elaborar una densidad construida ó compactada, superior a 1,75 t/m^3, con la técnica más adecuada, referida a la elaboración de Proctor Normal ó Modificado, según pase o se retenga por el tamiz nº 4.

Uno de los efectos que conseguimos es la cohesión del material, es la disminución del ángulo de rozamiento, es decir, impedimos que se muevan en los ajustes posteriores porque

tenemos menos huecos, más peso por volumen y añadimos el agua para realizar la saturación de los huecos con materiales finos, ayudando a la cohesión. Disminuimos el ángulo de rozamiento y realizamos la buscada "estabilidad", la falta de movimientos internos entre los distintos elementos que forman el cuerpo.

Hay que pensar que no siempre existen los elementos y proporciones compensatorias deseadas en nuestra excavación del vaso y terraplenes e incluso las tierras de los prestamos, no siempre reúnen dichas características y el transporte de los materiales es un inconveniente al encarecer su costo, así que debemos de realizar un análisis de nuestros materiales y adecuar técnicas que proporcionen buenos resultados, mezclándolos.



Foto 3. 2.

3. IMPERMEABILIZACION ARTIFICIAL.

3.1. Introducción.

Debido a la imposibilidad a veces, de disponer de un terreno que posea suficiente capacidad impermeable, se recurre a la técnica de revestir mediante láminas de material plástico, para conseguir la impermeabilización del mismo. Los sistemas existentes poseen diferencias en cuanto las características del material empleado, la forma de soldarlos, etc.

3.2. Definición.

Las geomembranas se caracterizan por ser láminas de poco espesor, flexibles, extendidas y de una gran impermeabilidad. En ellas predominan el carácter flexible, donde pueden experimentar deformaciones.

Se emplean con gran profusión para impermeabilizar balsas, así como otras obras como revestimientos de canales.

La función básica a desarrollar es la de impermeabilizar y después, la de resistir los esfuerzos mecánicos de servicio. Estos requerimientos se deben a su peso propio y eventualmente a la presión hidrostática, sobrecargas (de uso o de tierras), reacciones de soporte, solicitaciones reológicas, etc. Las funciones de sus características mecánicas, deben mantenerse a lo largo de la vida útil del elemento en el que se integran, por lo que la geomembrana debe tener una durabilidad mínima, correspondiéndose con la resistencia al medio ambiente.

Los materiales existentes actualmente en el mercado son, fundamentalmente caucho butilo, PVC, polietileno de alta densidad, etc. Cada material posee sus ventajas e inconvenientes.

3.3. Clasificación.

Son productos **geosintéticos,** clasificados en los siguientes grupos:

- **Geomembranas.**
- **Geotextiles.**
- Geomallas.
- Geocompuestos.
- Tuberías, etc.

3. 3. 1. Geomembranas.

Las geomembranas, son láminas flexibles e **impermeables.**

Son empleados en revestimientos de balsas.

Las geomembranas son confeccionadas industrias especificas, variando en sus composiciones. Sus propiedades están basadas, en series de formulaciones químicas de polímeros que dan lugar a los distintos tipos de laminas.

La forma de unir dichas láminas, sus reparaciones, su vida útil, responde a sus propiedades químicas. Cada una de estas láminas posee tendencias y perspectivas de mercado diferentes. Las modas se suceden en una dinámica de aciertos y errores, cambiando las tendencias según el comportamiento de la lámina. Los fabricantes de láminas están dominados por multinacionales, normalmente americanas, que dominan el sector. En otra consideración están las empresas que a pie de obra, montan las láminas, especializadas en dichas uniones. Si a todo esto unimos la Administración, los técnicos en la materia y los propios usuarios, con una serie de recomendaciones, experiencias, frustraciones, etc., tendremos un amplio abanico de opiniones, lo que induce a un mayor síntoma de confusión, sobre elecciones.

Las geomembranas más usadas: atendiendo a su composición química son:

- **Laminas PVC** (Normas UNE 53-402).
- **Láminas de elastómeros como la goma butílica**: (UNE 53-586).
- **Láminas de polietileno de alta densidad** - PEAD - (UNE 104-300/421/300).

Haremos una descripción de cada una de ellas, aclarando algunos conceptos relacionados con la misma.

3 .3 .2. Geotextiles.

Los geotextiles son también geosintéticos, pero a diferencias de los anteriores, son **permeables.**

Su función es suplir de una mayor resistencia a la geomembrana como base (evitando se incrusten piedras), colocándolo en el terreno como soporte de base, antes de la geomembrana, para evitar el contacto directo con el suelo. También se emplean como filtros de drenes y evitar las colmataciones del tubo drenarte. También suelen usarse para aguantar taludes inestables, aumentos del CBR, etc.

Están definidos por el Comité Europeo de Normas CEN TC 189, pertenecientes a la familia de los geosintéticos, visto al principio. Pueden ser de tejido, no tejido o tricotado, en forma plana, usado en contacto con suelo y/u otros materiales en aplicación geotécnicas y de ingeniería civil.

En el diseño por función se les exigen determinadas características que debe cumplir, según necesidades a definir en los proyectos (protección de geomembrana, dren), donde no basta pedir un gramaje, un peso de lámina por metro cuadrado. Hay que definir las características del producto, relacionados en la Norma Europea, según sea para uso de construcción de balsas (prEN 13.254) o características del drenaje (prEN 13.252).

3. 4. La impermeabilidad.

La principal propiedad que poseen las geomembranas es su impermeabilidad, que junto a su flexibilidad, constituyen el éxito del revestimiento.

Sin embargo no llegan a ser impermeables de modo absoluto, existe una mínima permeabilidad de los materiales que son casi inapreciable: Se han realizado pruebas de laboratorios con el fin de conseguir los valores de "K", coeficiente de permeabilidad de la fórmula de Darcy, cuyas dimensiones son de espacio recorrido en tiempo. En realidad no suelen considerarse en la práctica, sólo es a modo explicativo de su obtención, por los valores tan bajos que poseen.

V= "K" x I.

v.- velocidad del flujo.

K.- coeficiente permeabilidad.

I.- gradiente hidráulico.

El permeámetro que nos podría servir para hallar éstos valores, debe proveerse de sistemas de mínimas detecciones con técnicas sofisticadas para no invalidar los resultados apreciados en la mínima disminución de altura, teniendo que recurrir al auxilio de sondas electromagnéticas sensibles para apreciar la diferencia de altura de la lámina de agua.

Una vez salvados los obstáculos de recogidas de datos por el permeámetro, se constituye una base de lámina de 1 mm con una altura de 10 metros de agua, apreciándose una disminución algo menor a 1 mm de descenso de la columna de agua, al día. El coeficiente de permeabilidad de la membrana es de $K = 10^{-12}$ m/s.

I = 10 m.a.a./1 mm. (metro de altura de agua / 1 mm de lámina). = 10/0,001 = 10^4 m/m.

$V = 10^{-12} \cdot 10^4 = 10^{-8}$ m/s.

Si realizamos un pequeño cálculo sobre una lámina de superficie 1 m^2. tendríamos:

Vol. Infiltrado = 86.400 s/día · 10^{-8} m/s.= 0.000864 m^3/día = 0,864 litros/ m^2 en un día.

Queda considerando y suficientemente demostrado el valor asignado a "K", que se alcanza de modo práctico en la realidad. Si consideramos éste dato de pérdida con la que acontece en la evaporación, donde suele acercarse en el verano a 10 mm/día, observamos que es una décima parte del valor de la debida a la filtración por la lámina. Esta cuestión de importancia en pérdida la abordaremos como problemática y su posible aminoración mediante la aplicación de medidas técnicas en un solo capítulo, dada la importancia del mismo.

3.5. Relación de la lámina con el medio.

Está claro que además del contacto con el agua, donde no entramos en su composición química por entender que estamos empleando agua para riegos, tendremos la relación con otros factores que afectarán de forma desigual a la lámina, distinguiéndose:

- Medio físico.
- Medio biológico.

3.5.1. Medio físico.

Es el contacto de la lámina con el terreno donde se apoya en el vaso. En el talud, la lámina se apoya en pendiente, lo que posibilita "cuelgue" y por tanto, solicitudes de tracción sobre la parte superior, depositando la compresión en la zona de la solera del vaso, donde la lámina no posee otra solicitud que la de soportar el peso de la altura de agua, transmitiendo dichos esfuerzos al terreno natural del fondo de la balsa.

Si la terminación del perfilado del talud es deficiente, irregular, con piedras terminadas en aristas, máxime si son puntiagudas, terminaran incrustando dicha geometría sobre la lámina, que dependiendo de las propiedades de la lámina, de su elasticidad (recobrar su forma después de la solicitud), de su plasticidad (adquirir nueva forma), puede romper la zona afectada.

Si en la lámina se dan situaciones de contracción y dilatación, sobre dichas irregularidades del terreno, produce por fricción una debilidad de consistencia en la lámina. Estas situaciones se evitan al colocar una lámina de geotextil, para evitar dicho problema, sobre todo en los taludes, ya que el material de la lámina posee dos inconvenientes, por un lado está en mayor contacto con los factores climáticos y por tanto se verá más afectado y por el otro lado, el de estar sometido a la tracción del "cuelgue". La parte de apoyo en el talud es la más castigada y por tanto la de mayor necesidad en protección. Existen diseños de doble lámina de geomembrana, la inferior con función impermeabilizante y la superior, de protección con el medio, llamadas familiarmente "baberos". Esta última situación se realiza cuando la altura de calado es superior a los 15 ó 20 metros. Hablamos por tanto de una gran balsa.



Foto 3.3. Balsa de 1 Hm^3 en Orito. Sª Aguila. Alicante.



Foto. 3. 4. Embalse de las Salinas.

A veces, la imposibilidad de elección de terrenos, lleva implícito un añadido. Reaccionan los elementos químicos del terreno con la lámina, como suele ocurrir con los yesos (sulfatados), produciendo reacciones químicas indeseables.

En la foto del margen se muestra lámina estropeada por contacto de yesos.

3.5.2. Clima.

No es posible aislar la balsa, de la influencia del medio, del clima. Esta se relaciona con la posición geográfica, la altura sobre el nivel del mar. Hay que considerar en un análisis cómo afectan las condiciones externas y actuar de forma correcta al medio.

En general, podemos contemplar las siguientes incidencias:

3.5.2.1. Radiación solar. La luz.

La luz va a jugar un papel importante sobre los elementos estructurales de las cadenas de polímeros, pudiendo en algunos casos, reaccionar y modificar las estructuras moleculares. Esto creó serios contratiempos en el PVC, al cambiar también sus propiedades (perdida de plastificante, cuarteamiento de la lámina, falta de flexibilidad).

La radiación solar efectúa dos efectos: el llamado térmico y el de interacción con la estructura molecular de algunos elementos de la lámina.

La radiación solar posee tres grandes regiones de espectro, el ultravioleta cercano, inferior a los 380 nm, que corresponde a un bajo porcentaje de la radiación solar (2-4%), la segunda región podemos situarla en la del infrarrojo, cercano a longitudes de ondas de 730-1000 nm, que es la que proporciona la radiación térmica (50-60%) y por tanto aporta la temperatura (la de onda larga se produce durante la noche y es la perdida de calor de la superficie radiada durante el día). En tercer lugar, tenemos la radiación visible, de 380-730 nm (nosotros vemos en la región del verde, de 550 nm).

Estas radiaciones van a intervenir de diferentes manera, según la composición de la estructura de la lámina. Cuando la lámina se ve afectada por esta acción, se les conoce como "plásticos foto-reactivo" o bien, "foto-resistivo". Para proteger la lámina se procede en su fabricación, al añadido de aditivos, estabilizantes.

En el laboratorio se analizan las láminas que se ven influidas por la luz, indicando con un índice de valoración, la cantidad de perdida de sus propiedades físicas, el tiempo que tarda en su envejecimiento (cuarteado de la lámina, perdida de elasticidad), aplicando tratamientos de radiaciones intensivas sobre las mismas.

Las láminas con el tiempo, se degradan, como todos los seres que constituimos nuestra naturaleza con el carbono, siguiendo los ciclos de cualquier sistema orgánico.

La naturaleza del material está muy relacionada con las propiedades físicas como es el índice de fluidez, la viscosidad, etc., ligadas al proceso de fundición para ser fabricados. Estos procesos industriales llevan un matiz "oscurantista", para proteger patentes (por ejemplo, de cómo se enfríe el PEAD, la temperatura del agua, el tiempo de enfriamiento de la lámina, dependerá sus características). La fundición del material va a tener importancia en el rasgado, tracción, impacto, alargamiento, etc., que se acompaña con el espesor, así pues, nos encontramos en presencia de un material con una vida limitada. La efímera existencia del uso del PVC, alterado por la radiación UV, fue un duro principio de la caducidad en éstos materiales tienen. Es cuestión de tiempo.

Cuando se da la adherencia de costras, formadas por partículas de polvos sólidos sobre la lámina, ayuda a la protección de dichas zona. El efecto del sombreado para evitar la evaporación, de forma indirecta, viene a reducir la incidencia de radiación solar sobre la lámina, alargando su duración.

Hay que tener en cuenta, que los distintos elementos que formen la lámina, tendrá comportamientos diferentes con la radiación. El PEBD presenta una fuerte sensibilidad a la radiación de UV, afectando a la duración del mismo de manera negativa, si aplicamos un aditivo de Ni (entredichos), aminas Hals, negro de humo (cenizas), estamos mineralizándolo la lámina. Estos minerales protegen los polímeros de la exposición directa de radiación, evitan por tanto que se distorsione su estructura molecular.

Naturalmente, en el apartado anterior existe un costo. En el nuevo y complejo entramado de aditivos para evitar la degradación de la lámina, distorsionamos las características físicas de sus propiedades elásticas (dilataciones, contracciones), originando cambios secundarios como es la perdida de elasticidad por migración de plastificante, por tanto nos dará rigidez, cuarteos y más tarde, roturas de la lámina, como el triste caso del PVC-P, donde las correcciones añadidas para evitar la sensibilidad a la radiación UV, limitó la propiedad de su elasticidad, disminuyendo la duración de la lámina.

Hay estudios de seguimientos del comportamiento de láminas, llevados a cabo en Canarias por Blanco, Aguiar, Amigó, etc.

Podemos imaginar que no dura igual, una lámina impermeable en Murcia, que la otra en el Norte de España.

Dentro de una misma zona, también variará según la orientación de la balsa, según la exposición solar. Es conveniente buscar la orientación que incida en un menor grado, como es la Norte, mejor que la del Sur.

3.5.2.2. La temperatura.

¿ Cómo le influye a la lámina, el cambio de temperatura del día a la noche, del verano al invierno, de áreas en contacto libre con la atmósfera y mojada?.

Habrá por tanto una temperatura máxima y mínima a la que estará expuesta la geomembrana, para fijar las características a la que estará sometida la lámina.

La formación de hielo es grave, hablaremos más adelante de ella.

3.5.2.3. Composición del aire.

El butílo es el predecesor de la lámina al aire libre, que hoy nos parece natural. Pero el butílo se vio afectado por el ozono, dejándose de usar.

No sería extraño que la composición de gases derivados de una industria cercana, puedan afectar a otras láminas, dependiendo del grado de afectación en su composición.

En aquellas balsas cercanas a polígonos industriales, podrían incidir las emisiones de algunos compuestos gaseosos sobre la lámina, al depositarse sobre las mismas ácidos y derivados del petróleo (CO_2).

Algunos sistemas de pólenes y resinas como los de eucaliptos, pinadas, deberían de ser tenida en cuenta, en cómo puede repercutir sobre la lámina.

3.5.2.4. El viento.

El viento influye de dos formas:

- **Succión** de la lámina, levantando y arrastrándolo fuera del vaso.



Foto nº. 3. 5. Esquina succionada con lámina EPDM.
Balsa de Fonseca. 180.000 m^3. Cieza.

- **Oleaje** que puede provocar desgarro en la lámina y originar desprendimiento de tierras del talud, formando escalones en la zona

combatida y acumulación de los arrastres en forma de bolsas en la parte inferior.

Los efectos del viento varían:

- Según intensidad, dirección.
- Situación de la balsa (elevado, más pronunciado).
- La superficie expuesta: extensión, forma de los taludes (mayor succión con poca pendiente y mayor efecto de playa en el oleaje).
- Situación de servicio (lleno menor succión y peor circunstancia para el oleaje).
- Forma del embalse (alargado y coincidentes en la dirección del viento, más negativo).
- Tipo de lámina (el PEAD al poseer arrugas, se encuentra en peor situación que el EPDM, que está liso, sin embargo por la elasticidad, el EPDM sufre en mayor medida el efecto de la succión).

El efecto de succión es muy desfavorable para la lámina, porque puede arrancarla o desgarrar parte de la misma. Normalmente la dirección del viento, suele ser a veces en un sentido inequívoco, por ejemplo los aragoneses cuando les viene el frío dicen: "Sopla del Moncayo". Es cuestión de estudiar las direcciones de los vientos que predominan en la zona.

Los sistemas de defensa son:

- Cortavientos (vegetales, vallas, etc.).
- Drenajes de gases con chimeneas.
- Aireadores (cortes en la lámina para evacuar gases, tapados mediante solapas, por encima de la lámina de agua. Esta situación yo no me atrevería a colocarla, pues lo más normal es que del tirón, ayude a romper el resto de la lámina por dicho corte).
- Maestras de hormigón apoyadas en el talud.
- Anclaje de la lámina.

El otro problema del aire es la formación del oleaje que golpea de forma constante, una franja del talud, normalmente fija y en su parte superior. Si el material granular debajo de la lámina en esta zona, no posee una buena cohesión, resbalará a zonas inferiores provocando un escalón, donde por fricción de las olas sobre la lámina, terminará por dañar el área marcada en la lámina, rompiéndola.

El material granular desprendido en éste efecto, se desplaza a través del talud, sobre la lámina y el terreno, formando una bolsa en el pie o anclajes intermedios, provocando nuevas tensiones sobre la lámina.

Los taludes muy tendidos, se ven favorecidos por el "efecto playa", que aunque no se dan desprendimientos de materiales, amplían el área de trabajo del oleaje. Está contrastado por Aguiar en algunos embalses tinerfeños, la perdida de plastificante en láminas de PVC-p de éstas zonas sometidas a oleajes.



Foto nº. 3. 6. Oleaje en la balsa La Ina. Cieza. Murcia.

La parte del talud más afectada por el oleaje es la contrapuesta a la cara de la succión, provocando salpicaduras que pueden llegar hasta el metro de altura. Normalmente coincide con el empuje del viento, lo que se conoce en navegación como barlovento, "a toda vela". En esta zona se encuentra todo el empuje directo del viento. En ésta zona las maestras sobre los taludes está de adornos, es un lujo innecesario, porque la lámina está literalmente "incrustada" contra el talud, sin embargo, los bordillos o muros de esta zona, sobre el perímetro coincidente, necesitan de mayor resistencia para soportar la fuerza del viento sobre sus paramentos, lo que debería de preverse con planos aerodinámicos a dichas direcciones, con el fin de no oponer resistencia al viento.

3.5.2.5. El granizo.

El tamaño del granizo y sobre todo, el momento en que se encuentra la balsa durante su servicio, fundamentalmente, en la situación de vacío, incide de forma negativa. Esta situación se agrava en el caso de lámina de PVC-P y disminuye algo más en el EPDM, influyendo, como no podía ser de otro modo, la pendiente del talud (peor en los acostados).

Las características de los daños en la lámina suelen parecerse a formas de estrellas, donde en el centro de las mismas contiene un hueco rodeado de pequeñas fisuras concéntricas y que suelen hallarse en las zonas no cubiertas por el agua, de forma dispersa, a veces aisladas.

3.5.2.6. La helada.

Este efecto de formación de aumentos de volúmenes sobre superficies cerradas, con estados de cristales de hielos, provocan zonas diferenciadas (fase líquida y sólida) incrustaciones y desincrustaciones de estas agujas. Se aconseja en aquellos sitios fríos a colocar láminas flexibles, elásticas, como son el EPDM frente al PEAD.

3.5.3. Biótico.

a) Flora.

Estos daños pueden venir por el consiguiente efecto del crecimiento de **vegetación** en la zona del resguardo del vaso, siendo la más común en la cercanía con el pasillo de coronación. También se pueden dar y esto es más grave, en la propia solera del vaso si son aprovechadas zonas bajas, cerradas, lechos de barrancos, donde quedan restos de rizomas de cañotas, juncos, difíciles de tratar.



Foto nº. 3. 7. Drén próximo a cubrir con nacimientos de plantas.

Durante la ejecución y antes de cubrir con la lámina la balsa, suele ser normal que se produzcan lluvias y provoquen encharcamientos en la solera. Estas humedades dan lugar a brotes de malas hierbas. En la foto que se muestra a continuación, la vegetación se está produciendo en los sitios húmedos como son los drenajes. Las malas hierbas de hoja ancha no presentan problemas, no son los casos de las de hojas estrecha, sobre todo cañas y gramas, que perforan la lámina al ir endureciendo su tallo herbáceo en leñoso, es el caso del EPDM.

Cuándo se hace la siembra del talud exterior, hay que huir de plantas que posean raíces potentes, cercanas al pasillo de coronación. Plantas hidrófilas hay que prohibirlas, siendo las plantas xerofíticas (de abundantes raíces), las que presentan menos problema.

El pasillo debe estar limpio de malas hierbas, sin charcos. Esto se consigue con la protección de un buen material granular (cosa que suele obviarse), compactado, asfaltado o aplicaciones de tratamientos con herbicidas.

b) Animales.

En cuánto a la **fauna,** a pesar del cerramiento, suelen entrar animales a beber, sobre todo en sitios de monte y sierra, donde los jabalís, zorros, perros, gatos, etc., encontrarán huecos o sitios débiles en la valla para entrar. Lo más normal es que mueran ahogados. Durante dicho trance, arañe, muerda la lámina en su instinto de conservación.

Existen estudios de cómo influyen los topos, ratas, ratones, etc., en la lámina, donde parece existe una baja incidencia, dependiendo del tipo de la lámina, así los derivados de PVC, presentan preferencias.

Si la balsa posee tomas de río, puede ser que proliferen peces, renacuajos, sustento a colonias de aves. Las tortugas afectan a la lámina al clavar sus uñas para salir fuera.

Daños de gaviotas sobre la lámina de EPDM, según muestra la foto siguiente.

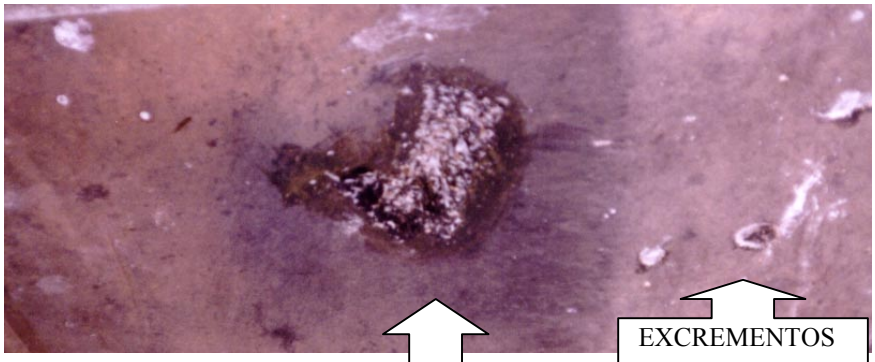


Foto nº. 3. 8.

EMBALSE DE 200.000 M^3. REV. EPDM. TORRECILLA. LORCA. MURCIA.

Propiedades.

No existen propiedades aisladas, sino que están relacionadas entre sí, siendo dependientes algunas de otras. Por ejemplo en el PEAD, un mayor espesor, tendrá mayor resistencia a la tracción y menor resistencia a la punción.

Si tuviéramos que considerar la propiedad más importante, sería su resistencia a la tracción, pero ésta no debemos considerarla de forma aislada, sino relacionadas con otras.

- Propiedades físicas.

1. Espesor de la lámina.
2. Densidad.
3. Transmisión del vapor del agua.

- **Propiedades mecánicas.**

1. **Comportamiento a la tracción.**
2. **Comportamiento con las soldaduras.**
3. **Resistencia a los desgarros.**
4. **Resistencia a los impactos.**
5. **Resistencia a la punción.**
6. Características fricción.
7. Rotura por tensión.

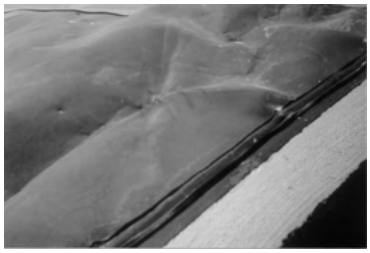
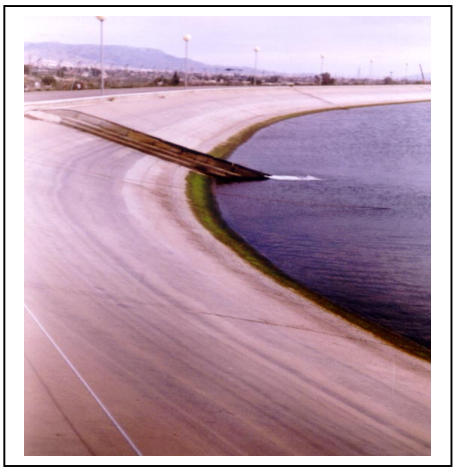


Foto nº. 3. 9. Punzonamiento en



- Propiedades químicas.

1. Resistencia al hinchamiento.
2. Compatibilidad química.
3. Resistencia al ozono.
4. Resistencia a la R.U.

- Propiedades biológicas.

1. Resistencia a los animales (repulsión).
2. Resistencia a hongos.
3. Resistencia a bacterias.
4. Resistencia a raíces.

- Propiedades térmicas.

1. Comportamiento con las altas temperaturas.
2. Comportamiento con las bajas temperaturas.
3. Dilatación térmica.
4. Contracción térmica.

Los ensayos se realizan según diversos tipos de normalización y dependerán de los distintos tipos de materiales.

3.7. Clases de láminas según influencia térmica.

Debemos distinguir dos formas de conducirse la lámina con respecto a la temperatura, aquellas que son:

- Termoplásticas.
- Termo elásticas.

La temperatura que recibe la lámina es variable, dependiendo de las áreas afectadas o no por el calor que proporciona el sol.

La influencia del color negro en la mayoría de ellas, absorbe mayor calor, debido a la necesidad de proteger con cenizas la radiación U.V.



Foto nº. 3. 11.

Las láminas termoplásticas son aquellas que al aumento de temperatura, alargan la superficie de la lámina, provocando arrugas. Cuando baja la temperatura, recuperan la forma inicial. En estas dilataciones y contracciones, puede de ser, que de modo permanente, pierdan la posibilidad de recobrar ciertas zonas, como las que rodean una piedra, provocando el punzonamiento. Esto se debe a la perdida del material y no volver a recuperarlo. Hablamos de PEAD.

Estas láminas se les dejan diseños de arrugas en los puntos singulares de entregas a las obras de fábrica, anclajes de la lámina en el pasillo, dejando bordes romos, separaciones adecuadas. Hay que estudiar bien la entrega en bridas para evitar roturas. "La arruga es bella" –frase utilizada por los sastres para vender trajes de lino- y la "gabardina holgadita".

Las láminas de EPDM son termoestables, apenas les afecta a su composición elastomérica la acción de los cambios de temperatura, al menos en una dimensión importante. La respuesta a estas tensiones es termo elástica. Este hecho imposibilita la termo-soldadura.



Foto nº. 3. 12.
Balsa de 100.000 m^3 recién terminada en Torres de Cotilla. Lámina EPDM.

3.8. Cálculos justificativos.

La durabilidad es la primera y principal cualidad a la que debemos atender, para rentabilizar su inversión.

La elección del tipo de la lámina no debe ser intuitivo sino responder a una serie de respuestas de necesidades del proyectista, según su aplicación en una serie de premisas de los siguientes supuestos.

- Tipo: Elasticidad, flexibilidad, tracción, etc.
- Espesor: 1; 1,5; 2 mm etc.

Determinándose según:

- Tamaño y geometría del embalse.
- Situación geográfica de ubicación y naturaleza de la obra.
- Clase de terreno en el apoyo (fino, granular, pizarroso, rocoso).
- Anclaje adoptado.

- Altura de la columna de agua (más de 10 metros, 2 mm).
- Talud muy inclinado (< 2:1) > 2 mm de espesor.
- Geocompuestos (geotextil, geomallas, tipo, espesores de éstos, etc.).
- Lastrado utilizado.
- Normas aplicables en las diferentes características y usos.
- Obras singulares.
- Referencias contrastadas por el uso en el tiempo.
- Experiencia de la zona.
- Precio.

A modo de resumen en los sistemas más utilizados.

	P.E.A.D	E.P.D.M.
Talud < 2:1.		*****
Incrustaciones talud.		*****
Altura de agua > 12 metros.	*****	
Peligro de heladas.		*****
Peligro de vientos.	*****	
Reparaciones lámina.	*****	
Lastrado.	*****	
Experiencia en Murcia.	*****	
Precio (2 mm espesor).	*****	

Cuadro nº. 3. 2.

4. QUÍMICA DE LOS PLÁSTICOS.

4.1. Principios básicos de química.

Si atendemos a la antigua diferencia de la química en las dos grandes estructuras: inorgánica y orgánica, hoy invalidada por la obtención de Wöhler en 1.828 de urea en laboratorio, nos podría valer para identificar los plásticos en la parte de **química orgánica,** es decir, la correspondiente a la naturaleza de los seres vivos.

Hagamos una pequeña comparación entre éstas dos divisiones, según sus propiedades.

Diferencias.	
Inorgánico.	**Orgánica.**
Solubilidad preferente en **agua.**	Solubilidad preferente en **disolventes orgánicos.**
Estables.	Descomposición fácil con temperaturas bajas.
30.000 elementos.	**800.000 elementos.**
Reacción mayoritaria **iónica,** instantánea, sencilla.	**Reacciones complejas.**

Tabla 3.2. Diferencias de propiedades químicas.

Para poder comprender su comportamiento, hace falta recordar que estamos en presencia de compuestos que contienen carbono con un alto porcentaje, donde la mayoría de enlaces químicos son de caracteres covalentes, por ejemplo el etano.

Los átomos de carbono pueden unirse por enlaces sencillos, dobles y triples mediante compartición de uno, dos y tres pares de electrones. Hay que suponer que los átomos de carbono unidos por un simple enlace pueden girar alrededor de éste, mientras que la unión mediante un doble enlace o triple enlace da lugar a una posición rígida y fija de los dos átomos de carbono.

La unión entre los átomos se caracteriza por la longitud del enlace o distancia interatómica, por el ángulo de enlace formado por las líneas que unen el centro de un átomo y los centros de otros dos átomos unidos a él y por la energía del enlace, que es la energía desprendida en su formación. Estos ángulos y longitudes de enlaces han podido determinarse experimentalmente por los métodos de difracción de rayos X por los cristales. Un doble o triple enlace disminuye la longitud del enlace y aumenta su energía, así tenemos que la distancia entre dos átomos de carbono es de 1,54 Å en enlace sencillo, de 1,33 en el doble y de 1,20 en triple.

De la destilación fraccionada del petróleo bruto, según la temperatura y presión, se van separando sus distintos elementos (butano, etileno, etc.). Posteriormente son tratados de nuevo (temperatura y presión) formando granza, para después ser otra vez tratado y originar en la calandria, la lámina que todos conocemos (PEAD), con diferentes composiciones añadidas para proporcionar determinadas propiedades como: elasticidad, resistencia al estiramiento, contracciones y dilataciones, etc. El polietileno, es el producto final de uniones de estructuras a la que denominamos: ***polímeros.*** Su proceso es la polimerización, cuya característica más común es su elevado peso molecular, su punto de fusión y el de blandearse con **intervalos de temperaturas determinadas.**

Destacar que esta composición de **"polímeros"** tienen propiedades físicas y químicas muy distintas de las que poseen los cuerpos formados por moléculas sencillas, como por ejemplo: resistencia al desgaste, rotura, elasticidad, baja densidad, fácil de fabricar en escala como plásticos, resinas, elastoplásticos y fibras sintética.

4. 2. Etileno.

Todos los plásticos de polimerización se obtienen a partir del **etileno** o de sus derivados por adición en sus radicales libres. $CH_2 = CH_2$

Recordemos que la clasificación de los compuestos orgánicos, se dividen en:

- **Alifáticos.**
- Aromáticos.
- Heterocíclicos.

A nosotros nos interesa el primer grupo, el de los ALIFÁTICOS, relacionados con el origen del metano, CH_4, de cadenas abiertas en la mayoría, donde al sustituir H forman GRUPOS FUNCIONALES muy numerosos.

Si se unen con enlaces sencillos, tenemos hidrocarburos saturados y de éstos, si son abiertas constituyen las parafinas y cerradas las cicloparafinas.

Si dos átomos de carbono se unen con doble enlace, se tienen **las OLEFINAS** (formadores de aceites, al ser combinado con el cloro), también denominados y más conocidos como **alkenos: $CH_2 = CH_2$.**

La unión de éstos dos enlaces es de menor resistencia que la sencilla. Esto se debe a que la tensión originada con los dos átomos de carbono, provoca una gran reacción química manifestada por la tendencia a formar compuestos de adición, rompiéndose el doble enlace, esto es, suprimiendo la tensión entre las direcciones de las valencias.

El etileno es un gas incoloro, de olor agradable, con propiedades notables. Debido a su doble enlace, carácter no saturado, se combina con muchas sustancias, formando grupos importantes, como el **$CH_2 = CH-$**, radical VINILO.

El Etileno se obtiene por la deshidrogenación del etano y también por *cracking* del propano, componentes del gas natural.

El polietileno se obtiene de forma industrial mediante el proceso Ziegler a presión normal y 70ºC empleando trietiAluminio $Al(C_2H_5)^3$ catalizado por titanio ó bien con cromo.

Vinilka es un cloruro de polivinilo CH2=CHCl que forma un producto duro con gran resistencia a la tracción, deformación y gran dureza, donde al ir **añadiendo plastificante** disminuye las fuerzas bipolares entre las cadenas lineales y los enlaces de puente de hidrógeno.

4. 3. Caucho.

El caucho es un hidrocarburo de gran importancia que se obtiene a partir del látex de ciertos árboles de la zona tropical, observado desde la época de Colón, pero que permaneció sin ninguna utilidad hasta que Charles GOODYEAR en 1839 descubrió que amasándolo con azufre y calentándolo a 100ºC, formaba un producto útil, no deformable por calor, no quebradizo en frío y sobre todo, no pegajoso, que **después de estirarse** recuperaba su forma primitiva debido a que el S_8 de los dobles enlaces de las moléculas de caucho, formaban puentes de cadenas de azufre de una molécula de caucho a otra y dando lugar a un entramado. Este proceso se conoce como VULCANIZACION.

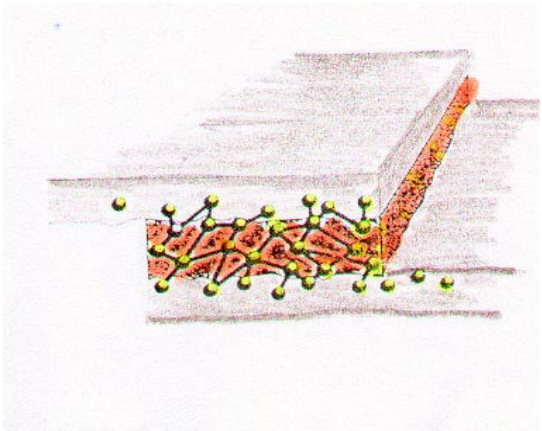


Figura nº. 3. 4.
Forma de unir la lámina del EPDM.
Vulcanizado.

Por polimerización del isopreno (caucho natural) con alkadienos se obtienen los cauchos sintéticos conocidos como elastoplásticos o **elastómeros** que dan lugar a un enorme abanico de composiciones a partir de butadieno y cloropreno.

5. CLASES DE LÁMINAS.

5.1. Clasificación.

- Geotextiles **(**permeables**).** Se utiliza como base de geomembrana.
- **Geomembranas (impermeables).**

Podemos distinguir la siguiente distribución de láminas de geomembranas.

- **Laminas PVC** (Normas UNE 53-402).
- **Láminas de elastómeros como la goma butílica**: (UNE 53-586).
- **Láminas de polietileno de alta densidad** - PEAD - (UNE 104-300/421/300).

5.1.1. Materiales laminados del tipo PVC.

a) Láminas de PVC plastificado sin armadura.
b) Láminas de PVC plastificados con armadura de fibra de vidrio.
c) Láminas de PVC plastificado con armadura de tejido de hilo sintético.

a) Láminas de PVC plastificados sin armadura.

Posee un espesor inferior a 0,8 mm, con resistencia a los microorganismos y a las raíces, modulo elástico, resistencia mecánica (tracción, impacto y desgarro), alargamiento, retracción, absorción de agua.



Foto 3. 13. Lámina de PVC.

b) Lámina de PVC plastificadas con armadura. Espesor 1 mm y lo demás igual.

c) Lámina de PVC con armadura de hilo sintético: Espesor 1,2 mm.

En general, este material lleva tiempo en el mercado y se ha podido contrastar su comportamiento práctico con el tiempo, donde se mejoró con la unión del grupo vinilo con el poliéster (a modo de armadura del tejido, también plastificante).

En la lámina que poseen compuestos de diferentes tipos, con diferentes coeficientes de dilataciones, resulta que cada uno sigue una "marcha" distinta, según su coeficiente, provocando alargamientos y contracciones también diferentes, según la temperatura ambiental. Al final de los años se presenta una "deslaminación", sobre todo en las soldaduras, lo que equivale a la ruina de la lámina. Al ser éste un punto de sumo interés, nos referiremos a él con mayor extensión.

Podíamos preguntarnos el porqué se arriesgan los fabricantes de láminas en añadir otros productos, en adicionar láminas y no dejar un solo producto "homogéneo". La respuesta obedece a la ventaja que ofrece unir distintas propiedades haciéndolas más ventajosas, mediante la potencialidad de sus propiedades. En el debilitamiento de zonas puntuales con el punzonamiento, mejorarlo, de ahí el reto industrial.

5.1.2. Materiales laminados de elastómeros.

A) Láminas de caucho sintético (IIR).

B) Láminas de etileno propileno dieno (EPDM).

C) Láminas de caucho de cloropropeno (CR).

El espesor mínimos de las láminas será de 1 mm y su peso especifico será superior a 1,5 gr./cm3 excepto en el EPDM no vulcanizado que será superior su espesor a 1,5 mm.

El adhesivo empleado para la unión de las membranas será butilo disuelto en exano, tolueno o xileno, sellando con una masilla de EPDM.

5.1.3. Láminas de Polietileno.

Debe tener más de 0,94 gr./cm3 y el espesor será superior a 1,5 mm, resistentes a los impactos y a la tracción, al alargamiento en rotura y absorción de agua.

5.1.4. Otras láminas.

Existen otras láminas que van incidiendo en el mercado como es E.V.A. y el Propileno.

* **Polipropileno.** Elevada resistencia al punzonamiento, menor dilatación que el PEAD. Empleado en lugares fríos como sierra Nevada para ser empleada la balsa para cañones de nieves.

*** E.V.A - c (copolímeros de Etileno-acetato de vinilo).** Inmejorable comportamiento al punzonamiento estático. Es el mejor de todos.

6. GEOTEXTILES.

6.1. Definición.

Los geotextiles son elementos superficiales constituidos por fibras poliméricas, que se utilizan como material de construcción, generalmente en contacto con tierras.

Las fibras pueden estar ordenadas constituyendo un tejido, lo que originará propiedades resistentes anisótropas. Por el contrario las fibras se pueden situar de forma aleatoria (desordenada) constituidas por soldaduras (térmica o química) o agujereada.

Los materiales más usados son Poliester (PET), Poliamida (PA), Polipropileno (PP), e incluso Polietileno (PE).

Las propiedades respectivas se resumen en el siguiente cuadro (referido a fibras):

	PET	PA	PP	PE
Resist. a tracción	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada
Def. en rotura (%)	9	15	18	25
Densidad /gr /cm^3	1.30	1.15	0.90	0.95
Temperaturas más De aplicación.	150º	90º	90º	55º
Resist. a la luz	Buena	Media	Media	Mala
Resist. a oxidación	Buena	Mala	Buena	Muy mala
Tiempo al que se Produce fluencia a carga 60% de La rotura.	10 años	1 año	1/2 año	1 día

Cuadro 3. 3.

Los geotextiles constituidos por mezclas de fibras presentan propiedades intermedias; estas últimas pueden alterarse si las fibras se someten a tratamientos especiales.

6. 2. Propiedades requeridas y funciones.

El geotextil como material de construcción presenta ciertas propiedades que posibilitan su empleo. Las más importantes se enumeran a continuación.

1- Resistencia a la rotura por tracción y deformación en rotura (en los geotextiles tejidos se ensaya en las dos direcciones).
2- Resistencia al punzonamiento.
3- Permeabilidad al paso del agua normalmente al plano del geotextil.

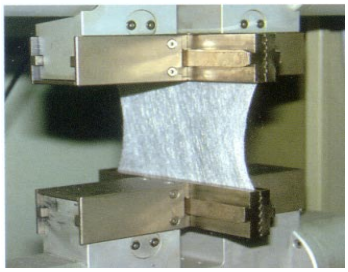
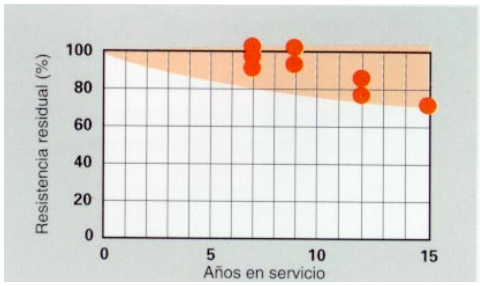


Foto 3. 14.
Prueba de tracción en PP.

4- Diámetro equivalente de los poros del geotextil.



Duración testada de lámina de geotextil

Fig. 3-4.

5- Capacidad para permitir la circulación del agua según el plano definido por el geotextil.
6- Resistencia a la oxidación, ácidos y bases.
7- Estabilidad dimensional.
8- Durabilidad al aire libre.
9- Resistencia a raíces, animales, etc...

Según las funciones concretas que vaya a desempeñar el geotextil, así serán las exigencias pedidas en el Proyecto y que deberán de responder con sus propiedades. Esto es:

- Propiedades mecánicas:

- Resistencia a Perforación (ISO 12236).
- Resistencia a tracción (ISO 10319).
- Alargamiento a tracción (ISO 10319).

- Propiedades hidráulicas.

- Abertura de poros (ISO 12956).
- Permeabilidad normal al plano (ISO 11058).
- Flujo de agua en el Plano. (ISO 12958).

- Durabilidad:

- Resistencia a la intemperie (ISO 12224).
- Resistencia a la hidrólisis en agua (ISO 12447).
- Resistencia a degradación química (ISO 12960).

Funciones principales requeridas:

- Separación del suelo.
- Drenánte.
- Protección.
- Filtración.
- Refuerzo en la geomembrana.

Condiciones de exigencias:

- Obligatorio.
- Relevante.
- Especial: Radiación UV; Cemento, álcalis; agua; temperatura, ambiental, etc.

La aplicación más tradicional de los geotextiles estriba en su función como filtro, función de transporte de agua (drenaje), como capa de separación entre dos materiales térreos, para impedir que se mezclen. Otro caso de empleo de geotextiles es como saco o contenedor de tierras, evitando que éstas sean afectadas por la intemperie, sean erosionados o simplemente se desplomen. Relacionada con esta última aplicación es la protección de taludes en cauces, presas, etc... para evitar que el paso del agua erosione en forma progresiva el talud.

Finalmente, aunque no ocupe el último puesto por importancia relativa, el geotextil produce un efecto de armadura y/ o refuerzo, aportando su resistencia a la tracción y al punzonamiento de la geomembrana.

En la generalidad de las aplicaciones prácticas intervienen dos (o más) de estas funciones, debiéndose diseñar el geotextil de acuerdo con las mismas. Hay que desechar la costumbre de definir estos elementos por su peso por unidad de superficie, por ejemplo, en el caso de un geotextil dispuesto como soporte de una geomembrana. Las funciones de exigencias son las de refuerzo y transmisividad de filtraciones.

Las propiedades a considerar en el diseño de geotextiles se resumen en el siguiente cuadro:

FILTRO..... Permeabilidad normal (K_N) y Diámetro poros.
DRENAJE..... Transmisividad (K x e).
SEPARACIÓN..... Resistencia punzonamiento y diámetro poros.
CONTENCIÓN..... Resistencia a tracción y punzonamiento y diámetros de poro.
REFUERZO..... Resistencia tracción y punzonamiento.

6.3. Proceso de fabricación.

Los geotextiles se clasifican según su modo de fabricación en tejido o no tejidos. Los geotextiles tejidos tienden a ser más fuertes en cuanto a tensión y se emplean para refuerzos y barreras de limos. Los geotextiles no tejidos se emplean en filtración, separación y como capa protectora de la geomembrana.

Según:

- Tipo de filamentos.

- Fibra continua: Comienza en la granza formándose por extrusión filamentos seguidos, continuos. Alta resistencia y calidad controlada.
- Fibra corta: Procesos discontinuos, de fibras cortadas de continuas o bien largas, en cualquier caso es un proceso separado, que después se mezclan, se escarda, peina, tablean y ligan para producir el geotextil.

- Unión de las fibras. Constituyen las características diferenciadores de propiedades mecánicas e hidráulicas del geotextil.

- Agujas (no tejido).
- Unidos por termo-fusión (soldados, no tejidos).
- Entrelazados (tejidos).

En las diferentes tablas se seleccionan las opciones que más interesen en el proyecto, a modo de referencia decir que un geotextil de filamento continuo agujado posee de un 30 al 40 % de más resistencia y menos peso que los de fibra corta y mayor alargamiento que termosoldados y tejidos.

Los geotextiles de poliéster ofrecen mejores resistencias mecánicas pero se degradan por saponificación ante la acción de los álcalis liberados del cemento empleado en los hormigones o del terreno y además se deterioran por la radiación de U.V.

6.4. Materias primas de mayor uso.

La materia prima es la responsable de la duración del geotextil. Principalmente tenemos dos materias primas:

- PP (Polipropileno).

Densidad de 0,91 gr/cm^3. Alta rigidez, buenas propiedades a la tracción y resistencia a ácidos, álcalis y disolventes. Se estabiliza para evitar la oxidación y mejorar su comportamiento frente a los agentes climáticos.

- PET (Poliéster).

Densidad 1,38 gr/cm^3. Ofrece buenas propiedades mecánicas y resistencia a la mayoría de los ácidos y disolventes. Puede ser hidrolizado en presencia de agua degradándose bajo condiciones alcalinas (cemento pH > 9) acelerada con aumento de temperatura. Es alterada por la U.V.

No se deben usar materiales reciclados o regenerados (colores pardos), especialmente si queremos que su aplicación sea superior a los 5 años.

Otros tipos de geotextiles como la Poliamida (PA) y el Polietileno (PE) no se usan en las balsas salvo raras excepciones. La PA es sensible a la hidrólisis, tienden absorber humedad produciendo cambios de propiedades. También poseen una limitada resistencia a los ácidos y al clima.

En la foto siguiente se muestra un extendido de PET sobre una balsa para constituir una capa de separación de la geomembrana con el suelo.

Se comercializa en rollos de 2-4-6 metros de ancho y 175 / 150 / 100 metros de largo.

GEOTEXTIL PREVIO AL PEAD + LASTRE PROVISIONAL DE SACOS DE ARENA.



Foto 3- 15
Fases de colocación: 1º geotextil –marrón- y 2º. Lámina impermeable PEAD.

El PP es un no - tejido de filamentos continuos unidos mecánicamente por agujado, 100 % de PP estabilizado a efectos de rayos U.V.

Propiedades y características del PE.

- Resistencia a los daños de perforación en CBR: 2250 N (alta).
- Resistencia a la tracción: 15 KN/m.
- Alargamiento en rotura: 70 %.
- Perforación por caída libre de cono: 22 mm.
- Abertura eficaz de poros: 0,08 mm.
- Permeabilidad vertical:
- Permeabilidad en el Plano.
- Espesor: 2 mm.
- Peso: 200 g/m^2.



Foto 3- 16. Soldando junta de geotextil de PP.

Su aplicación es la de protección y filtrado, fabricado de forma resistente y permeable, debiendo cumplir ciertas propiedades mecánicas, hidráulicas y de durabilidad. Son productos homologados sometidos a normas de ensayos internacionales ISO. Se identifican en recepción de obra, exigiéndoles certificados de calidad ISO 9.002, IQNet, Garantía de calidad de la Fabricación y de Control de la Calidad de la Producción.

6.5. Protecciones.

Formar una capa de separación entre dos materiales, el térreo y la geomembrana impermeable, para reforzar, protegerla de incrustaciones puntuales aportando su resistencia a la tracción y al punzonamiento. En ésta aplicación interviene el concepto de diámetro equivalente de los poros del geotextil, y la resistencia del punzonamiento.

Otras de sus aplicaciones es la de realizar correcciones de ángulos de rozamientos, aumentos de coeficientes de rozamiento y fricción de los materiales, mayor adherencia de terrenos sueltos en la formación de taludes de los terraplenes comprometidos por estas necesidades. Se pliegan como las hojas de los libros, depositando capas de tierras, sobre dichas hojas antes de plegar. Se utilizan en taludes del interior, del exterior para evitar su erosión o simplemente se desplomen. Relacionadas con este modelo es la protección de taludes en cauces, presas, etc... para evitar que el paso del agua erosione de forma progresiva el talud. También en protecciones de hormigones sobre las geomembranas, nunca de Propileno.

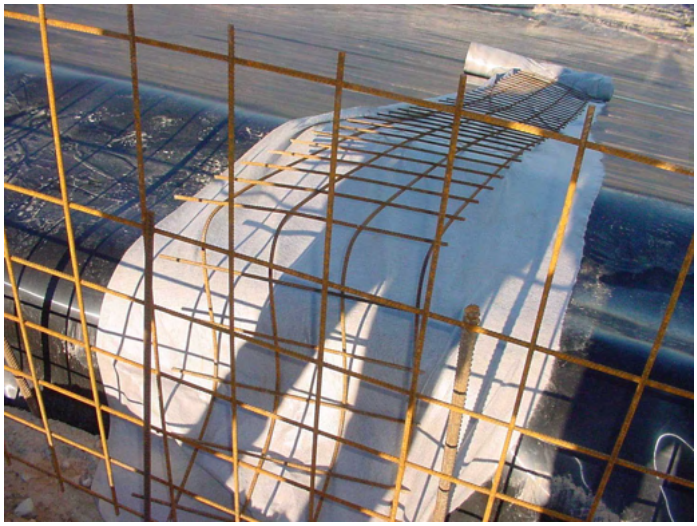


Foto 3- 17.
Lámina de poliéster para realizar maestra de hormigón en talud.

6.6. Conductividad hidráulica.

a) Paralelo al plano: Función de filtro.

La aplicación más tradicional de los geotextiles estriba en su función como filtro, es decir, permitir el paso del agua pero reteniendo las partículas del suelo. Para permitir el paso del agua deberá tener una buena permeabilidad, valor que (como en las geomembranas) se evalúa por el coeficiente de permeabilidad "K_p " al flujo de agua a través del geotextil. Para retener las partículas del suelo, sin que se produzca erosión interna en el suelo ni en la colmatación del geotextil, es necesario que los poros de éste tengan un determinado tamaño. Esta propiedad se mide por el diámetro del orificio equivalente según procedimientos normalizados.

El agua fluye en el plano del geotextil. La facilidad con la que tiene lugar el flujo dentro del plano se denomina transmisividad (permeabilidad en el plano). La transmisividad se define como:

$$\theta = K_p \cdot e.$$

Donde θ = Transmisividad (cm^2/seg).

K_p = Conductividad hidráulica en el plano (cm/seg).

e = espesor del material (cm).

b) Perpendicular al plano. Drenaje.

En segundo término aparece la función de transporte de agua en el plano perpendicular (drenaje) definido por el geotextil.

b-1). En el plano paralelo: En este caso según la ya utilizada fórmula de Darcy:

Q= caudal por unidad de ancho = V · espesor = K · I · e = θ · I (*).

θ, (Longitud · espesor / tiempo).
I es el gradiente de velocidad.

El agua también puede fluir dentro del plano del geotextil. La facilidad con la que tiene lugar el flujo dentro del plano se denomina transmisividad, producto Kp · e (permeabilidad en el plano, coeficiente de permeabilidad por espesor). La transmisividad se define como:

$\theta = K_p \cdot e.$

Donde θ = Transmisividad (cm^2/seg).

K_p = Conductividad hidráulica en el plano (cm/seg).

.e = espesor del material (cm).

Visto en el apartado anterior.

b-2) Perpendicular (dren propiamente dicho)

Al agua que fluye perpendicular a la superficie del geotextil se le denomina flujo normal. La facilidad con la que tiene lugar el flujo normal se le denomina permisividad (permeabilidad normal). La permisividad "Ψ " se define como:

$$\Psi = K_n / e.$$

Donde Ψ = permisividad (seg^{-1}).

K_n = Conductividad hidráulica normal (cm/seg).

e = espesor del material geotextil (cm).

La permisividad puede sustituirse en la Ley de Darcy (*) para calcular las velocidades de flujo a través de los geotextiles, que se encuentra condicionada a determinada carga hidráulica impuesta. Si el geotextil tiene una transmisividad inadecuada, se deteriora la función de filtración y por consecuencia la del dren, siendo por tanto dependiente la función del dren del filtro.

6.7. Proceso de diseño.

El proceso de diseño con geotextiles se atiene a la sistemática de las geomembranas, apareciendo análogas connotaciones.

El material constitutivo de las fibras, salvo tratamiento específico, debe elegirse de acuerdo con las condiciones de servicio y las propiedades deseadas. Si un geotextil debe estar expuesto a la luz solar el poliéster presenta ventajas apreciables. Si conviene que admita importantes deformaciones, las ventajas corresponderían a la poliamida y el polipropileno. En

condiciones singulares de servicio, se debe estudiar la compatibilidad del material con esas condiciones.

El geotextil constituido por fibras ordenadas es el idóneo para una situación con predominio de solicitaciones de tracción en una dirección premarcada, pero no se adapta bien a funciones de filtro, separación o drenaje.

Para su utilización en funciones de transmisión de agua, la ventaja la ostentan aquellos geotextiles con espesor apreciable. En todo caso, tanto este valor como los del coeficiente de permeabilidad, transmisividad, etc... deben estimarse en un estado de compresión equiparable con el previsible en condiciones de servicio.

Las diferentes soluciones alternativas deben contemplar las ofertas comerciales compatibles con las circunstancias de cada caso, pero también hay que detenerse a estudiar otros materiales alternativos, tanto tradicionales como de utilización más reciente.

6 . 8. Cálculos justificativos.

También en los geotextiles el diseño se desarrolla por conocimientos empíricos, siendo limitados los cálculos justificativos aplicables.



Foto 3- 18. Soldando geotextil de PE para proteger la geomembrana.

En la función de filtro debe estudiarse separadamente la comprobación relativa la flujo de agua, de aquellas otras correspondientes a la prevención de erosión interna del suelo. En el primer caso, y por aplicación directa de la fórmula de Darcy, debe comprobarse:

Caudal unitario ($m^3/sg \times m^2$) = K_N x gradiente hidráulico.

En cuanto a la segunda comprobación del dren, existen varios criterios aportados por los especialistas sin que exista unanimidad respecto a prioridad entre ellos. En todos ellos se deben comprobar una condición aritmética entre el diámetro equivalente de los orificios del geotextil (0_X) y la granulometría del suelo (D_Y). Uno de estos criterios se expresa:

$$O_{95} / D_{50} < 18 / Ç$$

Siendo:

O_{95}: Diámetro equivalente del geotextil (dato a suministrar).
D_{50}: Separación de una malla por la que pasa el 50% (en peso) del suelo.
Ç : Coeficiente de uniformidad del suelo (D_{60} / D_{10})

Por ejemplo con Ç = 6 se tendría:

O_{95} (del geotextil) < 3 x D_{50} (del suelo)

Dicho, en otras palabras, el diámetro equivalente del geotextil no debe ser superior al triple del tamaño medio del suelo.

El cálculo de las funciones de drenaje se desarrolla igualmente por aplicación de la fórmula de Darcy:

Caudal unitario (m^3 / s x ml) = K · e · gradiente hidráulico.

Finalmente, es posible efectuar cálculos justificativos resistentes, determinándose el coeficiente de seguridad (F) a este respecto, según la fórmula:

$$F = \frac{\text{Resistencia a la rotura} \cdot (N / ml).}{\text{Solicitación de servicio (N / ml).}}$$

Considerando el fenómeno de la fluencia, y que el concepto de coeficiente de seguridad incluye un componente de ignorancia, debe adoptarse valores elevados (no inferiores a tres).

6 .9. Elementos del proyecto del geotextil y su construcción:

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares debe regular con razonable extensión esta unidad de obra, delimitando las condiciones mínimas a cumplir, ensayos a realizar, ejecución de la unidad de obra, forma de realizar su medición y abono, etc. Previamente al extendido del geotextil sobre el que se asienta la lámina impermeable, habrá que preparar el talud de manera que su superficie cumpla los siguientes requisitos:

a) Desprovisto de vegetación y tratado con un herbicida.
b) Carecer de guijarros, raíces, piedras y todo tipo de aquello que pudiera romper el revestimiento.
c) Estable tanto seca como saturada.
d) Asegurar que en ningún caso se produzcan subpresiones bajo el revestimiento.
e) No experimentar asentamientos ni hinchamientos al variar su humedad.
f) No ser afectada por el oleaje, lluvias, etc... que se producirán en las condiciones de servicio de la obra.

7. P.V.C.

Fue el material por excelencia de los años ochenta, sobre todo el PVC plastificado.

Esta geomembrana sintética está formada por una resina de la mencionada poliolefina, PVC, Poli (cloruro de vinilo), a la que se le agrega una serie de aditivos (plastificantes). Una determinada resina puede diferir de la que compone la formulación de otra geomembrana en cuanto a su peso molecular y estructura de la macromolécula, todo ello debido a los procesos de polimerización.

Los productos de aditivos que acompañan las resinas en la formulación de las láminas, tienen como misión transformar al poli (cloruro de vinilo) duro y frágil en un material más dúctil y flexible. Estos productos plastificantes suelen ser ésteres de elevado peso molecular, aportando una cantidad superior al 50 %. Normalmente, cuanto más largo sean los radicales alquilo que sustituyen los -H (hidrógenos), mejor será el comportamiento del material obtenido; por ello se da la circunstancia de que en la lámina multicapa, la capa externa está plastificada con un éster de mejor calidad y el resto de las capas, con otro de inferior prestaciones, con lo cual se abarata la lámina.

La pérdida de éstos plastificantes por extracción o, fundamente, por migración, conlleva a la geomembrana a una degradación progresiva y el material va perdiendo flexibilidad, se vuelve más frágil y quebradizo y finalmente, se rompe.

El proceso de la degradación es más acusado si la balsa pasa largo tiempo vacía, expuesta a la intemperie y a la radiación ultravioleta (los fabricantes de PVC aducían que con aquellos plastificantes se estabilizaban, pero por la experiencia demostró que sólo lo atrasaba algunos años).



Foto 3. 19. Balsa abandonada de PVC.

El PVC no posee resistencia a la tracción en el límite elástico, ni propiedades de relajación de tensiones. Además, en el caso de asentamientos de la base, el PVC se deforma dentro del área especifica, sin distribuir las tensiones a un área mayor.

8. Polietileno (P.E).

Es una poliolefína que se emplea en el campo de la impermeabilización de tres formas diferentes según sea su densidad.

a) Baja densidad.

b) Media densidad.

c) Alta densidad.

a) Baja densidad.

Se puede decir que el Polietileno de baja densidad, fue la primera lámina sintética que se utilizó en España, incluso antes que el caucho butilo. Si bien el polietileno de baja densidad se empleó enterrado o protegido, el caucho butilo se presentaba sin cubrir.

En la década de los ochenta, se emplearon espesores designados por galgas (de 800 a 1.200), también en espesores normales a 0,15 o 0,3 mm. El precio era también uno de sus atractivos (menos de 100 pesetas del año 92). Fueron utilizados en revestimientos de balsas con capacidad inferior a los 25.000 m^3.

El problema que presentaba este material era su descomposición por la acción solar, sistema que se corregía al cubrirlo primero con una primera capa de arena de 5 cm de espesor y una segunda capa de grava de 15 cm sobre un talud extremadamente suave (3,5:1). Estas necesidades exigían mayor espacio, una menor capacidad, una mayor exposición solar de la lámina de agua y lo que era peor, la dificultad de localizar y reparar cualquier desperfecto.

Si a todo lo anterior, les aumentamos su baja resistencia a la abrasión y la facilidad de producirse desgarros, entenderemos que su empleo apenas se dé en la actualidad.

A la hora de colocarlo, hay que extremar sus cuidados en los días de viento, por su poco peso. El campo térmico de su utilización, está entre -30 y 60º C.

La forma de soldadura "in situ" por termofusión, apenas fueron empleados por su dificultad, al tener poco espesor. Se emplearon con mayor éxito la unión por pegado de cinta adhesiva de 15 cms de anchura, que se repartía entre la unión de ambas láminas, previamente solapada.

En la actualidad persisten en la geografía murciana con una antigüedad cercana a los veinte años.

b) Alta densidad.

El de media no se coloca, por el problema de radiación. Se comercializa el llamado "alta densidad", siendo en realidad una mezcla de media y alta densidad, debido a la alta rigidez que presentaría si fuera sólo en alta, siendo ésta la utilizada habitualmente, para fabricar tubería, más que lámina. Por tanto, se aplica el de media con algunos aditivos añadidos con el de alta densidad, configurando la geomembrana que conocemos como Polietileno de alta densidad.

El PEAD, es una poliolefina muy estable sin ramificaciones, es decir, sin carbonos terciarios, fácilmente susceptible de oxidación. En sus macromoléculas todos los enlaces son de "tipo sigma" , fuertes y difíciles de romper, salvo en condiciones muy adversas, generalmente, en contactos de terrenos sulfatados. Su degradación depende de su espesor, de la materia prima y del proceso empleado en su formación, donde se producen reacciones secundarias que conducen a determinadas ramificaciones y como consecuencia, a presencia de los carbonos terciarios que facilitan reacciones químicas adversas, con roturas en sus cadenas moleculares, provocando un cambio en sus propiedades iniciales.

Cuando la lámina se apoya sobre un objeto punzante, de naturaleza mineral, el área de la lámina material se amolda a éste montículo y va perdiendo material plástico, cambia sus propiedades y al final, si es punzante (guijarro, borde de una lámina de pizarra), desgarra la lámina por proceso homolítico.

El PEAD contiene aproximadamente un 97,5 % de polímeros y un 2,5 % de negro de humo. El motivo de añadir éste aditivo es lograr una vida útil más larga, al estabilizar la acción

de los rayos ultravioletas en la resina, incorporándole una proporción del 2 al 3% de ésta ceniza. Cantidades inferiores serían insuficientes para evitar la degradación por las radiaciones solares y proporciones mayores conllevarían una pérdida importante de sus propiedades, sobre todo mecánicas, ya que estaríamos sustituyendo sustancias poco nobles como son las cargas minerales por el producto noble que es la resina. Otro de los hechos de utilizar éste absorbente de luz U.V. con negro de humo o de carbono, se debe a su bajo coste, relativamente bajo y a la facilidad de mezcla y dispersión. El Polietileno de alta densidad no contiene otros aditivos o rellenos que puedan filtrarse y causar deterioro a medida que pasa el tiempo, podíamos decir que es "casi" puro.

Si es importante el contenido en negro de humo correcto, lo es más aún su adecuada dispersión. El aditivo debe estar repartido de una forma homogénea en la lámina, pues de lo contrario, variarían las características de unos puntos a otros, produciendo fallos mecánicos y ataques por radiaciones solares. En el primer punto, fallos mecánicos, en los lugares donde haya altas concentraciones de negro de humo, y problema de radiación, donde haya escasez de cenizas.

c) Duración del material.

En el seguimiento de láminas de PEAD en Canarias, no se han encontrado cantidades de negro de humo inferior al 2 ó 3 %. Sin embargo, la dispersión del aditivo en la mayoría de las láminas de PEAD comercializadas en nuestro país, dicen que son inferiores.

Las pruebas realizadas a -20º C y hasta de -70º no provoca agrietamiento o roturas en la flexión.

También se comprobaron que la influencia de la radiación sobre la lámina de PEAD fue negativa. En las zonas expuesta a fuerte radiación solar, la lámina se deteriora más rápidamente que otras exposiciones, tanto más cuanto menor es el espesor de la lámina, por lo que se aconseja espesores a los 2 mm y en ningún caso, inferiores a los 1,5 mm. El aumento del espesor, evita problemas en las proximidades de la soldadura, desgarros, pérdidas notables de propiedades mecánicas y punzonamientos, pues es bien conocido que el polietileno es, posiblemente, el material que presenta un peor comportamiento al punzonamiento estático.

Pero no sólo las radiaciones solares parecen ser responsables de la evolución de su vida útil, se ha puesto de manifiesto que en algunos casos, el comportamiento del material era mejor en la zona de exposición continua a las radiaciones solares, que las partes donde estuvo en contacto con el agua.

Se comprobaron comportamientos anómalos cuando se realizaron pruebas de tracción, así tienen lugares valores de carga y alargamiento totalmente aleatorios, sin seguir el proceso de evolución habitual de cualquier material y, algunas veces, la curva tensión-deformación, presenta una forma anormal para un polietileno de alta densidad, donde la resistencia a la tracción coincide con el esfuerzo en el punto de fluencia.

¿A qué se debe este tipo de comportamientos anómalos? Actualmente, la solución es una incógnita. El equipo canario, postula distintas hipótesis:

1) Mala dispersión del negro de humo, donde las zonas de acumulación de aditivo, originan deficiencias importantes de tipo mecánico, pues no es lo mismo la curva tensión - deformación de una resina, que la de un mineral.

2) Formulación de geomembranas con poliolefinas recicladas, incorporadas a la resina principal, cuyo comportamiento dista del esperado, si hubiera sido con una resina de nueva formulación.

La mala dispersión del negro de humo, se puede determinar perfectamente por procedimientos experimentales, existiendo una normativa nacional para llevarla a cabo. La incorporación de productos de reciclado es difícil de detectar experimentalmente. Se han realizado pruebas con el microscopio óptico de reflexión y microscopio electrónico de barrido

"scanner", sin obtener éxito alguno. Parece ser que la prueba de "stress-cracking" (resistencia a cuartear), es capaz de ponerla de manifiesto, por lo que de una forma rápida habrá que incorporarla a la normativa española. Las resinas recicladas que se incorporan a otras nuevas, poseen cadenas más corta y normalmente rotas, debido a los procesos de envejecimiento y degradación.

El "stress-cracking" podría detectar a un polietileno regenerado ya que rompería con más facilidad y repercutiría, notablemente, en sus características mecánicas. Sometiendo el PEAD en un medio disolvente de tensoactivos (reaccionen con el PEAD), se puede adelantar el análisis del stress-cracking, comprobando más rápidamente sus resultados.

d) Evolución del mercado.

La fabricación del PEAD se presentó en los EEUU por la década de los sesentas, para construir vertederos con lixiviados peligrosos. Una década más tarde, pasaría a formar parte de balsas por los siguientes motivos.

- Comportamiento de resistencia física, química y biológica.
- Comportamiento de la conformación elástica y plástica.
- Comportamiento de relajación de tensiones. Cuando la deformación es constante y de largo plazo, las tensiones en el material bajan. El material se relaja y puede alcanzar un estado casi sin tensión alguna. Es verdad que en este punto de punzonamiento, pierde material, pero no llega a incrustarse, hasta pasado un largo tiempo.
- Resistencia al envejecimiento dependiendo del clima (20 años al menos en sitios templados).
- Las soldaduras en reparaciones son fáciles entre la nueva y la anterior, punto de máxima oportunidad.

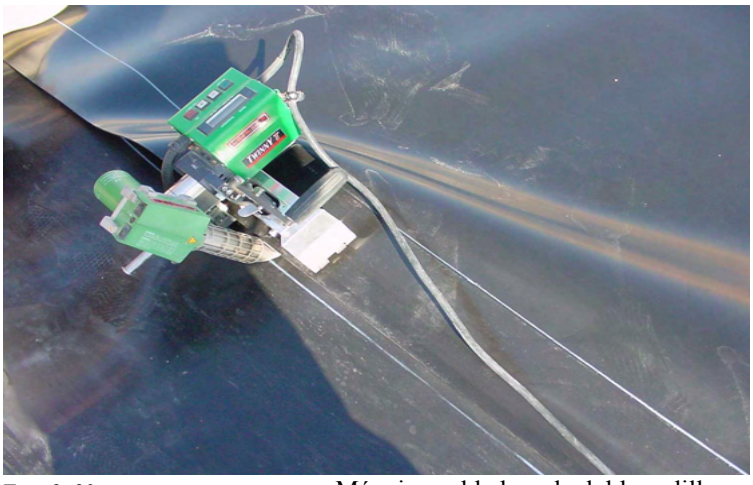


Foto 3- 20. Máquina soldadora de doble rodillo, deslizándose sin control directo y manual del operario, con el pie ha formado una arruga que paralizara a continuación la soldadura. Habrá que señalarlo y arreglarlo con la extrusadora.

Naturalmente la calidad de la geomembrana es consecuencia del material de su origen, resinas o materias primas (pellets de PEAD). La tecnología y la calidad de su obtención en cuanto a su producción aportarán la última palabra en su calidad, su costo, donde por cierto, se hace cada vez más competitivo con otras geomembranas.

9. E.P.D.M.

El caucho butilo, al establecerse sin ningún tipo de protección, fue la pionera en la técnica que hoy conocemos como impermeabilización, sin embargo, el problema de éste con el ozono y las mejoras de éste material sobre el butilo, poco afectado por cambio de temperatura al ser termoestable, hace que hoy día venga anunciado a "bombo y platillo" como la panacea de todos los males, aunque su inconveniente es la falta de resultados en el tiempo. De momento presenta problemas a la hora de soldarlos y se recurre a diferentes medios (pegados, vulcanizados), además necesita de un "envejecimiento" para conseguir mejoras en algunas de sus propiedades, como la resistencia a la tracción.

La naturaleza elastomérica le confiere carácter termoestable, lo que es una ventaja con respecto a otros materiales de carácter termoplástico. El que sea termoestable significa que no le afecta el calor, lo que implica una mayor sencillez en su puesta en obra y su evolución en el tiempo.

Pero como lo bueno dura poco, posee el inconveniente de que su soldadura no puede realizarse por termofusión, malo por su poca influencia por el calor, teniendo que recurrir a distintas combinaciones de disolventes y productos orgánicos adhesivos como la técnica llamada de "vulcanización" que consiste en colocar un adhesivo empleado para la unión de las membranas de naturaleza butílica disuelto en exano, tolueno o xileno, sellando con una masilla de EPDM.

Las soldaduras del EPDM son más complicada en la reparación de la lámina por rotura, debido al cambio experimentado por el elastómero. En una reparación puntual se precisa llamar a un especialista que realizará un "pelado" para recuperar tejidos no alterados y fijar la nueva tela a la anterior. Por otra parte, los valores de resistencia de la soldadura por pelado son extremadamente bajos comparados con el resto de los materiales utilizados como geomembranas sintéticas. Además, por si no fuera suficiente, hay que añadir que por efecto del calor, los disolventes retenidos en la zona de soldadura se expanden y producen burbujas o ampollas, que si bien no suelen tener en general, mayores problemas, si empeoran el aspecto de la obra. La técnica de la vulcanización "in situ" se está utilizando al efecto y, en este caso, desaparecen los fenómenos provocados por el disolvente y el aspecto del embalse impermeabilizado con éste método, mejora notablemente.

Un problema importante de ésta lámina es su baja resistencia al impacto dinámico, de tal manera que una lámina de reciente fabricación, cuando se va a instalar no tiene prácticamente resistencia mecánica a la percusión, lo que debe tenerse en cuenta a la hora de su colocación. Con el tiempo, se va produciendo la vulcanización total y al cabo de uno o dos años, el material ya resiste la acción del impacto dinámico. Contrariamente, el comportamiento de este material al impacto estático es extraordinariamente bueno.



Foto 3. 21. Dos aplicaciones del vulcanizado: blanco entre las dos láminas del solape y el tubo rojo, sellante de junta en la unión de las dos láminas del EPDM.

Otro fenómeno a tener presente, es el empleo de esta geomembrana sintética para embalsar aguas depuradas. Este tipo de elastómeros presenta una resistencia muy limitada a ciertos aceites y disolventes que pueden acompañar a este tipo de aguas procedentes de depuradoras. Habrá que ser muy cauto en el empleo de estos materiales con estos fines.

Si comparamos con otros materiales sintéticos tendríamos que añadir sus bajos valores en tracción y desgarro. Aunque se dice por las casas comerciales que duran cincuenta años, las garantías se dan por veinte años, lo que da idea de su duración.



Foto 3- 22.
Lámina de esquina, para replantear corte.
No se aplica el disolvente del vulcanizado, hasta pasado un mínimo de 24 horas, para que asiente la lámina.

Destacar la notable perdida de alargamiento en rotura y su baja carga en la resistencia al pelado, si se compara con la totalidad de los materiales empleados con estos fines.

Presenta el problema de su dificultad para realizar "parcheos", una vez pasa el tiempo por la misma.



Foto nº. 3. 23. Parches levantados en lámina de EPDM.

10. SELECCIÓN DE LA LÁMINA IMPERMEABILIZANTE.

La selección de la lámina depende de diferentes parámetros.

a) Tipo de terreno.
b) Altura de la columna de agua.
c) Pendiente de los taludes.
d) Forma de la balsa.
e) Longitud máxima de la solera del vaso de la balsa.
f) Asientos diferenciales.
g) Compactación empleada.

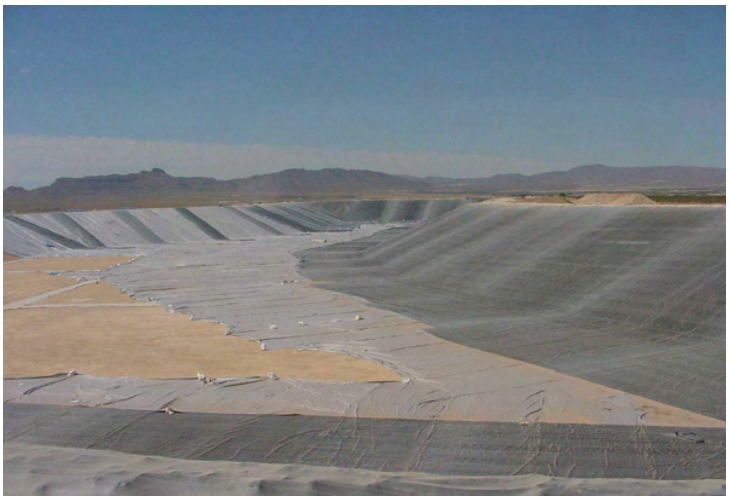


Foto 3- 24. **B**alsa de EPDM .

a) Tipo de terreno: La agresividad del firme donde apoya la lámina, determinará las características de la lámina, reforzándola en el mejor de los casos, por ejemplo el PVC-p (plastificado), manta de geotextil, etc, para reforzar el anti-punzamiento, así como materiales elásticos como el EPDM. El PEAD produce una deformidad que rodea el punzonamiento, perdiendo resistencia en este punto.

En general, en suelo rocoso la durabilidad de la lámina disminuye su existencia, ya que la presión continua de la columna de agua sobre ella provoca perforaciones en las zonas de contacto con piedras y guijarros.

b) Altura de la columna de agua: La presión sobre la lámina debida al peso de la columna de agua obliga a reforzarla a partir de alturas superiores de los 10 metros. En el caso del PEAD su espesor debe ser como mínimo de 2 mm.

c) Pendiente de los taludes: Al aumentar la pendiente es mayor el esfuerzo que debe soportar la franja más alta de la lámina. Si los taludes son mayores que 2:1 la lámina deberá ir reforzada.

En el caso de grandes alturas, las bermas y soldaduras se aplicarán mediante sistemas que no provoque tensiones indeseables en el "cuelgue" de la lámina, en sus solicitudes horizontales, así como las aplicadas sobre las soldaduras verticales (efecto pantalla).



Foto 3- 25.

d) Forma de la balsa: A la hora de unir los paños, la forma conforma el sistema de las piezas a unir y en los casos de las balsas circulares, las uniones de los paños aumentan y también las dificultades de las terminaciones triangulares para tomar las curvas.

Las soldaduras son mayores y de dudosa seguridad, sobre todo en el PEAD que hay que suspender fusión por extrusado.

e) Longitud máxima de la solera de la balsa: El hecho de tener más de 250 metros de longitud entre los lados de la base inferior, supone añadir paños y por tanto mayor número de uniones que podrían no soportar las tensiones acumuladas y producir fisuras, lo que obliga a reforzarla o bien a la colocación de un geotextil protector.

f) Asientos diferenciales: Podrían provocarse pequeños asentamientos de la base y de los taludes que obligan a la lámina a seguir un soporte con mayor sección que el original, esto se consigue en el caso del PEAD dejando una serie de arrugas estratégicamente repartidas para seguir la pequeña modificación estructural del asiento. En el caso del EPDM, permite por su flexibilidad, corregirlos mediante nuevas redistribuciones de elasticidad.

En aquellas situaciones que son necesarios asientos de obras de fábrica sobre la lámina instalada, tales como canal de entrada de agua, maestras de hormigón sobre taludes, lastrados, etc, interesa colocar materiales que den protección y aislamiento de la lámina. Nos interesa saber como se van a dar respuestas a las necesidades de dilataciones, y contracciones en el caso del PEAD.

g) Compactación empleada: Si el grado de compactación no es muy elevado se pueden producir asentamientos que exigen flexibilidad a la lámina

El uso de la lámina gruesa reforzada o del apoyo geotextil exige un grado de compactación mínimo del 95% Proctor Modificado.

11. NECESIDADES A TENER EN CUENTA PARA LA INSTALACIÓN DE LÁMINAS.

El soporte de apoyo a la lámina estará exento de irregularidades, de fallos, fisuras, sobresalientes (puntas de piedra). Ante su dificultad se tiene en cuenta a la hora de proyectar sus necesidades técnicas con el geotextil y geomembrana adecuado: Resistencia a la tracción, mecánica, etc.

El geotextil no presentará reacciones con el soporte físico del suelo. Los anclajes del pasillo estarán preparados para recibir la lámina, primero del geotextil y posteriormente, de la geomembrana especifica.

- Breve croquis de cómo se colocarán las piezas.
- Recepción del material.
- Colocación de láminas, solape previstos suficientes y regulares.
- Ausencia de vientos, lluvias, antes de soldar.
- Lastrado definitivo.
- Soldadura.
- Lastrado provisional
- Ausencia de daños superficiales.
- Limpieza antes de soldar.
- Uniformidad de material a soldar (pletina+lámina)
- Anclaje provisional ó definitivo.
- Tapado provisional o definitivo del anclaje.
- Evitar bordes angulosos.
- Prohibir que la maquinaria pise la lámina. Evitar que se deposite gasoil, aceite mineral, etc.
- Entregas de lámina a obras singulares.



Foto 3. 26. Muro con doble pletina de PEAD para más seguridad.

- Observancia de normas (el espesor extrusado > 3mm).

- Aprietes del cierre en las bridas, pletinas.
- Diseñar ubicación de zonas rugosas que eviten tirantez.
- Repasar soldaduras.
- Reparto de las mantas (Nº y situación).
- Detalles de las esquinas.
- Trazabilidad material, soldaduras, problemas de reparaciones.

12. UNIÓN DE LA LÁMINA.

Aunque hablaremos de ella en su colocación, construcción, adelantamos aquí su parte teórica.

12.1 Uniones.

12. 1. 1. Juntas de láminas.

12. 1. 2. Entregas en obras de fábrica.

12. 1. 3. Entregas en piezas especiales.

12. 1. 3. 1. Tuberías.

12.1.3.2. Bridas.

12.1.3.3. Anclajes mediante pletinas.

12.2. Máquinas, utensilios y demás herramientas utilizadas para unir.

Para realizar la aplicación de juntas suelen ser necesario una serie de aparatos, utensilios y productos que permitan la unión, protección y colocación de las láminas. Los podemos distribuir según su funcionalidad:

- Fusión.
- Extrusión.
- Pegados.

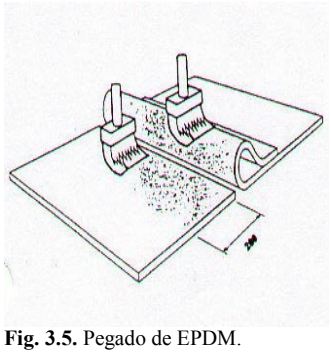


Fig. 3.5. Pegado de EPDM.

- Elementos a compresión.

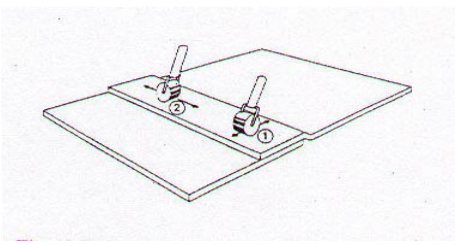


Foto 3. 6. Rodillo manual de apriete en EPDM.

1) Elementos para la fusión entre láminas:

- Soldadores.
- Rodillos.
- Disolventes.

Soldadores: Estos aparatos unen las láminas entre sí por termofusión, es decir, derriten parte del material de ambas láminas y al enfriarse, quedan unidos. Podemos encontrar varios tipos.

1) Por cuña caliente.
2) Por alta frecuencia.
3) Por aíre caliente.

Los más usuales son los eléctricos y llevan reguladores de flujo de aire y temperatura.

Existen manuales y sirven para pequeños trabajos como acabados, boca de afloramiento, etc, usados ampliamente para geotextil, PVC.



Foto 3. 27.

Para unir grandes longitudes se utilizan con sistemas de pequeñas maquinas dinámicas con aplicación de ruedas que regulan velocidad, aplicación de lengüeta para aplicar cuña de aire caliente, aplicación de rodillos de cierre, etc, siendo más fiable su tratamiento.

RODILLOS: Son útiles que se aplican para ejercer una presión manual sobre la lámina superior, recién soldada, para asegurar el contacto de ambas láminas, una vez aplicado el calor de los soldadores.

DISOLVENTE: Son aplicados sobre las láminas mediante brocha, pistola de presión dinámica sobre tubo al efecto, para permitir su unión posterior por la fusión.

OTROS SISTEMAS:

1 **Extrusión.** Es la aplicación de la extrusadora que derrite un hilo del mismo material de la lámina, para depositarlo sobre las juntas de ambas láminas.



Foto 3. 28. Extrusado.

2) **Pegado**: Se huye de éste término con otros sinónimos, por no gustar éste término. El pegado es la aplicación de añadir un adhesivo, bien como una cinta adhesiva, donde el pegamento viene incorporado en la cinta y se coloca sobre las dos láminas. También se puede aplicar mediante brocha, llamadas colas, pegamentos, disolventes, etc. sobre las dos láminas que se van a unir. Son utilizadas preferentemente en el PEBD, butilo, PVC.

3) **Otras aplicaciones**: Clavos de fijación, perfiles (metálicos, PEAD), masillas (EPDM, siliconas), láminas de geotextil, geocompuestos, cloropreno, caucho, etc.

12.3. Técnicas utilizadas.

12.3.1. PVC.

12.3.1.1. Soldadura con aire caliente.

Se le aplica aire con una temperatura media de 550 ºC sobre las dos superficies a unir, bien de modo con sistemas dinámicos más usual o manuales, blandeando y derritiendo ambas caras, momento en que le aplica presión para crear la unión entre ambos paneles de PVC. El tiempo y la presión deben ser cuidadosamente controladas para evitar se creen oquedades provocadas por el calor.

12.3.1.2. Unión con adhesivos.

Los paños de PVC son unidos con un adhesivo químico que pega a las dos superficies. El adhesivo debe satisfacer todos los criterios de una buena aplicación, pero existen variables que pueden ser difíciles de controlar en una obra.

Ambos métodos de unión se ven influenciados negativamente por las pérdidas de los plastificantes. El área unida se vuelve frágil más rápidamente que el material base. El factor de soldadura está en general un 50 % por debajo de la resistencia de la material base. En el caso de reparación de los paños de PVC, la absorción de agua a través de toda la estructura molecular del material hace casi imposible reparar los paños en uso con aire caliente o adhesivos, lo mismo sucede si se quiere unir un nuevo panel a uno ya colocado.

12.3.2. PEBD.

Banda autoadhesiva sobre las uniones del solapo.

12.3.3. PEAD.

12.3.3.1. Fusión.

Fundamentalmente por fusión de solapo de al menos 10 cms. de ancho con una máquina mecánico-eléctricas calentadas por cuña caliente o por aire caliente forzado a temperatura de 900 ºC, fundiendo el material que es aprisionado por dos pares de rodillos en ambos lados que los aprietan. Esta doble soldadura deja un canal o cámara central de aire entre ambas soldaduras, que sirve para verificar su estanquidad.

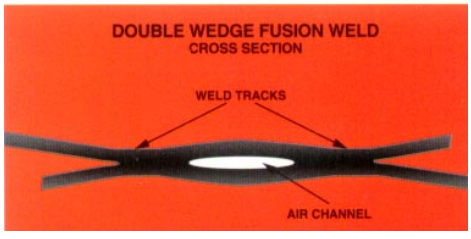


Fig: 3. 7. Doble soldadura con canal de aire.

Antes de comenzar a soldar, el técnico instalador de la soldadura, ajustará previamente la máquina conforme temperatura de soldadura, velocidad de la máquina y presión de los rodillos, para realizar una soldadura correcta, en función de las condiciones atmosféricas.

Cómo el material posee el inconveniente de su dilatación se aconsejan soldar en períodos lejanos a temperaturas estivales, del mediodía, húmedos.

Para verificar las uniones, se hará un control físico utilizando una aguja metálica roma, pasándola a lo largo del canto de unión, o bien insuflando aire por una punta y cerrando el extremo por medios de presión, para comprobar el estado de la soldadura) y toda la lámina, por si tuviera fallos, como el siguiente.



Foto 3. 29.

La soldadura es homogénea con el material de impermeabilización que está siendo soldado. La máquina soldadora es controlada automáticamente garantizando la uniformidad de la temperatura de soldadura independientemente de las condiciones de la obra. El resultado es una unión de buena calidad con un factor de soldadura del 100 %, es decir, las propiedades de la soldadura son idénticas a aquéllas del material base.

12.3.3.2. Extrusión.

Se realiza aportando mediante máquina extrusora portátil; el mismo material sobre la junta de la lámina. La máquina toma un cordón continuo de PE y lo deposita derretido sobre la junta previamente lijada, calentada con la propia máquina que aporta el material derretido sobre ambas láminas. Posteriormente se extiende uniformando el cordón vertido. En una anchura mínima de 3 cms y altura de 2 a 3 milímetros.

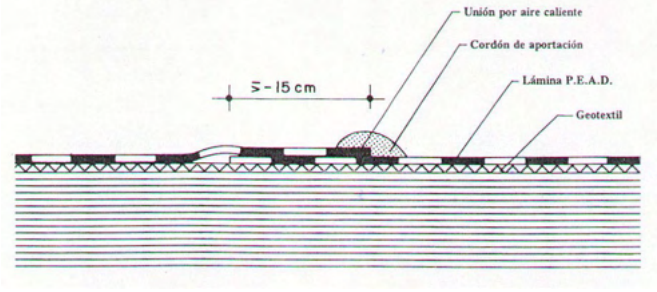


Fig. 3. 8. Soldadura de extrusión.

Este tipo de soldadura se utilizará solamente en pequeñas reparaciones (parches), refuerzos de uniones de varias geomembranas T, piezas especiales y en general en toda unión de geomembranas que no pueda realizarse con máquinas de doble soldadura con canal intermedio de comprobación.

Para verificar el estado de soldadura, se suele dejar un hilo de cobre que se cubre con la soldadura y después se verifica con una maquina eléctrica que de no estar bien realizada forma un arco eléctrico entre el hilo de cobre no cubierto y la maquina (chispometro).

12.3.4. EPDM.

12.3.4.1. Láminas vulcanizadas.

12.3.4.1.1. Banda autoadhesiva de 12,7 cm

Se prepara un solape de 15 cm, entre ambas láminas, se repliega la lámina superior y se aplica una imprimación de un liquido limpiador, después se aplica con una muñequilla especial (almohadilla) una película uniforme con un producto de imprimación, gris oscuro uniforme, en ambas caras, secado durante 10 minutos, aplicación de la banda autoadhesiva sobre la cara inferior, se desprende el protector adhesivo y se presiona la lámina superior con rodillos.

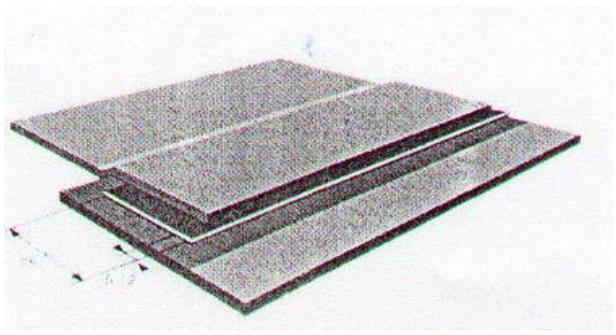


Fig. 3. 9. Banda autoadhesiva de EPDM.

Solape de 15-20 cms, se levanta la parte superior, se limpia las caras y se aplica un adhesivo (figura 3.9: exano, tolueno, xileno) en una distribución uniforme con brocha en sentido longitudinal, no circular, cerramos la junta y aplicamos el rodillo (fig. 3.10), después de pasada 4 horas, se aplica un sellante (fig. 3.14) sobre la junta con un cordón de 25 mm como mínimo. La soldadura es vulcanizada (Fig. 3. 7).

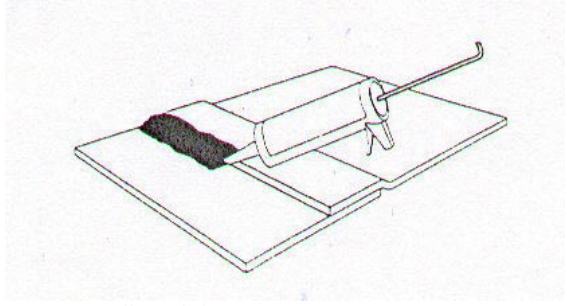


Fig. 3. 10 Sellante de junta en EPDM.

12.3.4.2. Láminas no vulcanizadas.

Solape similar a los anteriores, limpieza, aplicación de cola de reticulación con brocha, sobre la zona de solape de la lámina inferior. Dejar secar esta cola (test de tacking, con el dedo limpio ver que no se adhiere ni trae hilos pegados) y aplicar la geomembrana superior sobre la inferior encolada y seca, presionando con rodillo. Después de 4 horas, sellar posteriormente con un cordón de 6 mm de ancho (1 cartucho cada 6 metros), sobre el canto de la junta, extendiendo y conformando la masilla con una plantilla curvada, centrando el canto de la junta.

12.4. Pruebas de seguridad.

a) PEAD:

- Estado visual de la unión, apoyado mediante instrumento romo que ausculte el solape.
- Prueba de "soplado" mediante bomba y mantenimiento de la presión manométrica con dos atmósfera y duración de mantenimiento de 5 minutos.



Foto 3. 30. Comprobación del canal fig. 3. 12.

- Prueba del "chispometro" previa instalación anterior de hilo de cobre sobre soldadura extrusada.

b) EPDM:

* Visual e instrumento romo.

13. DIFERENCIAS DE LÁMINAS MÁS USUALES.

13.1. Dispersión de criterios.

Se puede resumir en dos tipos de materiales, aquellos que tienen "memoria" de su inicio y aquellos que son "olvidadizos" de sus anteriores formaciones. En los primeros tenemos aquellos que después de su obtención (mediante formas en prismas, cilindros) son de nuevos

tratados y modificados por tratamientos de calor para formar parte de otra estructura distinta: la laminar (estirando sobre los primas, cubos, cilindros, etc). Estos tienen tendencias a "rebelarse" y presentan problemas en su estructura química, que son progresivamente **INESTABLES** y tienden a modificar estas estructuras. En éste grupo tiene los PVC, los butílicos, limitando su existencia. En un segundo grupo, tendríamos a los "olvidadizos" y que en su composición no hubo un gran paso intermedio, formándose desde el inicio como productos laminados (eso sí, a partir de granzas) y constituyen los polietilenos.

Pero estas interpretaciones, de "materiales vengadores o no", sería una simple conclusión, puestos que existen otros elementos de naturaleza química que se combinan para dar un resultado final, como son:

- Elementos añadidos a los radicales mediante formulación química, por ejemplo el cloro, cambiando sus propiedades.
- Inserción de otras estructuras, como fibras de vidrio, hilos sintéticos.
- Plastificantes, que dependerán del tipo, calidad, unión, etc.
- Proceso de fabricación: números de capas, continuidad.
- Dispersión del negro de humo
- Reacciones posteriores (radiaciones U.V., ozono).

Estimar su vida útil, la durabilidad en el tiempo, es una consecuencia de cúmulos de interacciones de diferentes acciones, además de las características de la geomembrana en su composición, aditivos, armaduras o no, espesor, apoyadas en el terreno o geotextil, soldaduras, etc.

Los ensayos se realizan según diversos tipos de normalización y dependerán de los distintos tipos de materiales, a modo de orientación, los distintos ensayos que suelen realizarse en EEUU.

La geomembrana debe mantener suficientemente sus propiedades de resistencia e impermeabilidad, y no verse afectada por el agua, ni las sustancias que este elemento lleve disueltas. Tampoco debe producir afección apreciable con el aire (oxidación), en el contacto con el suelo y sus elementos básicos o ácidos, y en su caso los rayos solares (PVC), ozono (caucho butilo), etc.

Atención destacada presenta la acción de brotes en el vaso de cañas, juncias, juncos, gramas, etc por acciones de raíces que puedan producir perforaciones de la lámina.

La forma de la unión de la lámina, juega un factor importante, siendo determinante la forma de su realización, que puede hacerse en fábrica (mantas), o bien en obra (rollos), siendo ésta última la más habitual de todas. La dimensión de la pieza es importante, pues una mayor superficie permite un menor número de soldaduras o uniones, lo que permite una mejor garantía de acabado, debiendo exigirse lo más larga y ancha posible, para evitar formar juntas, sobre todos horizontales (prohibidas).

De la forma como tengamos diseñadas la planta, de su altura de calado, de aristas de obras de fábrica de hormigón (bordes curvados), del terreno (piedras con aristas, pizarras, etc.), de la inclinación de los taludes (más inclinación, mayor tracción), tapadas con arena y grava o no (predominan estas últimas, puesto que la recubierta exige taludes 5:2 ó bien 3:1), de las entregas en los anclajes, de los soportes de lastrados, etc. tendrá necesidad de una u otra geomembrana.

Por último, de cómo trabaja el embalse, de sus permanencias en "seco", de la zona climática (sol, viento), se determinarán partes de otras acciones a tener en cuenta en su vida útil y duración.

13.2. Vida útil.

Debe situarse en torno a los 20 años de su existencia como mínimo, aunque la experiencia de muchas ellas no se sitúan ni en los 10 años, como les ocurre a los PVC.

Resaltan los estudios llevados a cabo por Manuel Blanco y Escolástico Aguiar en más de una docena en diferentes embalses canarios, con antigüedad en algunos de ellos de 1.985, donde predominan diferentes PVC/p homogéneo, fibra vidrio, hilo sintético; PEAD; PEMD; EPDM; EVA; PP; otros.

Concluyen en un detallado informe:

- PVC: Pérdida de plastificante menor en las homogéneas. Las de fibras de vidrio bien. En la unión de las compuestas, el poliéster y la resina vinílica no son buena, al tener coeficientes de dilataciones distintos, conduciendo a fallos en el material y fundamentalmente en la zona de soldadura, ocasionando el fenómeno de la deslaminación. La parte más soleada y superficial, es la que presenta más pérdida de plastificante, mayor retracción y rotura en el ensayo de doblado a bajas temperaturas (alguno a los dos y tres años de su colocación.
- PEAD: Presenta un problema en el punzonamiento estático. Presenta problema desigual en pruebas de tracción.
- EPDM: Impacto estático es bueno, menor valor en tracción y desgarro, perdida de alargamiento y baja resistencia al pelado.
- Propileno y EVA/C: Elevada resistencia al punzonamiento estático, sobre toda el EVA.

13.3. Garantías.

Estas dependen naturalmente de sus propiedades, a modo sólo orientativo, estas podrían ser:

MATERIAL.	Butilo.	P.V.C.	PEAD.	E.P.D.M.
Densidad (g/cm^3).	1,25	1,21	0,94	1,26
Deformación en rotura.	>400%	>250%	>500%	>350%
Resist. Rotura (N/mm^2)	8-10.	15-20.	25.	8-10.

Cuadro 3. 5.

Estos valores corresponden a materiales sin refuerzo alguno, con cargas de poca duración y ensayados a temperatura ambiente. Al no ser materiales elásticos se producen deformaciones no recuperables importantes si la solicitación es permanente. Además es preciso considerar la existencia de fenómenos de fluencia, es decir, de aumento de la deformación a carga constante.

Afortunadamente la tipología adoptada usualmente no origina que las membranas estén sometidas a grandes tracciones, que de existir deberían ser evitadas con medidas complementarias.

De más relevancia es el fenómeno de rotura por incrustación de cuerpos con aristas vivas (guijarros) que también obliga a disponer sistemas de protección contra la rotura por punzonamiento estático o dinámico. También el cuarteamiento debería de incluirse.

En el gráfico anterior se muestran distintos cuadros comparativos de sus principales requisitos, el desgarro, tracción, punzonamiento. Hay que tener en cuenta que no participa el EPDM, por falta de datos verificados en el tiempo.

13.4. Seguimientos.

En Murcia no existe seguimiento de la evolución de las láminas, sino que se resuelve la deficiencia por un cambio de otra clase, sustituyendo a la anterior y sin considerar su evolución de rentabilidad o causa de tal deterioro. Después el número de casos coincidente, mediante rechazo generalizado, se deja de colocar.

14. MERCADOS Y TENDENCIAS.

En Murcia, se comenzó con el PEBD y PVC, para después decantarse en dos posibilidades:

- PEAD.
- EPDM.

Según las circunstancias de la zona, se colocan una u otra, siendo la de PEAD la que gana en adeptos. La cuestión económica que podría venir a resolver parte de soluciones, tampoco ayuda mucho, puesto que ambos están en precios muy similares, rondando en el caso de 1,5/2 mm las 1.000 pesetas metro cuadrado, dependiendo de las casas comerciales que poseen mayor voto de simpatía por parte de usuarios.

El hecho de observar o pedir garantías, no suele tener práctica habitual y lo único que influye es el comportamiento en tiempos actuales de membranas similares, así las roturas de éstas suelen influir de forma inmediata sobre el cambio de tendencia, siendo las de EPDM las que constituyen mayor número de sobresaltos (nacimientos de juncos en fondo, roturas), aunque también existen sobresaltos en el PEAD, sobre todo en las zonas altas y frías.

En cuanto a datos estadísticos de uso en otros mercados como el norteamericano, suele decantarse hacia el EPDM con una clara ventaja (89 millones de metros cuadrado, 78%) mientras que en Europa es tan sólo del 18,3 % (9,5 millones de metros cuadrado), siendo mayoritario en el PVC.

Una vez superada y aceptada la fuerte variación de dilatación y contracción del PEAD como natural, es confiar en su respuesta, aunque debe ser el análisis de su localización, de la obra (buen acondicionamiento del talud, sin presencia de piedras para evitar el punzonamiento estático), la que tendrá la última palabra.



Foto nº. 3. 31.

15. PRECIOS ORIENTATIVOS EN LA IMPERMEABILIZACION.

Orientativos, una vez colocado:

- Geotextil: 1,5/2 €/m^2 colocado.
- PEAD: 5/7 con espesores de 1,5/2 mm. €/m^2 colocado.
- EPDM: Sobre los 6 €/m^2 colocado, vulcanizado de 1,5 mm.

Ahora bien, hay que especificar en el Proyecto si entran las pérdidas del solape (2-3%) y la del anclaje del pasillo (1 m^2 de lámina por metro lineal de anclaje). Se debe aclarar para evitar dudas, por ejemplo de la siguiente manera:

M^2. Lámina impermeabilizante de polietileno de alta densidad de 1'5 mm de espesor, unida por medio de termofusión, extrusión, totalmente colocada, verificación de pruebas de estanqueidad de la junta, conforme acuerdo a la normativa, sin medición de solapes o pérdidas de recortes.

Capítulo 4.

PREVENCION, DETECCION Y CONTROL DE DAÑOS EN LA BALSA.

- ¿A que llamas apear, o a que dormir? - dijo don Quijote-.
¿Soy yo, por ventura, de aquellos caballeros que toman reposo en los peligros?. Duerme tú, que naciste para dormir, o haz lo que quisiere; que yo haré lo que viere que más viene con mi pretensión.
El Ingenioso Hidalgo Don Quijote de la Mancha.
Miguel de Cervantes.

1. SEGURIDAD FUNCIONAL.
2. TIPOS DE PROTECCIONES.
3. CLASES DE ACTUACIONES.
4. FILTRACIÓN DE AGUA EN LA BALSA.
4.1. Fallos en el sistema de impermeabilización.
4.1.1. Impermeabilización con arcillas.
4.1.2. Impermeabilización con geomembranas.
4.1.3. Estructuras y láminas.
4.2. Averías en la conducción de vaciado.
4.2.1. Fallos en la unión de la lámina con brida.
4.2.2. Roturas de la tubería de salida por asientos diferenciales.
4.2.3. Oxidación y fatiga de soldadura en la tubería.
4.2.4. Condiciones y cuidados ha considerar en la salida.
5. DRENES. SISTEMAS DE EVACUACIÓN CONTROLADA.
5.1. Introducción.
5.2. Tipos de drenes.
6. CALCULOS DE SECCIONES DE DRENES.
6.1. Filtros sintéticos.
6.2. Filtros naturales.
6.3. Aplicación y condiciones de drenaje.
6.4. Drenaje en pasillo de coronación.

7. EVACUACIÓN DE GASES DEBAJO DE LA LÁMINA IMPERMEABLE.

8. DEFENSA DEL EFECTO DE SUCCIÓN DEL VIENTO.

9. DESBORDAMIENTO.

10. DAÑOS POR ESCORRENTÍAS DEL AGUA DE LLUVIA.

11. DESPLOMES DE TIERRAS POR ENCIMA DEL PASILLO DE CORONACIÓN.

12. DETERIORO DEL TALUD EXTERIOR.

13. SISTEMAS DE ALARMAS PARA DETECTAR FILTRACIÓN.

13.1. Control De la instalación de la balsa mediante telecontrol.

13.2. Diseños para detectar fugas.

13.3. Sistemas de alarmas eléctricas.

13.4. Gestión de información de alarmas.

13.4.1. Puntual o zonas reducidas.

13.4.2. Análisis general de toda la balsa (solera y taludes interiores).

14. OTROS SISTEMAS.

15. ACTOS VANDÁLICOS.

16. IMPORTANCIAS DE LAS PENDIENTES.

17. REPARACIÓN URGENTE DE UNA ROTURA DE LÁMINA CON AGUA EN LA BALSA.

1. SEGURIDAD FUNCIONAL.

¿Cuánto nos va a durar la balsa?. En general, a lo más que se llega en un proyecto es a comparar la inversión desde el objeto constructivo, diciendo que tal o cual sistema nos sale el m^3 de agua embalsada en tantas pesetas. Nada se dice de la vida útil, de un plan de mantenimiento, de la rentabilidad que supone para el uso de la explotación comunitaria o particular.

El número de balsas en el sureste es alto y además se van incrementando en capacidades, llegando incluso al millón de m^3 (embalse de "Las Águilas" en Orito, Alicante), sin embargo, la mayoría adolecen de medidas de seguridad y a lo máximo que se ha llegado es a realizar sistemas de drenajes para aliviar las fugas, de modo controlado.

Decir que España es uno de los países con un mayor nivel de experiencia en éstos tipos de obras, no es nada extraordinario. Las grandes presas fueron realizadas al amparo de normativas de tristes experiencias, como la fatídica noche de enero de 1.959, donde los guardas de la presa de Vega de Tera, en Zamora, escucharon un crujido que confundieron con un trueno. La presa se rompió en los contrafuertes, con tan sólo tres años de existencia y en ellas perdieron la vida 144 personas. A partir de aquí, se creó una comisión que elaboró una normativa para sucesivas construcciones. En 1.982 rompió la de Tous (9 muertos y cuantiosas pérdidas materiales) donde se evidenció que no sólo era necesario vigilar la construcción, sino administrar y prevenir el riesgo.

En 1.996 el ministerio de Borrell aprobó un severo reglamento para garantizar la seguridad o minimizar los efectos sobre las personas y bienes situados aguas debajo de los embalses en caso de accidente.

Países como Suiza, Italia o Estados Unidos esas normas están al alcance de los potenciales afectados. A lo largo de los cauces hay carteles indicando el nivel que podría alcanzar el agua, el tiempo que tardaría la avalancha en llegar hasta allí, sistemas de alarmas para la población, etc. En España no se atrevieron a clasificar las presas por el número de muertos que puede causar su rotura, como hacen en Estados Unidos. La catalogación define tres categorías A, B y C en función del riesgo potencial.

* Categoría A: ... afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, así como producir daños materiales o medioambientales muy importantes.

* Categoría B: .... ocasionar daños materiales o medioambientales importantes a un número reducido de viviendas.

* Categoría C: ..... daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdidas de vidas humanas.

Todas las presas incluidas en los dos primeros grupos "deberán disponer de su correspondiente Plan de Emergencias". El reglamento daba un año de plazo para que las presas del Estado presentaran sus propuestas de clasificación (las privadas quedaban excluidas inicialmente). Hasta el momento, en España ninguna presa cuenta con planes de emergencia. La mayoría de las que lo han hecho pertenecen a concesiones hidroeléctricas.

En general según José Alberto Herrera, vocal del Comité Español de Grandes Presas, los índices de roturas son más altos en las pequeñas presas que en las grandes. Si tenemos en cuenta que en España el 80% de los embalses son de menos de 25 Hm^3, y sus propietarios carecen de posibilidades económicas y técnicas para cumplir con las normas establecidas, tendremos ante nosotros la perspectiva de asegurar lo construido, mediante medios técnicos. Poseer unos reglamentos legislativos especifico. Todo un reto profesional.

Es Canaria donde se promueven iniciativas de perfeccionamiento de técnicas de construcción y seguimientos, debiendo tener en cuenta que en Canarias existe la mayor concentración de embalses (presas) por superficie del mundo, 62 catalogadas. Entre todas ellas sólo almacenan 10 Hm^3 de agua.

En Murcia no existe ese ánimo a pesar de tener acumuladas diferentes experiencias negativas en éste respecto, así fueron primeras páginas locales de roturas la de Mula (1.987), Lorca (1.989) y la última de Almendricos en Diciembre de 1.998, donde levantó más de 200 metros de la vía que une la población de Águilas con Murcia.

En el ámbito nacional, tenemos la reciente rotura de la balsa del Rincón, en Hueca, de impermeabilización natural por arcilla, cercana al medio millón de metros cúbicos, donde provocó daños de bienes particulares (granjas de cerdo) y en infraestructuras (caminos, carreteras, ferrocarril). A continuación se muestra fotografía.



Foto nº. 4.1. Rotura de balsa de medio hectómetro en Rincón. 21/1/2.001.Foto publicada por Heraldo de Aragón.

La mayoría de las actuales balsas poseen una edad superior a los diez años, sin contar con la menor gestión por parte de la Administración Regional en cuanto su estado de construcción y conservación. Además se une una climatología adversa por horas de luz solar, por deficientes suelos estructurales, etc. Si el final es la espera de su rotura, por el hecho de agotar todas sus máximas condiciones de seguir siendo usadas y no se adoptan medidas por parte de la Administración, que en teoría es subsidiaria de los daños que pudieran efectuarse, podría asegurar que esta falta de legislación, provocará graves problemas sino se adoptan medidas para evitar tales daños previsibles a corto plazo.

Falta urgentemente una normativa que regulen de forma sistemática los apartados no sólo de su construcción, sino de su vigilancia en su estado de conservación y servicio.

2. TIPOS DE PROTECCIONES.

Los tipos de protecciones responden a los siguientes daños:

- Debidos a filtraciones de aguas que modifican las estructuras de contención y función, de los terraplenes. Estas pueden ser debidas a una falta de correspondencia de transmisibilidad hidráulica menor de 10^{-6} cm/s en arcillas o bien roturas de la geomembrana impermeable.
- Acumulación de gases no evacuados debajo de la lámina impermeable.

- Al efecto del viento sobre la lámina, succionando y rompiendo la tela.
- Oleaje sobre la lámina (rompeolas mediante línea de flotadores).
- Al desbordamiento del agua por puntos distintos al señalado por el aliviadero.
- A las escorrentías de aguas de lluvias a través del pasillo de coronación, pies de taludes, etc.
- Al progresivo deterioro de los taludes exteriores, los que están en la intemperie, donde se forman surcos de escorrentías con mayor o menor profundidad.
- Desprendimiento de tierras por encima del vaso, afectando el desplome a la estructura.

3. CLASES DE ACTUACIONES.

Las clases de actuaciones pueden estar previstas como:

- Preventivas.
- Activas.
- Paliativas.

En las preventivas se contemplan en el momento de la construcción como exigencias propias del Proyecto. En éstos supuestos se encuentran el diseño de las redes de drenajes de filtraciones, de gases, etc.,, así como protecciones de piezas para evitar su deterioro (protección galvánica sobre elementos metálicos, por ejemplo). Son medidas que tratan de evitar los posibles daños que puede sufrir la balsa a través del tiempo.

Las medidas activas son sistemas de auscultación constante a través del período vigente de su actividad y que necesitan de control e interpretación, así los aliviaderos se deberán de revisar en su estado de limpieza para cumplir su función. La vigilancia de las salidas de drenes para observar filtraciones, los sistemas eléctricos que ayudan a la automatización y aviso de alarmas, en perfecto estado de conservación, etc.

Las paliativas son sistemas que corrigen defectos y fallos observados mediante actuaciones de emergencias. Esta situación suele darse cuando las balsas no contienen elementos de seguridad y en su posterior remoción se tratan de incorporar drenes en la balsa por no llevarla debido a su antigüedad (hace diez años no se daban) y que aprovechando la sustitución de impermeabilización, se considera conveniente realizar un dren. También puede llevar implícito reparaciones urgentes, vaciados y otras decisiones de carácter urgente para evitar un desastre. Estas decisiones de urgencias son importantes de tomarlas con un sentido responsable y compartir ayudas que posibiliten diferentes opiniones de opciones.

En general, responderán a un defecto de los apartados siguientes:

- Aspecto constructivo: Falta de cohesión, permeabilidad, cimentación, compactación, etc.
- Impermeabilidad: Rotura de lámina, soldadura, conducción de tubería de salida, etc.

- Elementos de funcionalidad: entrada, salida de agua, aliviadero, resguardo, etc.

Aunque será a veces difícil evaluar un aspecto único de fallo, por ejemplo, una pequeña fuga de la lámina impermeabilizante provocará probablemente un cambio de la base del talud y si son de materiales finos, por ejemplo arcillas inorgánicas de baja plasticidad, provocara derrumbe y cambios de pendientes del talud, provocarán nuevas tensiones en la lámina que pueden romper y así un largo etc.

En general, estudiaremos los debidos a las consecuencias de las fugas de agua importante a través de los terraplenes, causas que las precedieron y detección de las mismas.

4. FILTRACIÓN DE AGUA EN EL VASO.

Los signos naturales de las fugas de un embalse lo podemos conocer por algunos de los síntomas siguientes:

- Matas de plantas aledañas al embalse, que verdean de forma exagerada y robustez impropia.
- En el plástico de los taludes: hundimientos, deformaciones, asientos exagerados, surcos de canalizaciones en la solera de la balsa.
- En el pasillo de coronación asientos del terreno (cuando la compactación fue insuficiente, porque sí fue adecuada, ésta no suele transmitirse), grietas.
- Roturas en la obra de fábrica como bordillos, entradas, en los postes del cerramiento deformaciones, etc.

4.1. Fallos de diseños.

4.1.1. Impermeabilización con arcilla.

- Insuficiente plasticidad (estanqueidad).
- Cambios estructurales (agrietamientos cuando se secan).
- Cambios en su naturaleza química.

4.1.2. Impermeabilizados con geomembranas.

Roturas de lámina debida:

- Agentes meteorológicos.
- Animales, plantas.
- Vandálicos.
- Contactos: Punzante de piedras, obras de fábricas, juntas metálicas, (Mecánicos).etc.

- Entregas, pesos, asientos diferenciales.
- Pérdida de propiedades de la lámina por envejecimiento, deslaminados, grietas, cuarteado por endurecimientos, etc.

4.1.3. Mal emplazamiento o diseño.

Parte de los males que sufren las balsas, vienen determinados por un mal diseño de su planteamiento inicial.

- Terrenos inapropiados: turbas, materia orgánica, limosos, travertinos, etc.
- Falta de compactación.
- Geometría del vaso: Evitar pendientes excesivas en taludes, bordes, aristas, longitudes superiores a 250 metros en la solera del vaso, etc.
- Obras de fábricas:

- Entrada del agua: Evitar obras de hormigón armado a modo de canales. Son pesadas, ocultan parte de zonas de impermeabilización que no sabremos cuál es la situación de su estado de conservación.
- Entradas de personas y maquinas: Es adecuado dejar en el talud, si éste lo permite en sus dimensiones, una rampa que dé acceso al fondo del vaso, e incluso por ésta bajada más suave en pendiente, colocar la tubería de entrada de agua al fondo del embalse.

La protección de estas bajadas para la maquina pueden ser suplementadas en su momento de uso para evitar el contacto de los neumáticos que deberían de tener un diseño de ruedas lisas para evitar desgarros.

- Aquellas balsas que reciben el agua de ríos, escorrentías de ramblas, suelen tener depósitos de finos que son necesarios evacuar fuera del vaso con ciertas frecuencias y que deben ser previstos en sus asientos diferenciales con pendientes adecuadas en la solera del embalse para facilitar la retirada de éstos finos fuera del vaso, suele dejarse una segunda salida o bien la misma con una alternativa que permita sacar por arrastres de lodos éstos finos fuera del embalse. La permanencia de estos lodos, depositados en el fondo del vaso, es favorable para proliferar algas, peces, renacuajos, tortugas (poseen uñas que arañan la lámina cuando salen) y aves, condenadas innecesariamente a la extinción en caso de vaciar totalmente la balsa de agua. Lo que lleva a otro análisis añadido de una situación no deseada.
- Aliviaderos mal diseñados.
- Segunda tubería para emergencias: Suelen ser necesarias para evitar desbordamientos en caso de llenados incontrolados, oleajes. El problema es que duplica la inseguridad doblemente en la salida.
- Control de la salida: En forma de embudos, no realizar codos de 90º, revestir el acero con tratamientos galvanizados, hormigón de acompañamientos, túneles de salidas, controles de salidas con llave de compuerta**.**

4.2. Averías en la conducción de salida.

4.2.1. Fallos en la unión de la lámina con brida.

La parte más frágil de una balsa, **su punto más débil, es la "salida",** porque además de tener el acceso y el permiso "oficial" de la salida deseada a la tubería de conducción diseñada, el agua, que es "muy fina" - cómo dicen los agricultores - se cuela entre las juntas de la lámina y el conjunto de bridas atornilladas (la peor la del polietileno) y se dedica a investigar por debajo de la lámina para descubrir fallos, aunque es verdad que suele marcharse pronto y por el camino más fácil, esto es, si la balsa posee un dren (que debería servir sólo para extraer aguas de filtraciones naturales del terreno).

Existen distintas formas de salidas y de solucionar la unión de éstas piezas con la lámina, según tipo de solución adoptado y de la lámina colocada, tendremos distintos problemas, donde la más complicada es el PEAD con la salida de brida (embudo a nivel del suelo, alcachofa, toma flotante, etc.). En el caso del EPDM no hay problema. Estudiaremos el caso del PEAD con la brida acoplada a pletina atornillada, constituida por un doble cierre como la foto siguiente, donde permite mayor estanqueidad.



Foto nº. 4. 2. Acople de PEAD en arqueta hormigonada, donde esperan los espárragos la pieza de alcachofa, en salida.

El PEAD posee problemas en el cierre, a pesar de acompañarlo con bandas elastomérica de baja densidad que presionan a modo de sándwich el PEAD.

El sistema de doble cierre propuesto consiste en lo siguiente:

1) La construcción de una arqueta con perfiles de PEAD, donde se suelda toda la lámina del fondo de la balsa de modo extrusado (puede practicarse una previa soldadura de fusión entre perfil y lámina a 400º con soplete).

2) Lámina brida (foto nº. 4.2) y soldadura del extremo de todo el paño a la lámina del fondo de la balsa, por encima de la soldadura extrusada anteriormente (foto 4. 3).

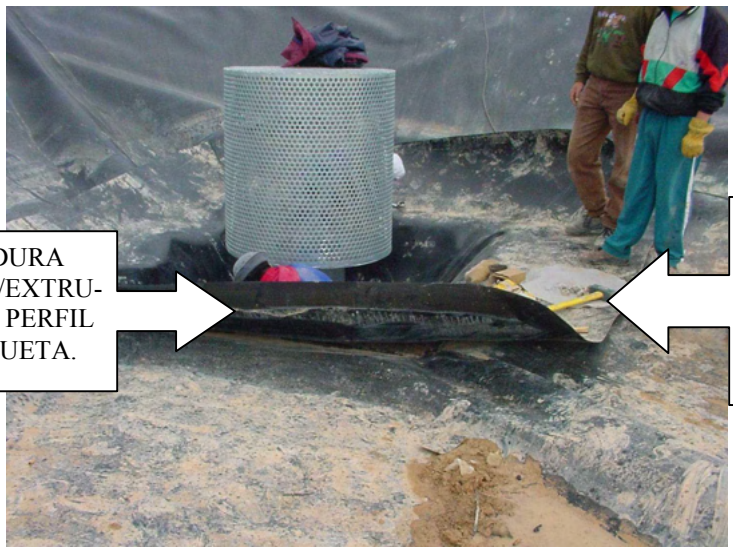


Foto nº. 4. 3. Colocación de segunda lámina.

La conducción de salida fue realizada anteriormente en la fase del movimiento de tierras, donde se cerró la galería visitable, siguiendo con los detalles de la anterior foto. Observamos el tubo de salida con la brida y espárragos. Al tubo de salida le acompañan dos auxiliares en paralelo, correspondiente a los drenes. Todo los tubos fueron cubiertos de hormigón para su protección.



Foto nº.4. 4. Tubo de salida en "L" con brida atornillada. Al fondo encofrado perdido.

Cuando penetra agua por la brida de salida, ésta hunde el terreno de relleno y deja patente la obra de hormigón. Este hundimiento de la zona, provoca la rotura de la soldadura por el peso de la columna de agua soportada. Observe los dos fallos de soldadura en la unión de láminas del PEAD, cercano a su salida, en la siguiente fotografía.

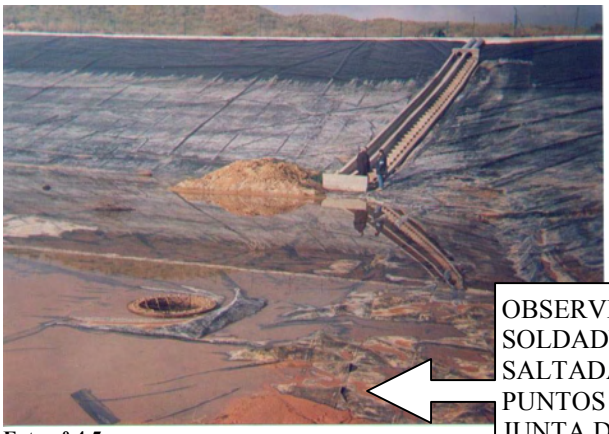


Foto nº.4.5.

La forma de conducirse el agua filtrada por esta zona, es por la excavación de la propia tubería de salida y el terreno natural donde se excavó en el caso de no poseer galería visitable, sino tubo de acero hormigonado a través del terraplén. La protección del tubo de salida con hormigón, no impide que los asientos diferenciales del asiento de ésta tubería hormigonada deje de flexionar el tubo, que de estar soldado transversalmente, rompe por la soldadura, de ahí que interese colocar tubería de soldadura helicoidal.

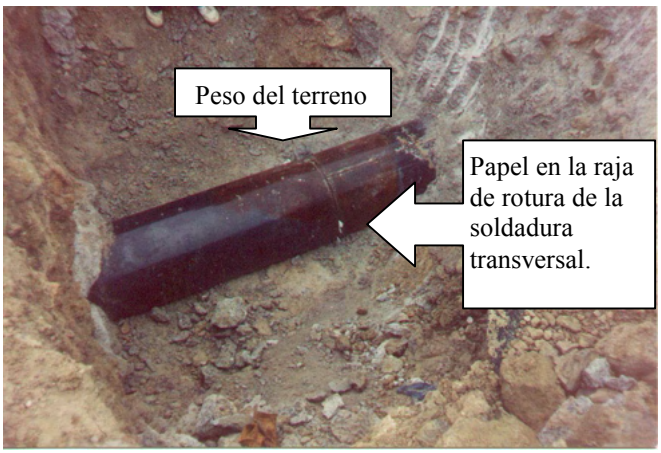


Foto nº. 4. 6.

Por último, en el cierre de la lámina impermeabilizante con la brida metálica para efectuar el **cierre estanco** de todo el vaso:

- No se acompaña del geotextil (es permeable).

- Se acompaña con una junta de material como el caucho, neopreno (interesa que su cara presenten pequeños cuadros en forma de cuadricula, donde al presionar, forman pequeñas ventosas sobre la lámina del PEAD).

Suele ser la parte más delicada de todo el proceso y se debe de controlar los ajustes de presionados de las tuercas de forma pareja, controlando de forma exagerada y extremado su cuidado para evitar que por la junta se filtre el agua.

4.2.2. Roturas de la tubería de salida por asientos diferenciales.

En caso de realizar la conducción de salida sin auxilio de otros tubos que hagan de camisa o de galería visitable, suele plantearse cuál de todos ofrece mayor seguridad y ventaja, dudando entre los PVC y metálicos, donde el primero presenta el problema de su baja resistencia a soportar pesos y en los segundos, aunque resuelve bien el factor resistente, presenta el inconveniente de fallos en la corrosión, siendo dudosa la elección.

Parece que la más ventajosa de las soluciones, aunque no económica, es la elección de la tubería de **fundición dúctil** y por ello queremos realizar una reflexión sobre la misma, cuya normativa está recogida en la UNE-EN 545.

Los tubos de fundición dúctil presentan el grafito de forma esferoidal y poseen normalmente un tratamiento externo de una capa de cinc y en el interior revestimiento de mortero de cemento (pueden modificarse en otros tratamientos), usándose con mayor aplicación el de enchufe de campana con junta de goma elástica, flexible y el otro extremo liso, teniendo racores que son piezas que permiten derivaciones en "T", codos, disminución de sección, etc., existiendo acoples varios de brida-enchufes, bridas-lisos, manguitos, así como otros accesorios.



Foto nº. 4. 7. Salida balsa en fundición dúctil. Torres de Cotilla.

El diámetro existente va desde los 40/2000 mm,. Lo normal 400/600, disminuyendo resistencia a la ovalización cuánto mayor es su diámetro. Existen fórmulas para calcular el diámetro, altura de cobertura enterrada, paso de máquinas, etc., con camas de arenas o en caso de asentamientos, extremar en su colocación asientos estables de hormigón y mallazo, para evitar roturas por flexión longitudinal; de todo esto se documenta en la Norma

4.2.3. Oxidación y fatiga de soldaduras en la tubería.

Uno de los factores a tener en cuenta en la salida es la selección de los materiales metálicos empleados y su deterioro por la **corrosión** del estado actual al estado óxido, acercándose a lo que era su estado natural.

La corrosión tiene lugar en contacto de un líquido con un metal y da lugar a la formación de un óxido mediante fenómeno estrictamente químico ó electroquímico, siendo la más usual la primera del contacto del agua con los componentes de éste, fundamentalmente el hierro, arruinando la salida.

La corrosión se puede presentar bajo distintas formas:

- **General**: Se selecciona con chapa de espesores suficientes para que la capa de formación oxidada sea de menor resistencia que el material del cual se forma.
- **Local o puntual**: Son la más temida y se debe a

  - **Erosiones** por velocidades inadecuadas del fluido o por obstáculos u obstrucciones en el recorrido (< 3% de cromo al acero al carbono, la evita).

  - **Picaduras (Pitting)**, en presencia de aire / agua. Se utiliza el PREN (número resistencia a las picaduras) que debe ser mayor de 25 y su valor se determina por PREN = % Cr + 3,3 x % Mo + 16 x % N. **Por fisuras (crevice)**, zonas sometidas a acciones diferentes, en uniones entre el material principal y otras piezas, que pueden ser del mismo metal o de otro material diferente como goma, plástico, capas protectoras o incluso residuos, polvo o incrustaciones. Las fisuras atrapan el líquido que queda estancado y favorece el avance de la corrosión.

  - **Por contacto** entre dos materiales distintos, como la soldadura, las tuercas y tornillos (tornillos zincados con tuercas de bronce).

La forma de evitar estos inconvenientes son:

- Aplicar una película protectora en la superficie de la interfase sólido-agua (escasa efectividad).
- Inhibidores de corrosión (productos químicos).
- Materiales resistentes como plásticos y metálicos como el acero inoxidable.



Foto nº.4.8. Contacto tubo con suelo de veso.

4.2.4. Condiciones y cuidados a considerar en la salida.

El diseño de la salida deberá de ser seguro (de ser posible con galería visitable), con suficiente seguridad de garantías frente asientos (caso de tubería metálica, soldaduras helicoidales para evitar roturas por flexión), con tratamiento antioxidante, suficiente diámetro (por si tuviera que emplearse de camisa), protegidas (hormigonadas en caso de metálica).

Se debe probar antes de su colocación, para evitar pérdidas por algún poro de soldadura, con suficiente presión (> 10 atmósfera) y tiempo de comprobación.

Cuando el tubo vaya protegido por otro tubo (camisa), hay que asegurar la falta de movimientos dentro del mismo, para evitar que pudieran soltarse en sus uniones.

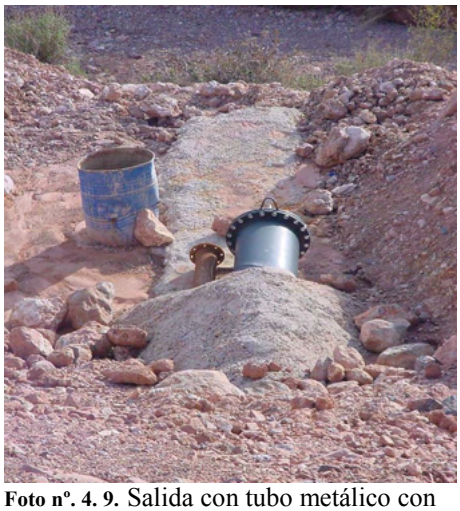


Foto nº. 4. 9. Salida con tubo metálico con soldadura helicoidal hormigonado protegido con pintura epoxi. Probada.

En caso de contar con la posibilidad deseable de la galería, debe procurarse de incorporar medios de ventilación para evitar atmósfera de condensación que puedan oxidar las piezas metálicas. Se consigue mediante conductos tipo chimenea y ventanas, que ayuden a crear corriente de aire dentro de la galería. La falta de éste medio provoca una rápida corrosión de los elementos metálicos.

5. DRENES. SISTEMAS DE EVACUACIÓN CONTROLADA.

5.1. Introducción.

Existe la necesidad de evacuar el agua que se encuentra en el terreno del soporte del terraplén y solera del vaso, debido a que origina subpresión (comunicación de las presiones estáticas, normalmente el los cimientos del terraplén, de abajo hacia arriba) y los conductos que puedan derivarse que originan erosiones (perdida de material) y aumento del caudal, dando lugar a una mayor velocidad de salida del agua (deslizamiento del terraplén). En el caso de impermeabilización con lámina es el agua que está por debajo de la lámina.

El agua puede proceder de filtración de la embalsada o del agua de manantiales, freáticas, procedentes de lluvias, roturas de lámina, etc.

5.2. Tipos de drenes:

a) función y tipos:

La función de los drenes en éste tipo de construcciones se realizan con el objeto de evacuar el agua que proviene de filtraciones de lluvia, de fallos en la impermeabilización, la proveniente de corrientes freáticas altas, cuestión nada deseable por las posibles erosiones en cimentaciones de los terraplenes, solera del vaso, originando fallos y desprendimientos y nuevas reestructuraciones del material construido.

Además de eliminar el agua, puede ser conveniente evacuar gases que pudieran formarse debajo de la lámina.

Atendiendo a su localización, distinguimos:

- Cimentación del terraplén.
- Cuerpo del terraplén.
  - Horizontal.
  - De pie.
  - En chimenea.
- En el vaso: Solera y talud interior.
- Pasillo de coronación.



Foto nº. 4.10. Red de drenaje en la balsa de la Loma de Fonseca. Cieza.

Por el tipo de material empleado, distinguimos:

- Encachado de piedra.
- Tubos P.V.C. rajados.
- Tubería PE perforada.
- Tubos de cerámicas.
- Mixtos.

Por la distribución y disposición:

- Lineales.

- Cinturas.
- Ramificados.

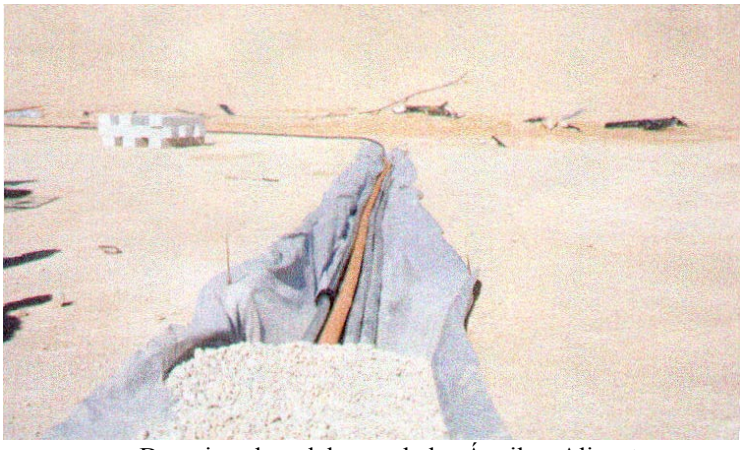


Foto nº. 4. 11. Drenaje solera del vaso de las Águilas. Alicante.

b) Consideraciones.

A veces en los terraplenes suelen situarse drenes si las alturas son considerables y existen dudas de filtraciones de las paredes externas por lluvias excesivas, realizándose normalmente con arenas, gravas o rocas trituradas, en forma de aren horizontal, cubriendo 1/3 de la anchura de la base del terraplén, el de pié es cubrir en cuñas el talud de aguas abajo y el de chimenea es parte del formado con el horizontal pero realizando una pantalla de cierta altura. Apenas si se usan, excepto en presas de tierras.

De todas formas de los mencionados, los dos primeros son sencillos de realizar y dan la seguridad de reducir la saturación del terraplén si existen dudas de posibles filtraciones. Suelen acompañarse de tuberías de drenajes de las consideradas más adelante.

En general existen tuberías que poseen un tramado de fibras que permiten diferenciar huecos para asegurar la filtración y circulación de la misma por dentro de ésta y que se denominan "perforadas", con diferentes diámetros, de PE, con resistencia a soportar parte de un peso considerable sobre ella sin experimentar aplastamiento. Acompañando a estas tuberías se les rellena de una materia granular de 1/2 ", tapados con rafias o similares esterillas, para evitar su saturación.

Hay que diseñar bien el tamaño de los diámetros y la capacidad del terreno por si pudieran crearse erosiones que puedan perjudicar la estructura donde se asientan estos drenes.

Los drenes de la solera del vaso suelen diseñarse:

a) De forma de cintura, bordeando la base de la solera del vaso con el talud interior.



Foto nº. 4. 12.
Drén cintura de la balsa de Huerta de arriba de Pliego.

b) En sentido radial.

c) Disposición ramificada (espina de pescado).

En cualquier caso se empleara el sistema de tubos que mejor se adapte a nuestros intereses, con grava suficiente para permitir los huecos necesarios y la protección del dren necesaria mediante filtrado.

La línea del dren puede ser única o de varios tubos sectorizados, es decir, poseen zonas con huecos o rajas con función drenante y lisos con función sólo de transporte en la misma zanja. Los diferentes sectores estarán identificados en la salida. Esto se realiza cuando se tiene incertidumbre de un solo conducto porque existe por ejemplo, un pequeño nacimiento de agua en un punto singular del vaso, pues bien, se recoge de modo puntual éste punto húmedo del terreno y se contempla para su evaluación en la salida.

En cuanto la profundidad, dependerá de las necesidades del nivel freático, así lo haremos profundo si éste presenta un nivel alto y a la inversa, siendo más peligroso el primero por la presencia de mayor contenido de finos soportados, diferenciaciones de compactaciones. Cuando el soporte de la base de la excavación realizada para alojar el/los tubo/s de dren/drenes no ofrezca garantía habrá que realizar cimentaciones.

Además del agua, debemos prestar atención a los posibles embolsamientos de gases de CO_2, NH_4, debidos a contenidos de materias orgánicas, lodos, posibilitando comunicaciones de drenes verticales sobre los taludes para evacuar fuera de la zona impermeabilizada, sacándolos al pasillo de coronación con terminación de dobles curvas invertidas, para evitar que penetre el agua de lluvia. La parte externa se colocarán rejillas para evitar entradas de animales, sobre todos de roedores.

Uno de los efectos indirectos que también se consiguen en los drenes de gases es la aminoración del vacío que provoca debajo de la lámina el viento, mediante la succión.

La sobrepresión es el efecto contrario al de la succión. Es la pared sometida al impacto de la fuerza del viento sobre ella.

Estos efectos de succión y sobrepresión, se ayudan en parte con la aireación externa de la lámina, evitando efectos indeseables debajo de la lámina, al tener comunicación con el exterior.

En los casos de los drenes de los terraplenes éstos pueden ser continuos, evacuados por puntos de salidas de la tubería en sitios determinados, evitando subpresiones indeseables, favoreciendo la evacuación del mismo.

En los del vaso, se acompañan de una arqueta de registro en el fondo de la solera, con tapadera de losa armada y seccionada según localizaciones de los drenes. Caso de pasar los tubos sin arqueta, los tubos deben ser de suficiente consistencia (metálicos) para ser protegido del paso del terraplén o bien con losas de hormigón armada. Normalmente se acompañan del tubo de salida, hacia la salida del embalse. Al final puede llevar llave de control manual, por si fuera necesario efectuar su cierre.

El punto de evacuación del conjunto de drenes del vaso, es llevado a una arqueta receptora y conducida al sitio de interés para poder analizar su régimen de caudal, que debe ser nulo. Una rotura de la lámina, manifiesta problemas de la impermeabilización, siendo el caudal desalojado, función de la altura del agua almacenada. Cuando existen periodos de lluvias previos, las apreciaciones son más difíciles.

Los elementos más importante en la red de drenaje es la granulometría del material drenante, el volumen del material y el diámetro del dren, así como la inclinación de éste para evitar erosiones por excesiva velocidad del agua escurrida por el dren.

Cuando es inexistente el dren, la humedad de ésta es temible por no saber por donde evacuará el agua que está por debajo de la lámina.



Foto nº.4. 13. Galería de corrugado con tubería de fondo sin dren, donde la humedad empieza a estar presente.

La tubería del dren, deberá de preservar la sección diseñada para ser utilizada correctamente, de acuerdo con los estudios realizados por las condiciones recomendadas por Terzaghi.

La forma de realizar el entronque de los ramales de la solera del vaso, es recomendable con arqueta donde se organiza el paso del cuerpo del terraplén. La arqueta llevará tapadera de hormigón armada, donde se dispondrá del paso para conducirla en paralelo con la toma de salida, donde atravesarán el terraplén por el diseño de tubería hormigonadas (todas de acero con soldaduras helicoidal), bien con camisa, galería visitable, etc., al objeto de evitar erosiones en caso de rotura en el propio terraplén. Hay que eliminar el riesgo incontrolado de tales eventos, corrigiéndolo de forma preventiva mediante Proyecto.

6. CALCULOS DE SECCIONES DE LOS DRENES.

Hay que tener claro que la función del geotextil como filtro, es la de dejar pasar el agua existente por debajo de la lámina impermeable o bien de la capa de arcilla que actúa como pantalla, evitando que los finos se vayan tanto los del talud (más fáciles por su gravedad) como los de la solera, por la tubería del dren.

Con éstas consideraciones, intuimos que necesitamos de la función de filtro, granulometría apropiada alrededor de la tubería, sección de tubería, huecos de luces en la tubería del dren, etc.

6.1. Filtros sintéticos.

Habíamos dicho en la impermeabilización, cuando hablábamos del cálculo justificativo del geotextil, punto 6.8. del Cap. 3º, la importancia del hueco para dejar pasar sólo el agua y no determinadas partículas sólidas del suelo como los granos de arena que deben ser retenidas y por otra parte dejar pasar sin retener otras más finas (granos de arcillas) para que no colmaten la filtración.

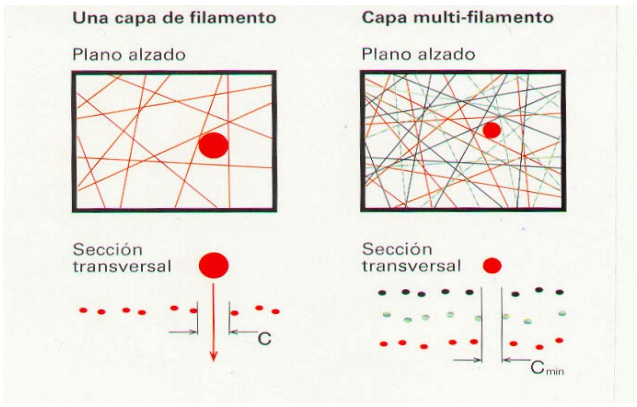


Figura 4. 1.

Esta es la consideración demandada al geotextil como filtro, donde se evita la fuga de finos del tamaño de la arena y su consecuente vacío a lo largo del tiempo, lo que correspondería con una erosión nada deseada en el asiento de la base la geomembrana. Sin embargo las partículas de arcillas coloidales irían colmatándolo con el paso del tiempo.

Para que el filtro funcione bien, debe cumplir con unas restricciones determinadas, ni demasiado permeable, ni tendente a colmatación rápida, donde el Dr. J.P. Giroud de GC, calculó numéricamente la siguiente condición:

$$m = \frac{[\sqrt{(1-n)}] \cdot t_{gtx}}{d_p} \qquad \text{Fla. Nº. 4.1.}$$

Donde m: es el número de constricciones.

.n: porosidad.

t_{gtx}: Espesor del geocompuesto filtrante.

d_p: Diámetro del filamento.

Las constricciones son como las "puertas" por las que debe pasar una partícula en su camino a través del filtro. El filtro tiene un número de capas de filamentos sobrepuestos entre sí, donde cada capa de los filamentos tiene su "puerta" característica, es decir, su constricción, su limitación de acceso.

Las partículas de sólidos que van transportada por el agua penetran en el filtro y quedan atrapadas o no, dependiendo de la abertura de la constricción (puerta) más pequeña que ella misma.

La constricción más pequeña C_{rin} en la dirección del paso del flujo correspondiente con la Abertura del Poro O del geocompuesto filtrante. Las aberturas de poro de todos los pasos de flujo son idénticas cuando la constricción (C_{min}) también es de igual tamaño. Esta condición se cumple cuando el número de constricciones llega o excede a 25.

El número de constricciones óptimo para geocumpuestos filtrantes está en un rango de entre 25 – 40. El modelo de comportamiento de un geotextil en contacto con un suelo demuestra que el número de constricciones o "puertas" entre los filamentos continuos que una partícula debe pasar en su camino a través del geocompuesto filtrante.

Este número de 25 – 40 constricciones garantiza simultáneamente:

- La homogeneidad de las aberturas de poro en cada punto del geocompuesto.
- Retención y estabilización de la estructura granular sobre la superficie, la cual asegura la rápida formación de un estable filtro granular natural sin colmatación interna.

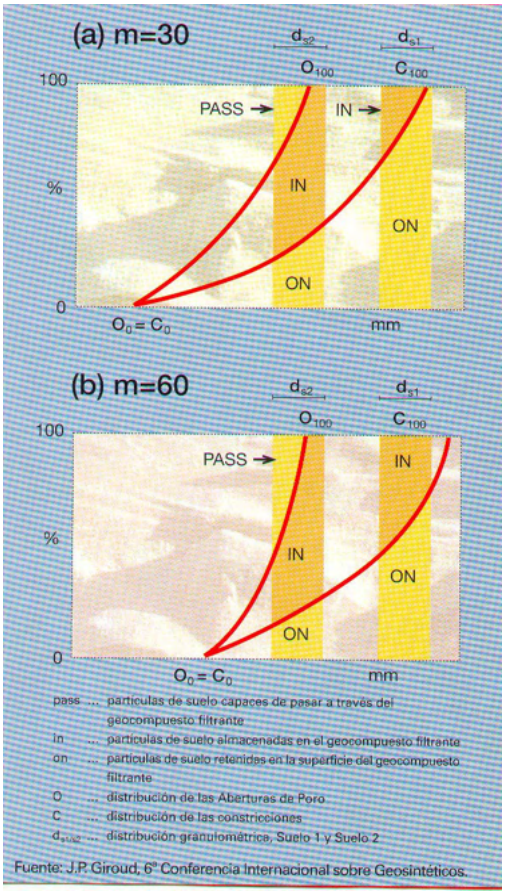


Figura nº. 4. 2.

En los dos diagramas se presentan las curvas de distribución de Aberturas de Poro y de Grados de Constricción para dos diferentes filtros (a,b). La Abertura de Poro O es en ambos casos la misma. El producto (a) tiene 30 constricciones, el producto (b) tiene 60. Se aprecia que con 60 constricciones se puede llegar a almacenar en el filtro un mayor número de partículas de suelo, aumentando considerablemente el peligro de colmatación interna.

Con menos de 25 constricciones (geotextil delgado) no se garantiza la capacidad de retención bajo flujo turbulento, porque la irregularidad del filtro es demasiado grande.

Cuando hay más de 40 constricciones (típico de los geotextiles monocapa gruesa) se presenta una mayor penetración (almacenamiento) de partículas de suelo en el filtro, las cuales tienden a obstruir el geotextil (colmatación interna). Además al aumentar el espesor se reduce la permeabilidad aumentando también el riesgo de colmatación.

6.2. Filtros naturales.

En general, el agua infiltrada en el terraplén no debe interceptar el talud exterior en ningún punto, disminuyendo la línea de saturación con los diferentes drenes (horizontal, de pie y mixto). Estos no son necesarios, excepto con grandes alturas de terraplén y balsa.

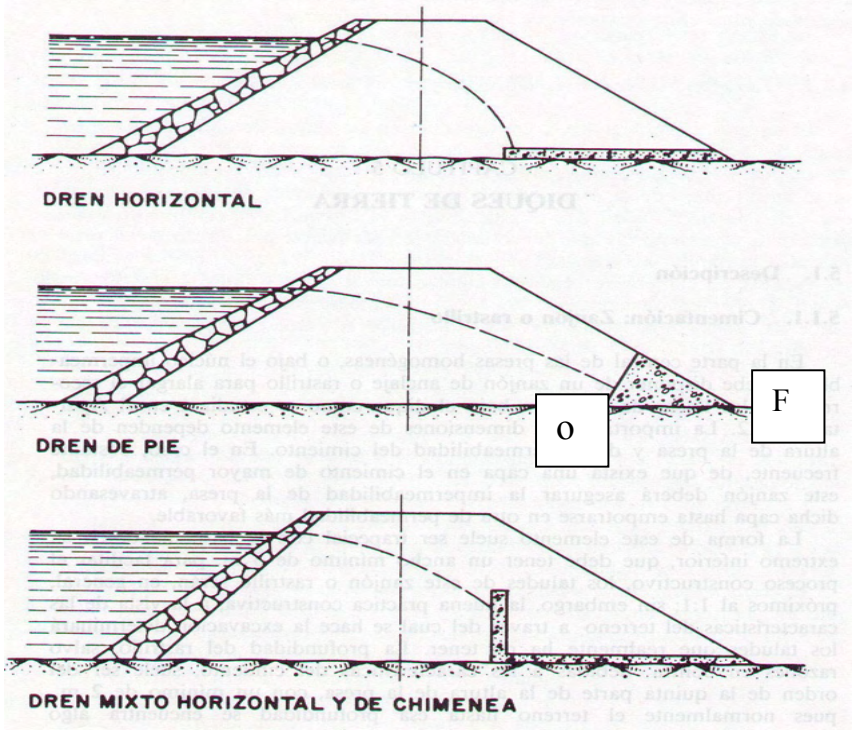


Figura nº. 4. 3.

Condiciones:

a) Su espesor debe ser tal que la velocidad de circulación del agua no origine arrastres, recomendándose los siguientes valores máximos:

- Arena ..... 0,3 m/seg.
- Grava..... 0,5 m/seg.

b) Su permeabilidad debe ser muy superior a la del material del terraplén, para que la pérdida de carga, a través del elemento filtrante sea menor que la del terraplén.

Su granulometría debe cumplir determinadas condiciones para que no penetre en él las partículas del material inmediato; esto plantea la necesidad de filtros cuando están en contacto con materiales de diferentes granulometrías diferentes, ya que las partículas

finas de uno de ellos pueden introducirse en los huecos del otro, perturbando el comportamiento de los elementos de recogida de las filtraciones. Las condiciones del dren viene condicionadas por las del filtro que deberá de cumplir las condiciones de Terzaghi: Siendo D_x la abertura del tamiz, por el que pasa el x %.

1º. D_{15} (del filtro) / D_{15} (del material de base del terraplén) = 5 a 40.

Siempre que el filtro no contenga más del 5% de materiales más finos que 0,074 mm.

2º. D_{15} (del filtro) / D_{85} (del material base del terraplén) ≤ 5.

3º. D_{85} (del filtro) / abertura máxima del tubo drenante ≥ 2.

4º. Las curvas granulométricas de los filtros deben ser lo más paralela posible a la curva del material de base.

c) Por razones constructivas, el espesor mínimo debe ser de 30 cm o de 20 cm para cada capa, si hubiese varías en contacto.

El filtro debe cumplir:

Altura filtro (h_f) = $[K \cdot E \cdot long / K_1]^{0.5}$ Fla. Nº. 4. 2.

Donde = K .- Coeficiente de permeabilidad del material del terraplén. (arcilla).

K_1 .- Coeficiente del manto filtrante (grava, arena).

Long.- Longitud recorrida por el agua en el manto.

E .- Punto toma de agua el dren, coincide con el "O".

$E = [b^2 + h^2]^{0.5} - b.$ Fla. Nº. 4.3.

Longitud del dren desde O → F = altura del dique + 1,5 metro.

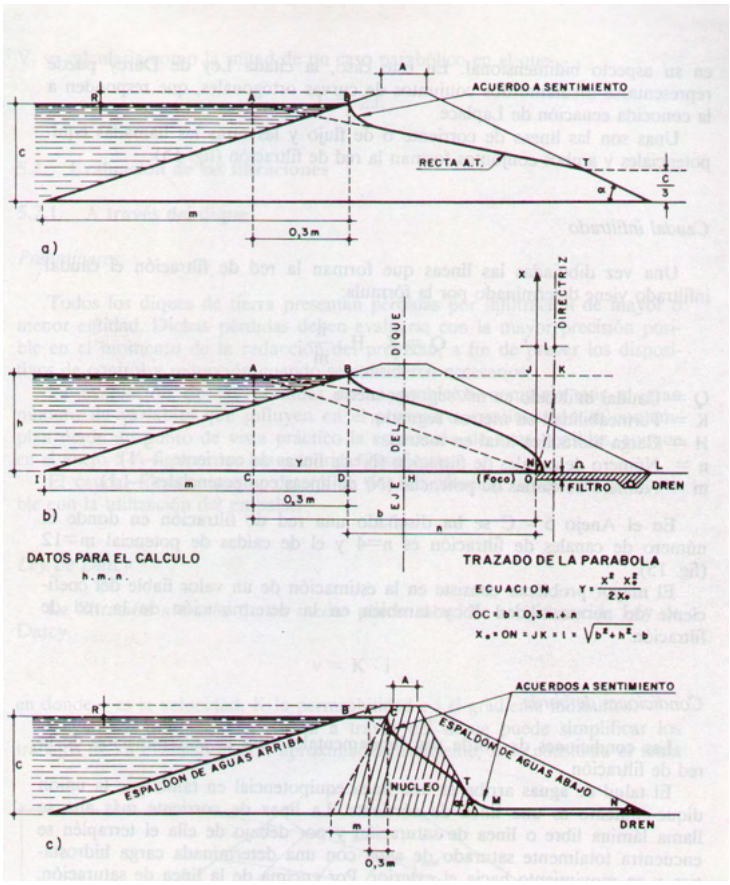


Figura nº. 4. 4.

Ejemplo: Comprobar si la colocación de un tubo drenante con aberturas de 12,7 mm y los datos de la figura nº. 4. 5. que a continuación se inserta.

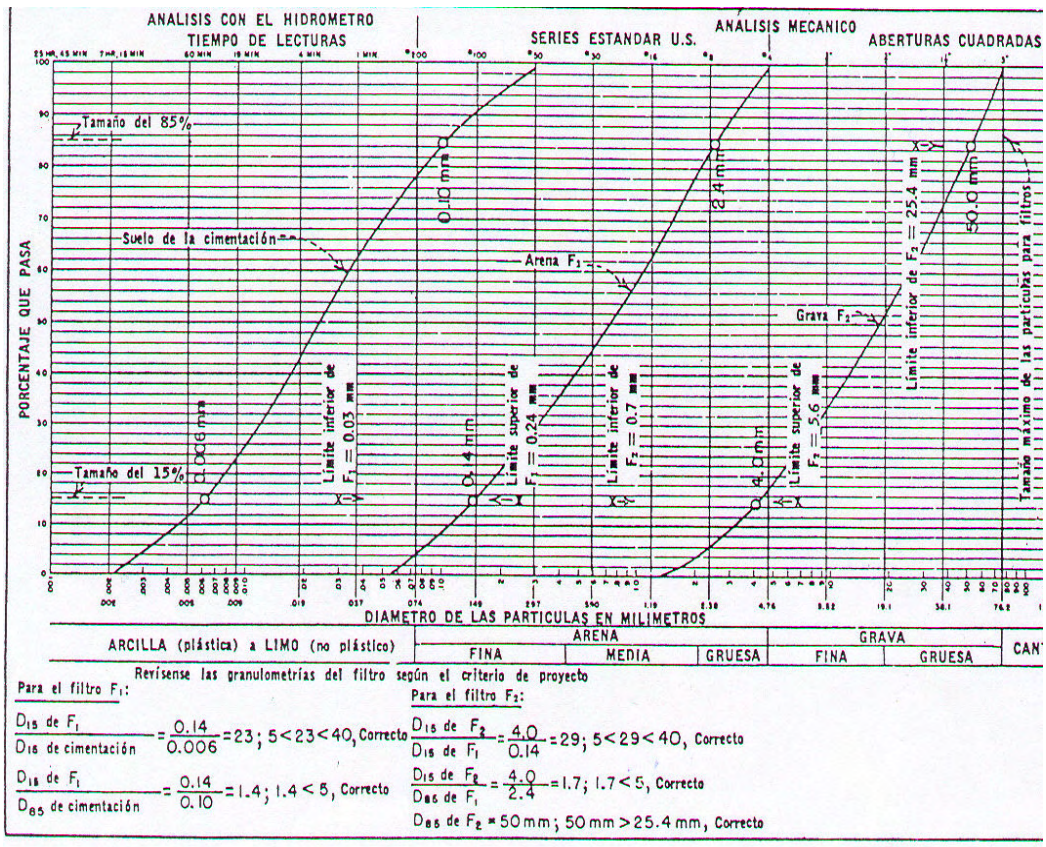


Figura nº. 4. 5.

En la figura vemos tres tipos de curvas, el primero, más a la izquierda, el del suelo del terraplén y a continuación (en paralelo) las del filtro con dos materiales F_1 y F_2.

En la primera curva (la del terreno base), vemos que el tamiz que deja pasar el 15 % de material, corresponde con la luz de 0,006 mm (arcillas) y la que pasa el 85 % del material, es la del tamiz 0,1 mm (arena fina).

Veamos los límites que debe de cumplir el filtro granular:

A) Base de límite inferior:

5 · 0,006 mm (mínimo de base del 15%) = 0,03 mm.

B) Base límite superior:

Se coge el menor de los siguientes resultados:

1) 40 · 0,006 (mínimo de base que pasa por el 15%) = 0,24 mm
2) 5 · 0,1 (D_{85} del 85% que pasa del material base) = 0,5 mm.

→ Tomo la menor: 0,24 mm.

A). Filtro nº. 1.

Una vez marcados los límites, buscamos la granulometría que mejor se adapte a estos requisitos y exigimos en el primer filtro:

En una primera valoración, podríamos dar los siguientes valores:

D_{15} = 0,14 mm D_{85} = 2,4 mm.

Veamos si cumple con las condiciones exigibles:

1) 0,14/0,006 = 23; 5 < 23 < 40 (aceptable).

2) 0,14/0,1 = 1,4; 1,4 < 5 (aceptable).

3) 2,4/12,7 = 0,19 0,19 < 2 (Por tanto no cumple la condición de ser mayor o igual a 2 mm y por tanto no es válido).

4) No debemos de seguir, pero de todo modo comprobamos la condición.

La del paralelismo que si la cumple.

Tendríamos que realizar otra tentativa hasta ajustar por ejemplo 0,2 mm / 3,1 mm que al estar por encima, sabemos que cumplirá el requisito nº 3 de ser mayor de 2 (estaba muy próximo). Sigamos como si la primera gráfica de F1 fuese correcta.

B) Filtro nº. 2.

Este filtro es el correspondiente al de la grava.

- Limite inferior: D_{15} (F_2) = 5 · D_{15} (F_1) = 5 · 0.14 = 0,7 mm.
- Limite superior: Se coge el menor de los siguientes valores:

D_{15} (F_2) = 40 · D_{15} (F_1) = 40 · 0,14 = 5,6 mm.

D_{15} (F_2) = 5 · D_{85} (F_1) = 5 · 2,4 = 12 mm.

Tomamos el valor menor, en éste caso 5,6 mm.

El filtro nº. 2 debe tener los siguientes valores:

D_{15} = 4 mm. D_{85} = 50 mm.

Con las características de este filtro se cumplen las cuatro condiciones requeridas para el diseño. En resumen, tenemos calculados en función del material base y la abertura de poros de la tubería del dren, las características del filtro.

6.3. Aplicación y condiciones de drenaje.

La forma de ejecutar el drenaje es con tubería perforada, agujereada, cortada, lisa enfrentada, para tomar el agua a lo largo de línea, perímetro diseñado, con la función de recoger el agua no deseable. El transporte se puede hacer siguiendo éste esquema o bien con tubos unidos con función de transporte. Los tubos drenantes van acompañados de filtros de gravas, piedras machacadas, en capas (lechos), luego el tubo dren va rellenándose con grava todo el alrededor (laterales y cumbreras) y posteriormente, la arena del filtro nº. 1, con los espesores mínimos señalados de 30/20 cms de altura, para evitar colmataciones de finos.

El filtro debe facilitar el paso del agua al ser de una permeabilidad mayor que el terreno de construcción, disminuyendo por tanto la carga hidrostática en el cuerpo del terraplén, base de solera, etc. Hay que asegurar la funcionalidad del filtro, la obturación del tubo y erosiones internas que posibilitan fallas y corte en el terraplén, asientos diferenciales en la solera de la balsa.

Las necesidades de un lecho drenante es función de las condiciones locales.



Foto nº. 4. 14.
Terreno tramertínico de la balsa de Pliego.

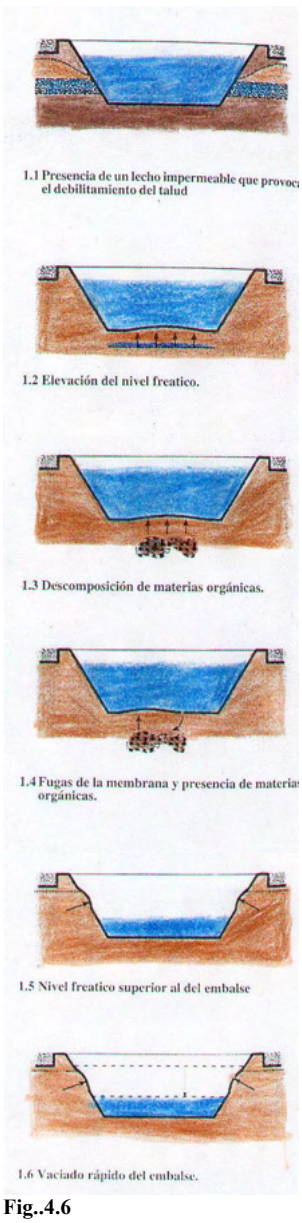


Fig..4.6

En todos los casos en los que existe la posibilidad de hundimientos producidos por flujos subterráneos, es conveniente reducir su presencia en el subsuelo por medio de un sistema de drenaje.

La presencia de arcilla limita en gran parte la permeabilidad de los suelos, por ello se recomienda prever un drenaje bajo la membrana de impermeabilización.

Cuando el soporte base es granular, con una alta permeabilidad, no es obligatorio la existencia de un drenaje, puesto que la filtración del terreno es mayor que el agua que podría evacuarse, de todos modos en algunos casos, puede permite descubrir rápidamente una rotura de la lámina.

Es necesaria su colocación:

* Flujos en suelos cársticos.

* Material orgánico bajo geomembrana.

* Taludes arcillosos (estabilidad en vaciados).

* Variación del nivel freático bajo la geomembrana.

* Levantamiento de la geomembrana por el viento.



Foto nº. 4. 15. Zonas obscuras con turba en desmonte de Pliego.

En general, el drenaje del agua va asociado al drenaje de gases. Por eso es aconsejable desarrollar una ligera pendiente en la solera del vaso hacia los taludes, en torno a un 1 %. Esto se puede conseguir:

Para drenaje de agua.

a) Con capa de arena o material permeable con espesor que asegure un mínimo de 10 cm, de altura.

b) Producto geosintético.

c) Red de desagües drenante conectados con un geotextil transpirable o una capa delgada de material permeable.

Las dimensiones y la pendiente del sistema de drenaje son función de los siguientes factores:

a) Caudal de fugas admisible.

b) Caudal de aguas provenientes del exterior.

c) Subpresiones máximas admisibles en servicio normal y en caso de fuga accidental, que será función de la altura de lámina de agua de la balsa.

Para balsas pequeñas (menos de 25.000 metros cúbicos de agua) se recomiendan tubos de drenaje de 60 mm de diámetro. Para balsas de importancias se deben de estudiar las dimensiones y el tramado de la red, así como la resistencia de los tubos de drenaje al aplastamiento (durante su colocación o en servicio).

Para drenaje de gases:

Se recomienda la utilización de tubos perforados de 40 a 80 mm de diámetro, colocados cada 20 metros si el terreno subyacente es poco permeable y cada 10 metros en el caso que sean previsibles los posibles escapes de gas.

Es necesario colocar entre los tubos un lecho de arena (o de material equivalente), un geotextil u otro geosintético transpirable.

También se pueden utilizar drenajes planos sintéticos.

Se debe evitar todo contacto directo entre la membrana de impermeabilización y el sistema de drenaje.

Las salidas de los tubos de drenaje se prolongarán hasta la cresta del talud, e instalando "chimeneas" sobre el pasillo de coronación o bien mediante aberturas equidistantes sobre la geomembrana (air-vents), como las mostradas a continuación.



Foto nº.4.16.
Chimenea de gases.

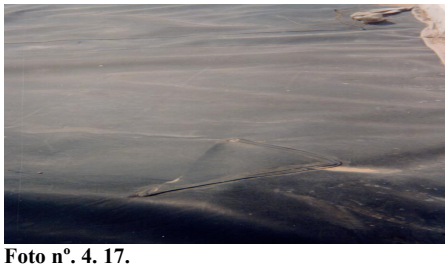


Foto nº. 4. 17.
Air-vents en PEAD.

6.4. Drenaje en pasillo de coronación.

Además de los enumerados, podemos realizar en el pasillo de coronación un dren de coronación, con los siguientes objetivos:

a) Evitar que se formen escorrentías en los taludes exteriores al desbordar el pasillo agua procedente de lluvia, salpicaduras del oleaje.

b) Evitar encharcamientos fortuitos sobre el camino del pasillo de coronación.

c) Desecar la superficie del pasillo mediante un aumento de permeabilidad, evitando la proliferación de malas hierbas.

El sistema es crear una zanja en la zona media del pasillo, donde se coloca la tubería del drenaje, zahorras, con pendientes del pasillo hacia el centro del camino, dando pendiente y salida al exterior, en sitio que no produzca problemas.



Foto nº. 4. 18.

Estos drenes solucionan:

- Erosión de pasillos.
- Desecación de la superficie.
- Control de malas hierbas.

Puede darse el caso de que posea paralelismo con el drenaje constituido en la cimentación de terraplén, como ocurrió en éste caso.



Foto nº. 4. 19. Drenaje en cimentación del terraplén.

Con ésta practica aseguramos que tanto en su base como en su cubierta, tengamos posibilidad de corrientes de agua, siendo ambas importantes al constituirse la parte más delicada de la obra, su terraplén.

El agua del vaso que se filtra, posee tales manifestaciones:

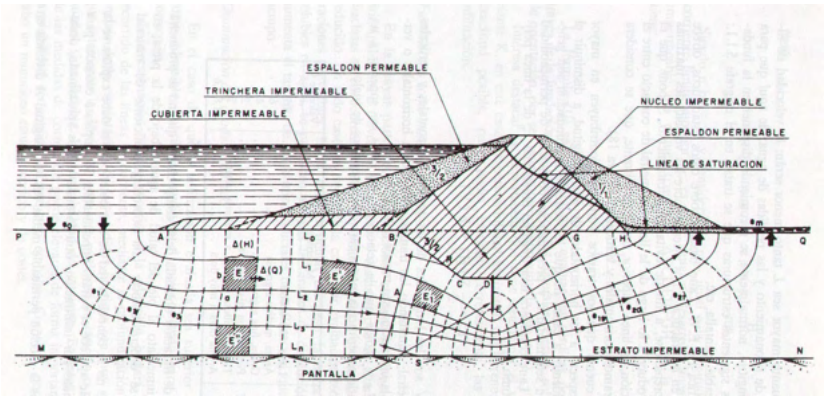


Figura nº. 4. 7. Flujos en balsas impermeabilizadas con arcillas y semipermeabilidad en la solera del vaso.

7. EVACUACIÓN DE GASES DEBAJO DE LA LÁMINA IMPERMEABLE.

En aquellos suelos con formaciones de turbas (zonas obscuras de la foto nº 4.15), de rocas travertínicas (no se deben construir en esto suelos por contener simas, como foto nº. 4.13), limosos, etc.

En los suelos de naturaleza caliza donde se dan fracturas o diaclasas en la roca, puede circular agua rica en CO_2, pudiendo producirse surgencia que producen:

$$CO_3Ca + CO_2 + H_2O \leftrightarrow (CO_3H)_2Ca \qquad \text{Fla. Nº. 4. 4}$$

Insoluble soluble

El agua que circula a través de rocas carbonatadas, disuelve de nuevo CO_2 del ambiente y el carbonato que es insoluble, lo convierte en bicarbonato, que ya sí es soluble. Esta reacción está controlada por la presión de CO_2, que es producto de fermentaciones de materia orgánica, de ahí la necesidad de evitar que ésta forme parte del fondo del vaso.

La anterior reacción está controlada por la presión del CO_2. A mayor presión se produce mayor disolución de CO_3Ca, por lo que el agua en su circulación se enriquece en bicarbonato. A menor presión del CO_2 precipita carbonato cálcico, englobando la vegetación que se encuentra en su entorno.

Este proceso es variable, dependiendo en todo momento de la presión del CO_2, existiendo en unas zonas disolución y en otras precipitaciones de carbonatos, con lo que la formación de oquedades y conductos que poseen estas rocas, es muy impredecible definir su consistencia.

Ya lo hemos mencionado anteriormente al hablar en los drenes, las necesidades de evacuar los gases contenidos debajo de la lámina, creando circulación de aire al exterior de la lámina. Estos drenes se colocan en los taludes, pudiendo formarse en el sentido longitudinal al mismo o bien horizontal, en su parte alta. La comunicación al exterior se realiza mediante sistemas que pueden estar comprendido en la propia lámina y chimeneas.

El constituido en la lámina, posee el defecto de facilitar al aire sitio por donde rajar la lámina. La foto anterior es la aireación de una segunda lámina de protección sobre la de abajo que realiza la función de impermeabilización, siendo más propia de rebajar temperatura en éste caso, de la de evacuar gases, aunque también se suele organizar para éste cometido.

El de chimenea, recoge los extremos de conducciones de tubos horizontales a la altura del pasillo de coronación, evacuando el gas y el aire del vacío provocado por succión, por éste dispositivo.

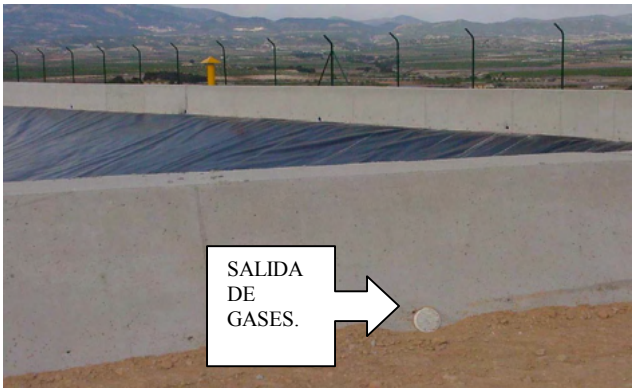


Foto nº. 4. 20. Muro perimetral.

También se pueden crear ventilaciones en los terminales propios de la tubería diseñada para dicho efecto, debiendo de protegerse de entradas de animales, como la fotografía mostrada.

8. DEFENSA DEL EFECTO DE SUCCION DEL VIENTO.

Los efectos del viento sobre los taludes del vaso de la balsa, se producen cuando estos se encuentran en el régimen de "fuera de servicio" o lo que es igual, vacío o semivacío. Estas balsas suelen encontrarse altas, en formas de balcón, indefensas frente a los efectos del viento.

Este efecto del viento al pasar por la coronación, provoca un vacío sobre el talud interno, que se traduce en esfuerzos de succión sobre la lámina, elevándola.



Foto nº. 4. 21. Picado del viento sobre la lámina de agua, formando crestas. El aire viene de la esquina hacia la toma fotográfica.

En los estudios realizados en la balsa de Barranco de Benijos (Canarias), la "depresión dinámica" toma la siguiente expresión:

$$\Delta P_o = 0{,}047 \cdot v^2 \text{ (en N/m).} \qquad \text{Fla nº. 4. 5.}$$

Donde v es la velocidad del viento en Km/h y ΔP_o el efecto de la depresión (succión) en la geomembrana.

En la pared de la balsa contraria al efecto de succión, el viento produce una sobrepresión sobre la geomembrana, al mismo tiempo que rompe el oleaje (caso de estar medio llena).

El hecho de crear el anclaje de la lámina en coronación, anclajes y maestras de hormigón sobre el talud, lastrados en bermas, red de evacuación de aire, etc., contribuyen a eliminar el riesgo de rotura de la lámina por el efecto del viento.

La tensión que ejerce la lámina de la geomembrana sometida a succión podría responder a la siguiente ecuación:

$$T/b = \Delta P_o \cdot L \ / \ 2 \cdot \text{sen } \beta \qquad \text{Fla. nº. 4.6.}$$

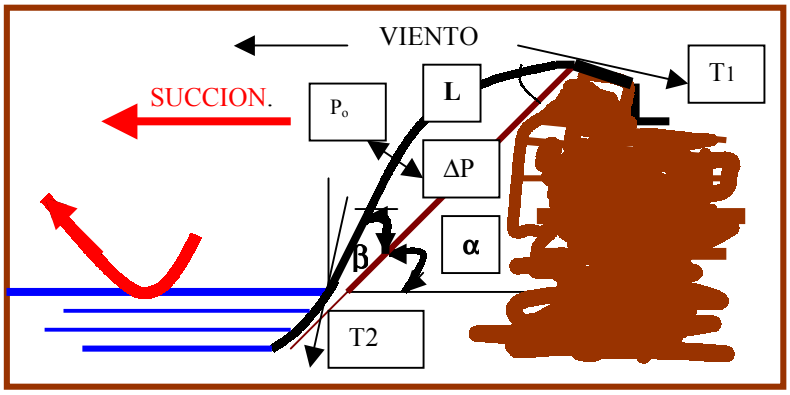


Figura nº. 4. 8.

Donde T_1 y T_2 son tensiones en el anclaje del pasillo de coronación y la sometida al peso del agua. L es la longitud lámina y P_o depresión y ΔP depresión antagonista producido por aumento del volumen de aire encerrado bajo la lámina..

La ecuación anterior muestra que la tensión del anclaje es función de la deformada "b", cuanto menor sea los ángulos β (inferior + superior), mayor será T (superior+inferior), lo que indica que la lámina que posean módulos de elasticidad alta, disminuirá las flechas (P_o y ΔP), pero no las tensiones del anclaje.



Foto Nº. 4. 22. Día de ventolera (> 60 km/h), sin movimiento de lámina

MATERIAL	COEFICIENTE ELASTICIDAD **("b").**	ELONGACION DE RUPTURA 1,5 MM
PEAD	758 N/mm^2	700%.
EPDM	622 N/mm^2	NUEVA > 400%; > 3 MESES < 55%

Tabla 4.1.

Para realizar idéntica depresión el polietileno se opondrá más que el EPDM, resistiendo más a la ruptura, que el EPDM, aunque las tensiones en los anclajes y lastrados (agua en el caso de la fotografía 4.22) sean indiferentes.

Los drenes disminuyen el efecto del vacío al poseer comunicación con el exterior, evitando elongación innecesaria en la geomembrana. Para hacerse efectiva, la red de tubería debe estar suficientemente perforada, colocada debajo de la lámina en sentido horizontal, próxima al pasillo de coronación y con salida al exterior (chimeneas).

También se consigue el mismo resultado practicando sobre el nivel máximo del agua unas aberturas equidistantes sobre la membrana impermeable; este sistema recibe el nombre de AIR-VENTS, como el mostrado en la foto nº. 4.17.

9. DESBORDAMIENTO.

No suele ser normal que se dé un desbordamiento en la balsa, al estar controlado con los cálculos del derramadero. Sin embargo podría darse el supuesto siguiente:

- Supuesto A: Llenado + Lluvia torrencial + aprovechamientos de escorrentías + imprevisto de arrastres de terrenos adyacentes.
- Supuesto B: Atasques por arrastres sobre aliviadero, provocando una menor sección.

En el primer caso, en el llenado por bombeo, se utiliza un sistema de fin de carrera eléctrico para hacer parar el grupo. Se estudiará bien la cantidad de agua máxima que podría corresponder a lluvias y las entradas de avenidas si tenemos aprovechamiento de cauces mediante arqueta de entrada, limitando la entrada y al mismo tiempo, limpiando el agua que entra de partículas sólidas gruesas. En cuanto los arrastres del agua que escurren los terrenos adyacentes, se defenderán con cunetas.



Foto nº. 4 . 23 Arqueta entrada Trasvase

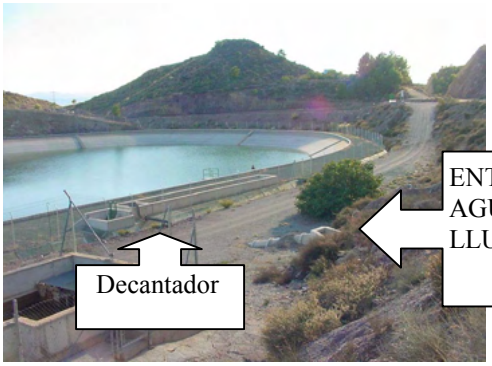


Foto nº . 4.24 Entrada 2ª de rambla c/ arqueta

En la foto anterior, vemos una primera entrega del canal del trasvase, regulado mediante arqueta de control de reparto (balsa y tuberías). El segundo sistema de aportes de

agua de una pequeña cuenca, regulada mediante arqueta decantadora, todo ello defendido perimetralmente, con cuneta revestida (Embalse Amarguillo Alhama de Murcia).

En el segundo caso, suele acontecer en el caso de tuberías por ser estas secciones las más limitadas y más como las que se muestra a continuación, que se destina a tomar el máximo nivel posible y controlar en el extremo (pendiente de cortar la lámina en el interior de la brida) mediante llave. En caso de error de apertura, en el caso de atasque, podría darse el desbordamiento del vaso.



Foto nº. 4. 25 / 28.
Derramadero de tubo de PVC en las Torres de Cotilla (Julio 2.000)

El detalle de no haber practicado aún el hueco de salida del rebosadero, se debe al hecho de dejar pasar unos días la lámina del EPDM para que se asiente, se regule y se adapte al apriete de los tornillos de la brida (detalle de la tuerca cromada, con tornillo galvanizado).

En otras ocasiones, se puede deber a la ruptura de sistemas de entradas de aguas mal configurada.

También se puede dar un desbordamiento por rotura de la tubería de entrada o de arquetas de entradas en niveles superiores, donde el fallo de éstas estructuras, provoca el hundimiento parcial del pasillo y favorece una salida de agua, que sin llegar al desbordamiento, provocará una ruptura en la coronación y su posterior debilitamiento.

10. DAÑOS POR ESCORRENTIAS DEL AGUA DE LLUVIA.

En el caso de lluvias sobre las plataformas del pasillo, ésta puede originar uno o varios puntos de salidas por el talud exterior, que puede dar lugar a una fuerte erosión sobre el terraplén, debilitando su posición de peso y producir un cambio sustancial en su función, pudiendo provocar en caso de servicio, un fuerte contratiempo.

En la foto mostrada a continuación, el agua de lluvia se localizó en la excavación del anclaje que se efectuaba en el período de obra. El agua de una fuerte tromba caída en el pasillo (700 metros de 5 metros de anchura) más acumulación de terrenos superiores circundantes, llenó la excavación (0,5/0,3). Buscó su punto más bajo, coincidente con rodadas sobre el pasillo de coronación y provocó el daño mostrado.



Foto nº. 4. 29. Desbordamiento accidental en ejecución de obra.

La forma de evitar que el agua del pasillo vierta sobre el talud exterior (débil por tener una pendiente 1:1), es la inclinación hacia adentro durante la ejecución y una vez terminada la obra, mediante la realización de un dren central sobre el pasillo como se vio anteriormente, inclinando al centro del pasillo, los dos planos de inclinación, donde el firme granular debe tener consistencia suficiente para no modificar dicha configuración, dejando los 4 metros libre, quedando 2 metros a cada lado del dren, con lo que se consigue que no lo pisen los vehículos. Con esto conseguimos verter las escorrentías sobre los taludes.



Foto4. 30. Drenaje central del pasillo coronación.

11. DESPLOME DE TIERRAS POR ENCIMA DEL PASILLO DE CORONACIÓN.

La falta de estabilidad en los taludes excavados cercanos al pasillo de coronación, puede dar lugar a deslizamiento del terreno superior, afectado por taludes mal ejecutados (excesiva pendiente para su consistencia, sobre todos las margas), pudiendo provocarse el aterramiento sobre el pasillo y el vaso. Esto último puede provocar desbordamiento, rotura en la lámina, problemas de capacidad, trabajos añadidos de limpieza, etc.

En los terrenos de poca estabilidad, una vez son corregidos con taludes impropios, como suelen ocurrir con las margas, producen deslizamientos de materiales con lluvias abundantes, dando lugar a un proceso natural de corregir la pendiente del talud correspondiente.

Estos casos se evitan incorporando muros de contenciones (con mechinales), gaviones, pedraplenes, mallas, siembras, etc.



Foto nº. 4. 31. Gaviones. El Porchete. Mula.

12. DETERIORO DEL TALUD EXTERIOR.

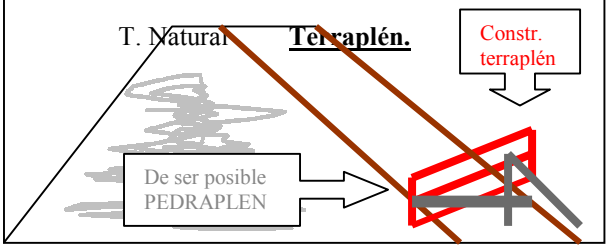
El talud exterior del terraplén debe mantenerse bien dentro de un orden lógico de su exposición con el medio, pero sin entrar en chuminismo, donde pequeñas erosiones apenas afectan a su estructura.

Un síntoma evidente de falta de estabilidad del talud, son las formaciones de rajas que corren paralelas a lo largo del borde del pasillo, debido a la falta de compactación de la zona más comprometida para el compactador, por eso debe realizarse una corrección de pendientes interiores a la hora de construirse, para asegurar la compactación de ésta zona.

Cuando el terraplén se forma sobre un terreno con fuerte pendiente, deben realizarse excavaciones en el terreno de apoyo, en forma de escalones, también con planos inclinados hacia el interior.

De la siguiente forma:

Fig. nº. 4.9.



Recomendaciones:

→ Pendiente del terreno natural donde se construye el terraplén:

a) Apoyos del terraplén en terreno natural mediante práctica de escalones inclinados hacia el terreno natural.

b) Aprovechamientos de piedras de excavación, para realizar

1) Muros sostenedores de terrenos (menor pendiente), al mismo tiempo que se construye el terraplén.

2) Escolleras tendidas en pie de talud (final de terraplenado).

→ Para evitar el deslizamiento de parte del terraplén, debilidad de peso de muro y por tanto, de posibilidad de rotura.



Foto nº. 4. 32. Fallas en pasillo de coronación.

El hecho de la siembra, al mismo tiempo que se condiciona con vista a una protección ambiental, protege al talud, sobre todo el matorral de monte bajo (esparto, romero, coscoja, etc.), más que el crespinillo (diente de león). Esta práctica obligada en el desarrollo de acondicionar tierras poco meteorizadas con la incorporación del desbroce, favorece en poco tiempo el factor de su desarrollo y protección, lo que viene a corroborar el hecho de practicar la construcción con todos los elementos naturales existentes (tierra vegetal del desbroce, piedras de la excavación, zahorras naturales cribadas, etc) para desarrollar una obra bien hecha.

13. SISTEMAS DE ALARMAS.

Se automatiza el control de ordenes en la balsa con sistemas eléctricos que ayuden a una mejor gestión de usos.



Foto nº. 4.33. Detección de humedad y orden de parar bombeo.

13.1.Control de la instalación de la balsa mediante telecontrol.

La posibilidad de recibir la información necesaria para el control y gestión de datos mediante el procesamiento de un ordenador central sobre los siguientes puntos:

- Nivel.
- Caudal de salida.
- Regulación de llenado por bomba.
- Señal de actividad en dren.
- Señal de humedad debajo de la lámina, de modo gráfico, ubicando la zona húmeda mostrándola en la pantalla.

Estos sistemas de señales eléctricas analógicas programables con microprocesadores de 16 bits, de bajo consumo (< 40 Voltios), salida digital, con comunicación de vía radio (su eficacia dependerá de Herzios y fuente de alimentación) de UHF, donde efectuaran previamente lecturas de sensores y controladores generales.

Los sistemas de autómatas programables pertenecen a diferentes casas comerciales (Siemens, Omron, Allen-Bradley, etc) : Poseen una fácil instalación, coste, su alimentación y comunicación (asegurada por pila de Litio en algunos casos de 3,6 V solamente, para asegurar la información) es mínimas (interfaz de red), donde son imprescindibles diferentes elementos de diseños en su placa (condensadores, solenoides, transistores, microcontroladores, resistencias, leds, etc.).

Según la distancia al centro de control, se efectuará vía radio (grandes distancias) o cable (máximo 10 Km.). En el caso de radio la banda empleada de UHF debe ser suficiente (> 400 MHz) en diseño para evitar interferencias así como la alimentación de éstas unidades de campo, empleándose normalmente la placa solar con apoyo de batería de 12 v, 65 A/h para resolver problemas de días nublados y bajadas de la fuente de alimentación.

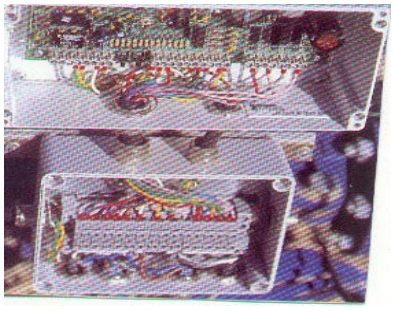


Foto nº. 4.34. Dos placas: analógicas (inferior) y digital.

13.2. Diseños para detectar fugas.

El modelo podría basarse de los siguientes apartados.

- Proceso físico.
- Proceso químico.
- Eléctrico.
- Mixto con efecto físico / eléctrico.
- Mixto entre químico / eléctrico.

En el primero, se basaría en el diseño mediante flotador que auscultando el depósito receptor del agua filtrada por drenes, recogería las fluctuaciones de elevaciones y las marcaría en un dispositivo regulado con intervalos de tiempos, a modo de limnígrafo.

El proceso químico vendría determinado por la reacción de la humedad y formación de gas que es evaluado mediante la presión registrada en el manómetro. Este sistema podría ser diseñado del siguiente modo: alojamiento de carburo en cápsula de barro en depósito en contacto con dren en el terraplén. El contacto del agua entraría en reacción al carburo, provocando la producción de gases que mediante un manómetro de gas, detecta contenido de presión de gas en la cantidad de agua que reacciona. Este sistema es delicado de ejecutar al poder recibir parte de humedad en el terraplén que no corresponde con fugas importantes, asimilar en los huecos de comunicación parte de humedad de la atmósfera que pudiera provocar condensaciones, así como la dificultad de poder reponer el carburo para que estuviera en situación de poder responder correctamente.

En el sentido de dar seguridad sobre las propiedades y personas, merece la pena realizar en ese término, un esfuerzo por parte de todos los interesados, en evitar posibles desgracias, mediante su detección con técnicas nuevas.

El eléctrico, mediante red de terminales, que permitan el paso de electricidad entre sus polos. Se contemplaran a continuación, para explicar su sistema.

Generalmente son del tipo mixto. Los sistemas permiten traducir una señal mecánica en eléctrica (fin de carreras); químico / eléctrico. El presostato es un sistema que permite medir la presión hidráulica, donde transforma una señal de tipo analógicos (intensidad) en otra señal digital, para tratar su información.

13.3. Sistemas de alarmas eléctricas.

El detector de mentiras, llamado también máquina de la verdad, se basa en el hecho de que cuando se miente, se emociona el individuo y le suda más el cuerpo. Al mojarse la piel, conduce mejor la electricidad de un polo al otro (muñecas de las manos) al disminuir su resistencia al paso eléctrico.

El sistema de detección de paso eléctrico debajo de la lámina impermeable, colocado en una cuadricula de 8 x 8 de terminales eléctricos en forma de espiral (mayor campo), permite identificar su posición espacial (foto 4.35), según permita el paso de corriente eléctrica entre ellos. Cuando existe humedad debajo dela lámina, dispara la alarma y sitúa la zona afectada.

Este sistema se distribuye en toda la balsa, fondo y taludes, distribuidos en lotes de 100 hilos, perfectamente identificados con etiquetas para facilitar su trabajo posterior de conexiones.

El esquema se basa en las uniones de los componentes de cuadriculas mediante test de respuesta. Tomemos un terminal de contacto del nº supuesto: 5. La resistencia (< 10 KΩ)

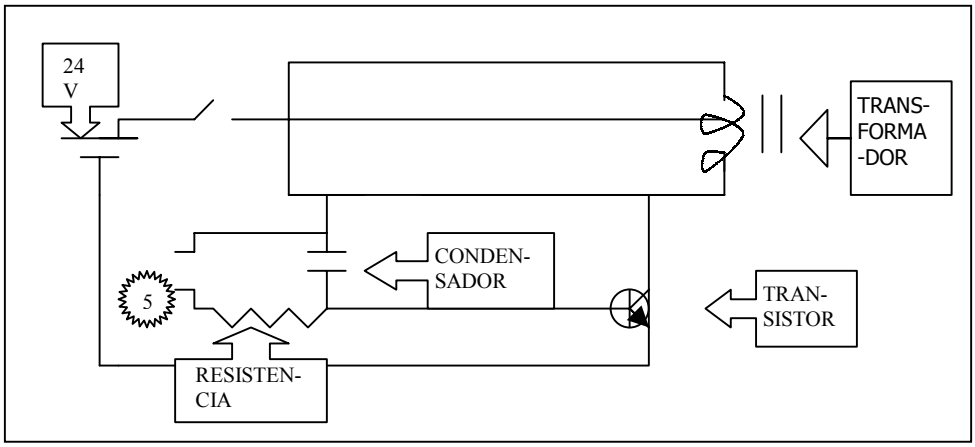


Fig. nº. 4. 10.

13.4. Gestión de información de alarmas.

La situación de poder contrastar un dato que podamos evaluar en su magnitud escalar, contrastados y evaluados, mediante diseños para dar informaciones de alarmas de un terminal remoto a centro de control de datos, donde la correspondiente señal eléctrica, es contrastada y organizada vía radio, esto es, una señal analógica traducida a señal digital.

Este tipo de señales puede ser codificado y reenviado a un centro superior que contabilice dichos sistemas de emergencia, además del propio centro del usuario, mediante codificación, pudiendo señalar las detecciones mediante ubicación (Scadas) y su intensidad (paso de electricidad).

13.4.1. Puntual o zonas reducidas.

El sistema eléctrico parece ser el más eficaz de todos, porque aunque pudieran ser creado otros aspectos que anunciaran tales evidencias de presencias de aguas en los terraplenes, como podría ser con procedimiento de carburo, resulta engorroso y se pierde fiabilidad.

El sistema del carburo podría ser de la siguiente manera: Se acondiciona un envase con posibilidad de ser llenado por su parte superior con agua que haga entrar en reacción al carburo, provocando la producción de gases que mediante un presostato de gas (posibilidad de evaluación de señal analógica y digital), que anuncie y evidencie la reacción del agua con el sólido del carburo, pudiendo ser evaluados por su contenido de presión de gas en la cantidad de agua que reaccione. Hay que considerar la parte de humedad del terraplén de los intersticios de comunicación de humedad de la atmósfera que pudiera provocar condensaciones, que no son causas de roturas y el consumo que realiza, teniendo que reponer el carburo para que estuviera en situación de poder responder correctamente.

La forma de la transmisión del presiómetro se corresponde con el modelo de señal analógica y traducción a señal digital.

Existen también posibilidades de medir la conductividad hidráulica con medidas eléctricas que evalúan la presencia de la humedad en el suelo, con electrodos a modo de introducirlos en un cubo de yeso, cuya composición permite transmitir el paso de aguas del tipo penetración lenta sobre los terrenos, según la transmisión hidráulica del suelo que atraviesa, éste resulta que evidencia su paso también por el cubo de yeso y permite la transmisión eléctrica del medio, recibiéndose en la capacidad de paso eléctrico, la cantidad de agua que transmiten dichos suelos.

Este sistema tiene el inconveniente que hay que reponer los cubos de yesos pasado un tiempo, lo que es un engorro y casi imposible, puesto que estamos hablando de sistemas enterrados con dificultad de poder reponerlos y además no nos interesa la constante evaluación mínima de humedad en el yeso, sino su aspecto cualitativo: presencia-ausencia.

No interesa pequeñas transmisiones hidráulicas que provengan de lluvia, sino las que sean en cantidades importantes y provenientes del vaso del embalse.

Ante la necesidad de constituir un modelo que responda a las necesidades de ser estandarizado y que sea fácil de usar, seguro y práctico, cualidades de exigencia ante el hecho del abandono al que se ven sometidos los sistemas de campo.

Se analiza un sistema que dé respuesta en los siguiente términos:

- Realizar una línea de colocación de sensores de presión de gran precisión (+/- 1% de la escala de 0 a 5 Kg./cm2), con una salida analógica de 4 a 20 mA y una tensión de 12/24 Voltios de c.c. (aunque tiende a emplearse en c.a.) con simple salida de ON/OFF.

Su inconveniente podría ser el de la caída de tensión en el cableado y por otro lado, la falta de presión en el agua por haber encontrado alguna salida y apenas dar presión, puesto que tendría parte de su carga en situación de alivio y por tanto señalaría sólo parte de la realidad, por tanto aunque fuera posible, pienso que con esto sólo podría tener parte de datos y la presión no sería lo más importante, sino la **humedad** en sí, con una alta participación, pudiendo ser sólo la de contacto en parte válida, pero incluso así, lo descartamos porque su sistema de detección lo realiza mediante el desplazamiento de una membrana sensible que produce el contacto diferenciado por distintas resistencias al paso eléctrico (puente de Wheatstone), y ésta se podría dañar, oxidarse, perdiendo eficacia.

El siguiente elemento que podríamos analizar, el de simple contacto con varilla de diferentes tamaños de altura (foto nº 4. 33). Sirven en la industria para regular niveles en los depósitos (a modo de boya), dichos sistemas se organizan con varias varillas de diferentes alturas que bien ayudados en un liquido con propiedades de transmitir la corriente en su seno (algún elemento sólido que se disuelva, ayude a mejorar la conductividad eléctrica con mayor facilidad), avisando en caso de producirse dicho paso de corriente, mediante automatismo, organizando la orden de cortar en el caso de llenado.

Este sistema suele utilizarse en algunas balsas para evitar su rebose, al cortar la corriente de la bomba, una vez llegue a la altura indicada.

En nuestro caso, habrá que confeccionar un recipiente que permita su llenado parcial de un volumen considerable en un instante determinado.

El diseño debe permitir su manejo fácil, bien una vez se vaya construyendo el terraplén o instalándolo desde el exterior si es que estuviera hecho y su condición de perforación permite su incorporación.

En obra nueva:

Cuando se construye el terraplén, sería recomendable establecer a un tercio de altura de la solera, en su parte central o laterales, pudiendo ser también consideradas cualquier altura, aunque se recomienda ésta por ser la más delicada, la colocación de uno ó varios dispositivos de carácter eléctrico, cuya bipolaridad fuese la que con presencia de humedad establezca un paso de corriente determinada e pudiera registrarse en una diferencia de paso de intensidad

eléctrica, que por el paso previamente contrastado de intensidad / humedad, conectando ambos hilos y permitiendo la conductividad eléctrica variable, identificados en su posición o no, proceda a realizar una señal de alarma por el procedimiento que sea más conveniente, pudiendo emplearse la tecnología actual o futura, como la transmisión de señal por vía de ondas tipo UHF y que tratadas convenientemente por su longitud de honda, pueda ser identificada, aislada y analizada para proceder de la mejor forma posible, teniendo con éste sistema, la certeza de poder prevenir y de evitar, daños mayores.

En una nueva construcción de embalse, el sistema permite diseñar multitud de combinaciones para concentrar los puntos de humedad en los sistemas de análisis por la conductividad eléctrica, empleando medios que bien por sus características de propiedades hidrófilas ayuden a evidenciar la humedad o por ayudas de sistemas de reacciones químicas que favorezcan en sus disoluciones características favorables al paso eléctrico, colocando cada 100 metros mínimo, un dispositivo con drenes inclinados al punto diseñado con un recipiente metálico de acero inoxidable con dos varillas al menos y contenidos en un embalse que resista las presiones del terreno sin permitir su deformación. La parte eléctrica de sus contactos estarán convenientemente protegidas para evitar su deterioro, así como el cableado que será de 2x1,5 mm, protegidos con mallas galvanizadas en toda su longitud. Las envueltas del cobre serán de PVC y las externas de PE flexible, suficientemente extendido para evitar su desgarre por acciones del terreno.

Esta línea se llevará a una remota que bien por telefonía o radiofrecuencia de una antena, transmitirá la señal de alarma por estar conectados dichos polos. Esta central puede ser alimentada por placas fotovoltaicas y almacenar mediante batería la suficiente energía de los voltios suficientes para realizar la transmisión. A su vez puede utilizarse como transmisor de otras señales (volumétricas, orden apertura o cierre a un solenoide, presiones de altura de agua del embalse, etc.).

En balsas construidas:

Sería parecido a lo referenciado, salvo que no podíamos realizar un dren en la pantalla del terraplén y lo tendríamos que introducir mediante una perforación (horizontal/vertical) y depositar el envase y sellar convenientemente el orificio practicado para su posterior mantenimiento.

En general el sistema se apoya en la propiedad que posee el agua al tener disueltas partes de sales de forma natural en orden de 300/3000 ppm., Y que en nuestro caso podemos mejorarla para ayudar de forma absoluta la conductividad eléctrica.

Un agua químicamente pura no conduce la corriente, pero a medida que se van disolviendo en ella distintos elementos se va haciendo conductora y cuanto mayor cantidad de elementos disueltos contiene, más conductora será.

Pero la conductividad eléctrica de un agua determinada no es un parámetro constante sino que depende de la temperatura, disminuyendo al hacerla ésta y que convendría no olvidar, puesto que las referencias de los Métodos Oficiales se refieren a la determinada a 20º C (antes era 25º C), teniendo tablas de convertibilidad

No hay que olvidar que si se asegura la conductividad eléctrica con ayudas de sales, la corrosión se ve también favorecida, por lo que las varillas deberán de ser extremadamente protegidas de oxidaciones.

Para identificar el tipo de respuesta eléctrica, tenemos que definir una hipótesis de lectura teórica expresada en mS/cm o bien en μS/cm, que se puede entender en correspondencia aproximada de salinidad y conductividad eléctrica.

En un agua natural, por ejemplo el coeficiente de paso aproximado entre una y otra magnitud es de 0,64 o múltiplos de este valor:

$$TDS\ (mg/l) = CE\ (\mu S/cm) \times 0{,}64 = CE\ mS/cm \times 640.$$

13.4.2. Análisis general de toda la balsa (vaso y taludes interiores).

Es caro. Se realiza mediante cuadriculas de 8x8 con un solo terminal, donde se incorpora una espiral de menor protección como pantalla receptora. Estos se identifican y se llevan en un conjunto de 200 unidades fuera de la balsa, también identificados en su terminal.



Foto nº. 4. 35.

El receptor (foto 4. 35.) debe colocarse enterrado (foto 4. 36.), tapándolo con arena para mejorar la permeabilidad del terreno y permitir un buen contacto con el agua.

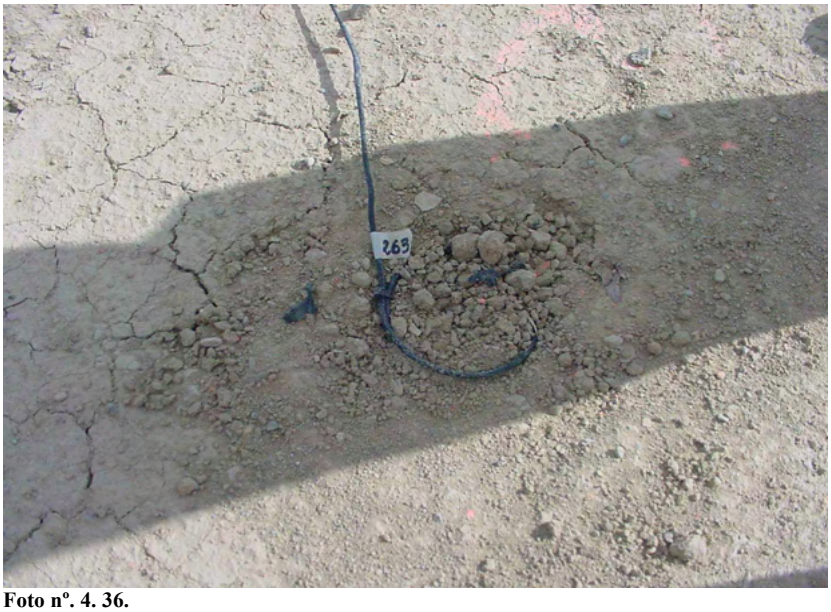


Foto nº. 4. 36.

Los terminales forman un paquete de zonas de la balsa (foto nº. 4. 37) que son alimentados con una pequeña carga de 24 voltios cada terminal y analizadas sus demandas. El sistema debe ser nulo en consumo (no continuidad eléctrica).



Foto nº. 4. 37. Paquete de 100 hilos.

Los terminales son investigados en los consumos que puedan registrarse. Estos son comparados en la red de terminales vecinales, siendo alarma cuando más de cuatro terminales, poseen entregas de corriente al terreno. Identificando la cuadrícula de 64 m^2 (> 100 m^2) con situación de perdida y fluctuación de carga eléctrica, traducidos a señales digitales para su procesamiento.

14. OTROS SISTEMAS.

No suele ser normal disponer de hitos con clinómetros, como en las presas, puesto que las obras de fábricas, vallas, etc. suelen ser perfectos delatores de pequeños desplazamiento del terreno, siendo raro el deslizamiento de los terraplenes.

En el llenado se suele hacer de forma lenta y ver el comportamiento de los drenes.

15. ACTOS VANDÁLICOS.

Aquellos que de forma consciente o irresponsable, efectúan individuos perjudicando el diseño que se efectúo, mediante daños fortuitos o causal y que constituyen un delito.

La balsa es un recinto vallado donde está prohibida la entrada a personas ajenas al servicio comunitario o privado y que asegura la prevención del riesgo de caída al interior del vaso y ahogamiento de personas y animales.



Foto nº.4. 38. Baños en el Arrebolao. Mula.

El hecho de infringir daños sobre la estructura (pastoreo en talud exterior, disparos sobre la lámina, baños, vertidos de líquidos, etc.), constituye parte de denuncia.

16. IMPORTANCIA DE LAS PENDIENTES.

Una balsa necesita de forma general de una buena nivelación en la terminación del borde, bordillos.

Sin embargo la solera de la balsa podría recomendarse la de un 2% para:

- El buen funcionamiento del sistema de drenaje.
- Mantenimiento de limpieza (vaciado).

Esta pendiente será tanto o más necesaria si la superficie de la balsa es grande y se deberá adaptar a los distintos asentamientos previsibles del terreno.

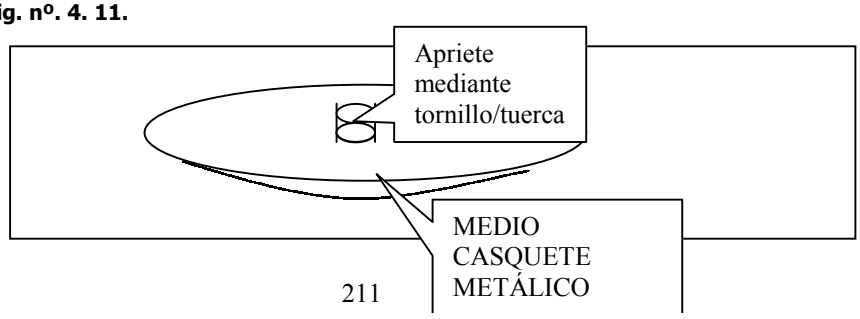
17. REPARACION URGENTE DE UNA ROTURA DE LÁMINA CON AGUA.

En caso de rotura con la balsa llena, acontece en algunos casos, de lluvia (probablemente agravaría el hecho por filtración incontrolada externa), además invierno, sin requerimiento de riego y con barro hasta los ojos, lleno de agua por todos lados y con una salida alarmante de los drenes si los tenemos, debajo del talud, etc.

El primer paso es identificar el daño, generalmente mediante inspección del buzo, donde antes de sumergirse, se evalúa la vía de agua que existe, por si fuera a romperse la balsa, estando él dentro de la balsa.

Una vez inspeccionada la lámina (existirá un hundido sobre la lámina, que si es del fondo, estará en parte "aérea", limpia en la mayoría de los casos de cieno y fácil de poder identificarla), se medirá el roto (raja con medidas de algunos centímetros, supongamos 50 cms). Es importante tomar medida exacta del roto. A continuación se confecciona dos piezas metálicas a modo de medio casquete esférico (90 cms), donde una suele llevar tornillos y en la otra parte del casquete, hueco para apretar con tuerca

Fig. nº. 4. 11.



En el roto de la lámina se introduce (previo relleno de material granular) medio casquete, abrochando el otro acople y cogiendo la lámina en medio de ambos medio casquete, apretándolo entre ambos.

Este sistema permite remediar de modo transitorio el problema de la fuga, hasta que tengamos vacía la balsa y podamos soldarlo en condiciones adecuadas.

Capítulo 5.

OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LAS BALSAS Y DE SU LLENADO MEDIANTE BOMBEO.

- Yo oro ni plata no te lo puedo dar;
Más avisos para vivir muchos te mostraré.
Tractatado Primero.
Lazarillo de Tormes.

1. CONSIDERACIONES GENERALES.

2. DEMANDAS.

- **2.1. Necesidades del cultivo.**
- **2.2. Climatología.**

3. APORTACIONES.

4. ESTUDIOS PRELIMINARES.

- **4.1. Diseño agronómico.**
- **4.2. En el ámbito comunitario.**

5. PÉRDIDAS.

6. CÁLCULOS PARA HALLAR LA CAPACIDAD DE BALSAS.

- **6.1. Calcular el volumen necesario para dimensionar una balsa con entrada de un cauce fluvial.**
- **6.2. Determinar la capacidad de una balsa de almacenamiento de agua proveniente de una depuradora.**

7. AHORROS ENERGÉTICOS EN CASO DE BOMBEOS.

- **7.1. Tipos de tarifas y contador.**

7.2. Ventajas de contemplar el máximo ahorro.

8. EJERCICIOS PRÁCTICOS.

8.1. Determinar la capacidad de una balsa de regulación diaria de agua subterránea proveniente de un bombeo.

8.2. Estudio de viabilidad de la Comunidad de Regantes del Alto Villalejos.

9. OBRA COMPLETA. NECESIDAD DE ESTABLECER CONEXIONES.

10. DISEÑO DE TUBERÍAS, PIEZAS, CONTROLES Y ELEMENTOS NECESARIOS PARA SU FUNCIONALIDAD.

10.1. Definiciones de tuberías y piezas especiales.

10.2. Control en conducción.

10.3. Elevación del agua mediante bombeo.

10.4. Tipos de bombas.

10.5. Diseños de instalaciones auxiliares.

1. CONSIDERACIONES GENERALES.

¿Cuáles son las necesidades de la cantidad de agua que tenemos? ¿De qué disponibilidad de agua contamos?. ¿Qué infraestructura hidráulica tenemos y cuál es la que necesitamos?.

Para determinar la capacidad la balsa, necesitamos de un estudio previo, que incorporamos en el anejo de la Memoria, justificando el volumen requerido en función de las necesidades de los cultivos y de la serie de aportaciones del agua disponible de recursos naturales superficiales o subterráneos.

La condición necesaria a la hora de proyectar una capacidad de balsa, es la óptima que permita cumplir el calendario de riegos en los meses de máximas necesidades.

Este sistema tendrá en cuenta los recursos hídricos existentes en estos meses y los gastos, realizando reservas de los no consumidos para poder asegurar los meses de mayor demanda. Conviene incrementar un porcentaje, alrededor del 10 %, para los imprevistos, como los casos de averías o necesidades de cultivos muy exigentes en riego.

En otra cuestión de necesidades, tendremos la de incorporar una infraestructura hidráulica que permita prestar su servicio, comunicando entradas y salidas de la balsa para desarrollar su función, siendo a veces esta parte de inversión igual a la de la propia balsa. Otros añadidos a veces, lo constituyen los bombeos, que se añaden al Proyecto.

2. DEMANDAS.

Son las derivadas de los estudios agronómicos en fincas particulares de explotaciones agrícolas o de zonas afectadas por multipropiedades, como comunidades de regantes.. En éstas deberán de incluir necesariamente los datos de la superficie a regar, cultivos existentes y precedentes, demandas mensuales de los cultivos, eficacia de aplicación del agua de riego y demandas suplementarias para lixiviaciones.

La complejidad del análisis se realiza desde diferentes opciones, dependiendo del uso:

- Si quien lo requiere es un particular, es más fácil de realizar.
- Si es para una comunidad de regantes, el estudio es más complejo y por tanto, más generalizado.

De cualquier modo, se contemplan los siguientes esquemas en menor o mayor medida:

a) Medio Físico.

1) Clima.
    1) Temperatura.
    2) Precipitación.
    3) Humedad Relativa.
    4) Incidencias del viento.
    5) Radiación solar.
    6) Evapotranspiración potencial.
    7) Evapotranspiración del cultivo.
    8) Déficit hídrico.

9) Clima edáfico.

2) Suelos.
   1) Característica físico-químicas de los suelos.
   2) Perfiles del suelo.
   3) Fertilidad.
   4) Análisis de suelos.
3) Calidad del agua.
   1) Resultados analíticos.
   2) Análisis sobre aguas depuradas.

b) Cultivo.
   1) Superficie dominada.
   2) Distribución de cultivos.
   3) Alternativas de cultivo.
   4) Tendencias futuras.

c) Agua disponible.
   1) Concesiones.
   2) Propias.
      1) Aguas superficiales.
      2) Aguas subterráneas.
         1) Situación del acuífero.
         2) Calidad del agua
         3) Instalación de bombeo.

d) Demanda de riegos.
   1) Netas.
   2) Totales.

e) Red hidráulica actual.
   1) Regulación y suministro
   2) Red de transporte.
   3) Distribución en parcela.

f) Organización, gestión y control actual y futura.
   1) Historial de suministros.
   2) Controles volumétricos.
   3) Gestión del recurso.

Veamos las de mayor importancia.

2.1. Necesidades del cultivo:

De todos es sabido, que las condiciones necesarias para que se desarrollen las plantas es el agua. Existen plantas que necesitan un aporte extraordinario de agua, para su regulación con el medio, aporte que se realiza con el riego.

La obtención de los datos sobre las necesidades de agua, puede estar basada en la experiencia de la zona, ensayos contrastados, fórmulas de métodos FAO, Penman, Penman-Monteith, Radiación, Blaney-Cridle, evaporimetros de clase A, estudios de medias ponderadas de isotermas, isoyetas, etc. También son de interés los estudios de filtraciones, capacidad de retención de humedad del suelo, métodos de análisis del material extraído mediante sondas, ensayos gravimétricos, o bien con otros métodos como tensiómetros, eléctricos, lisímetros, etc., para poder efectuar las necesidades requeridas. También se suelen tener en cuenta las condiciones de salinidad y las necesidades de agua para el lavado de las sales.

2.2. Climatología.

Son fundamentales los datos del clima para efectuar correcciones, cómo es la temperatura media de la zona, la temperatura máxima y mínima, la exposición a las radiaciones (cara sur más cálida, la dirección este-oeste, la de mayor iluminación), datos de insolación, así como el régimen de los vientos y la intensidad de los mismos, las precipitaciones, las heladas, etc., que determinan las posibilidades del hábitat del cultivo.

3. APORTACIONES.

Pueden ser dotaciones que corresponden a turnos de Comunidades de Regantes para usuarios o bien las efectuadas por una Comunidad sobre los estudios medios de aportaciones de caudales aforados de cauces superficiales (hidrológicos) o por estudios de sondeos mediante estudios hidrogeológicos de la zona.

A veces las aportaciones no son fijas y las explotaciones reciben el agua de un canal, caso del Trasvase Tajo-Segura, donde la Confederación del Segura, aporta una dotación fija o extraordinaria y debe ser tomada en un tiempo determinado. Estas imprevisiones, deberán de preverse con coeficientes que puedan absorber la necesidad de "imprevisto" donde interesa recoger el máximo de agua embalsada para el período más crítico.

En general, la fuente de suministro del agua, según su procedencia, puede ser:

a) Superficicial.

- Pertenecen a corrientes de cauces que pueden ser continuas o discontinuas, necesitándose un estudio hidrológico de sus aportaciones, así como del correspondiente permiso administrativo.

b) Subterránea.

- Poseen un emplazamiento definido, con una serie de caudales estudiados y que constan de una instalación.

c) Depurada.

En los dos primeros casos, poseen en común el factor fluctuante de cantidad variable en el tiempo, siendo raro, la uniformidad, por lo que conviene realizar estudios de seguimientos y prever alternativas.

Otro de los sistemas que comienza a ser normal, es la inclusión de dotaciones procedentes de las depuradoras de ciudades, cuyo análisis de bacterias, debe ser vigilado, así como concentraciones de sales y elementos contaminantes. Estas dotaciones suelen ser más uniforme en el tiempo.

En las explotaciones dependientes de aportes de aguas subterráneas, se toman los datos de régimen de las aportaciones en los meses más conflictivos, con un mínimo de 10 años de aportaciones. Debe de conocerse el sistema de aportaciones en los meses de fuerte sequía.

En caso de tener elevaciones por bombeo, se complementan los estudios con las ventajas del uso en horas valle, mediante una tasa interna de rentabilidad (TIR), además de tener en cuenta las posibles averías del grupo de bombeo.

4. ESTUDIOS PRELIMINARES.

Se determinan desde el punto de vista más restrictivo, el más limitante de todos. Según el análisis, distinguimos:

4.1. Diseño agronómico.

En el ámbito de parcela se calcula las necesidades del cultivo, superficie, suelo, técnica de riegos y frecuencia empleada para constituir los datos del volumen deseado.

4.2. En el ámbito comunitario.

Aquí la cosa se complica más y se hace muy extenso, a modo de ejemplo, tratemos de sintetizar necesidades generales de una comunidad de regantes.

Hay que modelizar las distintas tendencias productivas en dos escalas diferenciadas:

- Cultivos permanentes.
- Cultivos ocasionales.
    - Mercado alternativo fijo.
    - Mercado coyuntural.

En los primeros, permanentes o arbóreos, es fácil poder determinar la demanda de la misma.

Dependiendo del factor climático y suelo, podríamos establecer la siguiente relación:

Cultivos.	Necesidad	Superficie.
Cítricos		
Frutales de hueso.		
Frutales de pepita.		
Almendro.		
Uva de mesa.		
Olivar.		

Cuadro 5. 1.

En la situación del aprovechamiento de los cultivos herbáceos, sobre datos estadísticos de años anteriores.

Aprovechamiento.	Superficie (ha).
Cultivos herbáceos	------
Barbechos y tierras no ocupadas.	------
Cultivos leñosos.	------
Total.	**------**

Cuadro 5 . 2.

La superficie total puede que se divida en sectores, polígonos, para facilitar la gestión hídrica.

De modo abreviado, referir las características más destacables de valores:

Clima: Tª media, pluviometria media en mm/año, evaporación media en mm/año. Balance hídrico del tipo del suelo, por ejemplo arídico.

Tipo de suelo con las excepciones que correspondan, por ejemplo contenidos de cloruros (Salobrales).

Características de las aguas superficiales, subterráneas, depuradas:

- Tipo de aguas, por ejemplo si son duras, en valores de dS/m y contenido de sales, expresado en gr/l.

5. PERDIDAS.

Se consideran como parte de una demanda añadida donde las filtraciones en algunos casos o la evaporación que puede llegar en algunos casos hasta un 15 % del volumen total, habrá que tenerla en cuenta.

Las filtraciones serán menores en embalses recubiertos con lámina impermeabilizante donde la evaporación puede ser aminorada con una ubicación adecuada, resguardándola en los espacios abrigados si es posible o bien con plantaciones de cortavientos que aminoren su influencia. La técnica de la incorporación de un sombraje resulta muy ventajosa como se muestra en el capítulo 8, dedicado a evaporación.

6. CÁLCULOS DE CAPACIDAD DE BALSAS.

6.1. Calcular el volumen necesario para dimensionar una balsa con entradas de un cauce fluvial.

Meses	Enero	Feb	Marz	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
(1) Aport.	710	700	700	810	510	310	110	0	0	120	325	340
(2) % cons				5	10	12	15	20	17	12	5	0
(3) Cons				225	450	540	675	900	765	540	225	
(4) C.E.	53.6	48.47	53.6	51.8	53.6	51.8	53.6	53.6	51.8	53.6	51.8	53.60
(5) Difer	656.4	651.5	646.4	533.2	6.4	281.8	618.6	953.6	816.8	473.6	48.2	286.4
(6)Acum	991	1642.5	2288.9	2822.1	2828.5	2546.75	1928.1	974.5	157.7	315.9	48.2	334.6

Cuadro nº. 5. 3. (x 1.000 m^3)

(1) El total de aportaciones son de 4.635 · 1000 = 4.635.000 m^3.
(2) Las necesidades para el riego se establecen de acuerdo con los cultivos que se consideren y con la superficie destinada al riego. Para una zona regable de 1000 Has con una dotación de 4.500 m^3/ha y la distribución mensual en % indicada.
(3) Multiplicando la superficie de riego (1000 Has) por la dotación media de 4.500 m^3/Ha por el porcentaje de consumo mensual y dividido por 100, obtenemos los volúmenes detallados en los diferentes casilleros.
(4) El caudal ecológico se considera continuo, mínimo de 20 litros/seg. , Multiplicando por el número de segundos de cada mes, se obtienen cada uno de los volúmenes.
(5) Diferencias en el mes (negativo).
(6) Las necesidades de balsas netas serian de 2.828.500 m^3 siendo deficitario en 315.900 m^3. Por tanto tendría que disminuirse la superficie equivalente a ésta falta de agua.

La situación de las balsas se harían según la distribución de necesidades aumentando con un 10 % su capacidad. La capacidad de la balsa se recrece al menos en unos 50 cms de altura, donde se sitúa el hueco del derramadero, para asegurar el volumen útil de llenado.

6.2. Determinar la capacidad de una balsa de almacenamiento de agua proveniente de una depuradora

Se trata de obtener el número de hectáreas que se pueden regar y las dimensiones de una balsa, para aprovechar el efluente de una depuradora de una población de 30.000 habitantes. Se supone un caudal del efluente de 200 litros por habitante y día.

El consumo anual del agua por hectárea es de 9.000 metros cúbicos, que se distribuyen mensualmente según el siguiente cuadro:

Meses	Enero	Febr	Marz	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
(1) ENTRADAS	186	168	186	180	186	180	186	186	180	186	180	186
(2) % nec.			5	10	15	20	25	20	5			
(3) Cons			12	219	328.5	438	547.5	438	12			
(4) Dif.	186	168	174	-39	-142.5	-258	-361.5	-258	174	186	180	186
(5)	912	1080	1254	1215	1072.5	814.5	453	195	174	360	540	726

Cuadro nº. 5. 4. en Dm^3.

1) Volumen diario disponible = 30.000 hab. x 200 lt/hab x día = 6.000 m3/día.
Multiplicando por los días de cada mes, se obtiene la siguiente tabla de aportaciones mensuales.

Cuya suma es de 2.190.000 metros cúbicos y como el consumo estimado por hectárea es de 9.000 metros cúbicos, se podrán regar 2.190.000/9.000 = 243,33 has. Con esta superficie de riego y con la distribución mensual de los consumos indicados en (2), se obtienen los siguientes consumos mensuales:

2) Consumos en % de necesidades.

3) Cantidad de agua empleada en demandas.

4) La diferencia mensual entre aportación y el consumo, origina la tabla de superávit y déficit mensuales, donde a partir de la serie negativa, empezamos a elaborar la tabla de acumulación siguiente:

5) Con la suma de los superávit o de los déficit se obtiene en ambos casos, la capacidad de la balsa de almacenamiento, es decir, 1.254.000 m^3, que representa aproximadamente el 57,3 % de la aportación. Con una distribución más regular de los consumos, el volumen de la balsa decrece considerablemente.

7. AHORROS ENERGÉTICOS EN CASO DE BOMBEOS.

Uno de los factores a tener en cuenta son los costes a la que está sometida la agricultura. Hay que optimizar el uso de los recursos. Los gastos de consumo energético en una explotación agrícola, son suficientes, para dedicar un estudio cuidadoso que asegure el mejor aprovechamiento de la energía.

Al montar la instalación de bombeos, hay que considerar diversos factores:

- Demanda de agua.
- Potencia de motores.
- Capacidad de la balsa de regulación.
- Tipo de tarifa y contador contratado.
- Factor de potencia: eliminación de reactiva.

7.1. Tipos de tarifas y contador.

Al ser una instalación agrícola se debe contratar la tarifa de riego. Puede elegirse entre varios tipos de contadores, cada uno adecuado a unas condiciones de consumo, que se diferencian en la distinta clasificación de las horas del día "valle" (con descuento), "llano" (sin descuento ni recargo) o "punta" (con recargo).

Se llama discriminación horaria (D.H.) al coeficiente medio de recargo o reducción resultante al contabilizar las horas consumidas de cada tipo.

Para la eliminación de reactiva deben instalarse condensadores adecuados.

	TARIFA ÚNICA	TARIFA DOBLE		T. TRIPLE A			TRIPLE B LABORALES			TRIPLE B FESTIVOS
Tipo de horas	Indistinta	Llano	Punta	Valle	Llano	Punta	Valle	Llano	Punta	Valle
Número	24	20	4	8	12	4	8	10	6	24
D.H.	+20%	0%	+40%	-43%	0%	+70%	-43%	0%	+100%	-43%

Cuadro nº 5. 5. Distribución de los tipos de horas para cada contador

Las condiciones específicas de cada contador son las que aparecen en el cuadro superior de la tabla 4.14.



Foto nº. 5.1. Ahorro energético con contador de triple tarifa y reloj programador (Foto PAR)

7.2. Ventajas de contemplar el máximo ahorro.

Con los contadores de triple tarifa es posible una mayor reducción si se pueden aprovechar las horas "valle" y dejarse libres las horas "punta". Cuando los motores pueden funcionar preferentemente en días festivos (sábados y domingos), el contador de tipo B es preferible al del Triple A.

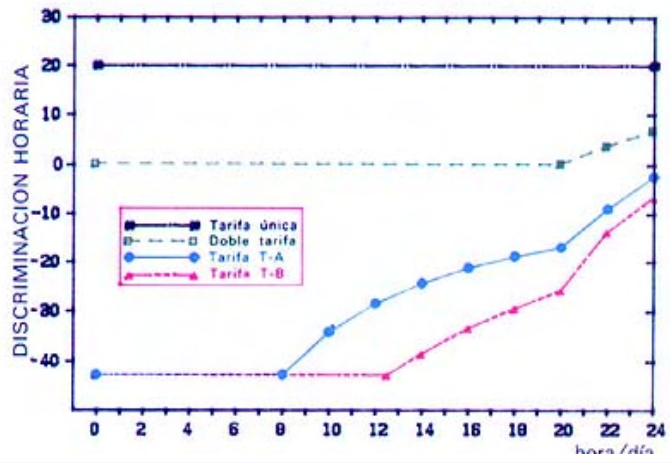
Para tener el máximo ahorro es preciso ajustar en lo posible el funcionamiento del motor a horas valle; esto se puede lograr, dotando la instalación de una bomba de mayor potencia.

En definitiva, nos interesa determinar, para una instalación con una cierta demanda de agua según el caudal del motor y la tarifa aplicada, cual es la mejor distribución del tiempo de funcionamiento y hallar la capacidad de la balsa exigida y el coeficiente de D.H. obtenida con esa distribución. Los cálculos de llenado, se pueden determinar en función de la capacidad de la balsa, del caudal disponible, de la bomba, etc., estableciendo la D.H. que mejor se adapte, según variables.

Existen aplicaciones de programas informáticos que resuelven dudas, como el Programa de Asesoramiento en Riegos (PAR), de la CAAM de la CARM, donde una vez conocidas las demandas mensuales de agua y el caudal disponible, se obtiene la D.H. correspondiente para cada elección de tarifa, tanto si la capacidad de la balsa está limitada como si no, en cuyo caso calcula la capacidad de la balsa necesaria.

Ejemplo sobre una extracción con bombeo de 150 l/s y que actualmente está funcionando con tarifa doble y sin balsa de regulación, cuya D.H. es del +2%.

Gráfico nº. 5. 1.



Como el caudal del bombeo y las demandas mensuales de agua están fijas, calculamos la D.H. obtenible en función de la capacidad de la balsa, para los dos tipos de tarifa, la A y B.

Suponiendo que no hay restricción de balsa, el programa determina la mejor D.H. y la capacidad exigida en los dos casos:

	BALSA EN m^3	D.H.
T-A	276.156	-19.28
T-B	298.836	-31.1

Cuadro Nº. 5. 6.

Como la balsa exigida es muy grande, interesa hallar la D.H. según reducimos la capacidad. Así se obtiene la tabla resultante:

	DISCRIMINACIÓN HORARIA	
BALSA (m^3)	**TRIPLE A**	**TRIPLE B**
30.000	-14.2	-21.9
50.000	-14.7	-23.0
85.000	-15.5	-24.5
100.000	-15.7	-25.1
150.000	-16.7	-26.8
200.000	-17.7	-28.3

Cuadro nº. 5. 7.

La tabla anterior indica que la tarifa B viene mejor en este caso, y que la balsa preferible es de 85.000 m^3, porque permite una reducción bastante considerable, y a partir de aquí, una pequeña mejora de la D.H. exige una gran inversión en capacidad de balsa.

Si comparamos esta D.H. (- 24.5%) con la actual (+2%), el ahorro obtenido es del 26.5%, que en este caso supone anualmente más de 5 millones de pesetas.

Este ahorro permite amortizar la balsa rápidamente y significa una clara mejoría en el rendimiento de la instalación en un corto plazo.

En definitiva: Tanto este ejemplo, como otros, se demuestra que muchas veces ni se elige la tarifa adecuada, ni funcionan los motores a las horas convenientes, ni se construye la balsa adecuada, siendo factible disminuir, a veces hasta en un 30%, el consumo energético actual en la instalación.

Las diferencias de D.H. según una elección u otra pueden ser muy importantes, y todo el tiempo que se dedique al estudio de este asunto antes de tomar una decisión, será sin duda, bien aprovechado y redundará en beneficio de la instalación.

8. EJERCICIOS PRÁCTICOS.

8.1. Determinar la capacidad de una balsa de regulación diaria de agua subterránea proveniente de un bombeo.

Se trata de establecer el volumen de una balsa de regulación diaria y el caudal de bombeo de agua subterránea, considerando las siguientes hipótesis:

A) Bombeo las 8 horas valle.

B) Bombeo las 8 horas valle y las 12 llano, con caudal doble en las valle que en las horas llanas.

C) Bombeo las 8 horas valle y las 12 llano, con caudal constante.

La zona regable tiene 225 hectáreas con un consumo mensual máximo de 1.120 m3/ha.

En estas condiciones el consumo diario de riego de toda la zona regable, considerando 30 días por mes, será:

Consumo (m^3/día) 1.120 m^3/ha x 225 ha / 30 días = 8.400 m^3/ día

Considerando una distribución uniforme del consumo a lo largo del día, el caudal horario será:

Caudal horario = 8.400/24 =350 m^3/hora

Hipótesis A)

El bombeo en 8 horas valle del consumo diario, origina el siguiente caudal: 8.400 m^3.

Caudal de bombeo (m^3/hora) = 8.400/8 = 1.050 m^3/hora

Volumen de la Balsa (m3) = (1.050 - 350) x 8 = 5.600 m^3

Hipótesis B)

El bombeo en 8 horas valle y 12 horas llano del consumo diario, con caudal doble en el valle que en el llano, origina el siguiente caudal (Q):

$$2 \times Q \times 8 \text{ Horas} + Q \times 12 \text{ horas} = 8.400$$

Resolviendo: Q = 8.400/28 = 300 m^3/hora en horas llano y 600 m^3/hora en horas valle
Volumen de la Balsa (m^3) = (300 x 2 - 350) x 8 = 2.000 m^3

Hipótesis C)

El bombeo en 8 horas valle y 12 horas llano del consumo diario, origina el siguiente caudal:

Caudal de bombeo (m^3/hora) = 8.400120 = 420 m^3/hora

Volumen de la Balsa (m^3) = (420 - 350) x 20 = 1.400 m^3

Para obtener la hipótesis más económica y por tanto, la más interesante, habría que valorar el coste de construcción de las diferentes balsas y estaciones de bombeo obtenidas, junto con los consumos de energía eléctrica con la tarifa que proceda, durante la vida útil de la obra (de 20 a 25 años) convenientemente capitalizado. De la suma de los tres parámetros, coste de la balsa, coste del bombeo y coste de energía, se obtiene el óptimo económico.

8.2. La Comunidad de Regantes del Alto Villalejos tiene interés en realizar un estudio de viabilidad para aumentar la capacidad actual de balsas (350.000 m^3) con el fin de ahorrar gasto de factura de consumos eléctricos en horas punta. La capacidad máxima

extractiva de los sondeos es de 400 l/sg. La superficie de la Comunidad de Regantes es de 1.500 Has con un coeficiente de simultaneidad del 85% (los que riegan). El consumo de máximas demandas en toda la zona es de 75.000 m^3/día. Deseamos que la reserva de agua en dicha Comunidad complemente la balsa el déficit horario del sondeo.

Los datos de consumos hídricos de los cultivos en m^3 son los siguientes:

mes/cultiv	melocotón	peral	albaricoq	Olivo.	ciruelo	almendro	viña	Media	Media ponderada	
enero	150	200	150	250	150	150	150	171	161	205.275
febrero	200	300	200	250	200	200	200	221	215	273.488
marzo	400	450	200	100	300	250	250	279	315	401.625
abril	600	600	400	200	450	250	300	400	479	610.725
mayo	800	900	500	350	750	300	400	571	668	851.700
junio	1.100	1.100	800	550	1.100	400	450	786	936	1.193.400
julio	1.600	1.200	600	550	1.600	600	600	964	1.170	1.491.113
agosto	1.800	800	500	525	1.200	400	700	846	1.102	1.405.369
septiemb.	900	500	500	500	800	350	500	579	678	863.813
octubre	300	300	300	400	300	250	250	300	300	382.500
noviemb.	200	300	200	250	200	200	200	221	215	273.488
diciemb.	100	200	150	250	150	150	150	164	144	182.963
Suma	8.150	6.850	4.500	4.175	7.200	3.500	4.150	5.504	**6.381**	**8.135.456**
% cultiv	35	12	23	5	15	5	5			

Cuadro nº. 5. 8.

Hallamos el consumo / Ha = 75.000 m^3/24 horas = 3.125 m^3/hora = 3.125 / 1.275 = 2.45 m^3/h Ha. En el caso de regar directamente del bombeo, tenemos 3.125 – 1.440 (sondeos) = 1.685 m^3 déficit de agua. En el día necesitamos de reserva para incorporar a la extracción 40.440 m^3 y en una semana 283.080 m^3. Esta capacidad es considerando el bombeo continuado y seguro sobre dichas cantidades y sin estimar averías e imprevistos, donde sería necesario aumentar un porcentaje mínimo del 5 %.

Hemos contactado con la compañía eléctrica y nos dicen que nos aplican 10 pesetas Kwh. en consumos eléctricos realizados en verano, en la zona 4 (Murcia) con tarifa triple "B".

Calculamos las cantidades que podemos extraer en una semana:

Días laborables:

Hora "punta"	+ 100%	6 h.	21.600 segundos.	8.640 m^3.
Hora "llano"	0%	10 h.	36.000 seg.	14.400 m^3.
Hora "valle".	-43%	8 h.	28.800 seg.	11.520 m^3.

		Total =		34.560 m^3. (mitad necesidad)

Sábados y domingos (incluir festivos).

Hora "valle".	-43%	24h.	86.400 seg.	34.560 m^3.

Total semana:

Horario "punta".	43.200 m^3.	30 h.
Horario "llano".	72.000 m^3.	50 h.
Horario "valle".	126.720 m^3.	88 h.

Total.	241.920 m^3.	

75.000 m^3 · 7 día = 525.000 m^3/semana.

Empleo de Horas: Punta + Llano + Valle.

Déficit semanal: 525.000 – 241.920 = 283.080 m^3/semana = 0.54 reserva.

Empleo de horario Llano + Valle.

Reserva de 0.62 semana. 525.000 – 198.720 = 326.280 m^3/semana.

Empleo de horario Valle.

Reserva de 0.76 semana. (5.3 días. 525.000-126.700 = 398.280 m^3/semana.

Sin embargo, necesitamos apoyar más datos de análisis en todo el conjunto, por ejemplo la siguiente tabla (nº. 4.17), donde podemos ver las necesidades reales y donde habrá que acudir no sólo a horas valles, sino que necesitamos incorporar horas llanas (sobran 1.403.101 m^3) y de aquí podemos calcular las necesidades reales.

	Demanda	Valle	Diferenc.	Vall+Llan	Diferencia	Llenado	Acumulado
enero	205.275	506.880	301.605	794.880	589.605	506.880	983.294
febrero	273.488	506.880	233.392	794.880	521.392	506.880	1.216.686
marzo	401.625	506.880	105.255	794.880	393.255	794.880	1.609.941
abril	610.725	506.880	-103.845	794.880	184.155	794.880	**1.794.096**
mayo	851.700	506.880	-344.820	794.880	-56.820	794.880	1.737.276
junio	1.193.400	506.880	-686.520	794.880	-398.520	794.880	1.338.756
julio	1.491.113	506.880	-984.233	794.880	-696.233	794.880	642.523
agosto	1.405.369	506.880	-898.489	794.880	-610.489	794.880	32.034
septiemb.	863.813	506.880	-356.933	794.880	-68.933	831.779	0
octubre	382.500	506.880	124.380	794.880	412.380	506.880	124.380
noviemb.	273.488	506.880	233.392	794.880	521.392	506.880	357.772
diciemb.	182.963	506.880	323.917	794.880	611.917	506.880	681.689
Suma	8.135.459	6.082.560	-2.052.899	9.538.560	1.403.101	8.135.459	876.537

Cuadro nº. 5. 9.

Podemos ver que las necesidades se aseguran con balsas de capacidad mínima de 1.444.096 (1.794.096-350.000), añadiendo la semana de reserva o la cantidad que contemplemos como seguridad. 1.794.096 + 398.280 + 39.828 = 2.232.204. Capacidad total

requerida. Estos requerimientos pueden ser llevados en fases progresivas, con la correspondiente infraestructura de transporte del agua.

Los consumos energéticos de campañas anteriores, sobre una media de 6 años de dicha comunidad, fueron de:

- Punta: 750.000. 17.5% 750.000 Kwh. (100%.
- Llano: 925.000. 21.6% 0 Kwh. (0%.
- Valle: 2.600.000. 60.9% -1.118.000 Kwh. (-43%.

La compensación discriminatoria es de - 368.000 Kwh., que en pesetas son 3.680.000 pesetas actuales.

La Factura que pagan es de 42.750.000 – 3.680.000 = 39.070.000 Ptas.

Mediante aumento de la capacidad de balsa tendremos:

* Punta	260	0.01 %.	260 Kwh.	(100%).
* Llano:	952.000	22.27 %	0 Kwh.	
* Valle:	3.322.740	77,72 %	-1.428.778 Kwh.	

La compensación discriminatoria es de 14.285.180 Ptas.

Lo que representa un ahorro con respecto al anterior de 10.605.180 Ptas.
Si efectuamos el VAN estimando una vida útil de 25 años con una revalorización del coste energético en un 2,05 %, representa un ahorro de más de 400 millones de pesetas. Si estimamos la pérdida de cosecha por falta de riego (margen bruto medio/Ha según R.D. 204/95 de 1.167.000 pts/Has) tendremos en la Comunidad un ahorro de más de 325 millones de pesetas, considerando pérdidas de rendimientos del 1,5 % anual. Un ahorro de mantenimientos de sondeos de 35 millones. En resumen un ahorro en V.A.N. de ahorros anuales superiores a 760 millones.

9. OBRA COMPLETA. NECESIDAD DE ESTABLECER CONEXIONES.

El artº. 64 del Reglamento general de Contratación condiciona el Proyecto a que una vez ejecutada la obra, ésta se pueda utilizar, lo que en el caso de las balsas, lleva añadido la necesidad de su funcionalidad, de su entrada en servicio. Para éste fin son necesarias las instalaciones de conducciones de entrada y salida, bombeo, válvulas, contadores volumétricos, electrificación, automatismos, obras de fábrica, etc.

A veces éstos capítulos, son de costos mayores que la propia construcción de la balsa, debiendo justificar la conexión de las tuberías, incorporaciones de elementos funcionales y reposiciones afectadas, según condiciones impuestas para su funcionalidad. El capítulo de tuberías es casi inevitable, por eso pasaremos a realizar un ligero repaso técnico de sus aspectos más conocidos.

10. DISEÑO DE TUBERÍAS.

Para realizar un buen diseño, aparte de resolver los cálculos necesarios para satisfacer las necesidades hidráulicas (velocidad, presiones, caudal) obtenidas por las distintas fórmulas al efecto (Prandtl – Colebrook, Thormann-Franke, Levy, Flamant, Ganguillet-Kütter, Weibach, etc.), necesitamos aportar una serie de datos prácticos en nuestro proyecto, como es la excavación de la zanja, solera, tapado y piezas especiales. Haríamos demasiado extenso el

desarrollo de toda la exposición y además se escaparía del contenido de nuestro tema, pero si debemos tener en cuenta, conocimientos suficientes de elementos básicos, con sus ventajas e inconvenientes para realizar un buen diseño.

10.1 Definiciones de tuberías y piezas especiales.

- Diámetro nominal (DN): Dato numérico que sirve para clasificar por dimensiones los tubos, piezas y demás elementos de las conducciones, y que corresponden al diámetro interior teórico en milímetros, sin tener en cuenta las tolerancias.

- Aceros: Son las aleaciones hierro - carbono que tienen un contenido en carbono comprendido entre el 0,10 y el 1,76%.

- Piezas especiales: Elementos que permiten cambios de dirección (codos), empalmes (racores con brida, pasamuros, telescópicas), derivaciones (tes, cruz, collarines), reducciones, uniones con otros elementos, etc., relacionados con la tubería.

- Juntas: pegados (PVC), enroscados (pequeños diámetros), elástica (machihembradas, RK), uniones lisas (Arpol, AVK, Guibault) y bridas (juntas de neopreno con taladros.

- Presión nominal (PN), en 10, 16, 25 y 40. Marcan las características de la brida.

Por ejemplo, para una tubería de 200 DN, podemos emplear las bridas según necesidad de PN. Acoplamiento DIN 2501.

P.N.	10	16	25	40
Espesor brida.	20	24	30	34
Nº. Taladros.	8	12	12	12
∅ Taladro.	22	22	26	30
Clase tornillo.	M-20	M-20	M-24	M-27

Cuadro nº. 5. 10.

- Tubos PVC, PEAD, fibrocemento (a extinguir), de aceros sin soldaduras, soldadura longitudinal y transversal, helicoidal (pintado al aceite, betún, epoxi, galvanizado, revestidos de PE, Poliuretano, etc.), fundición dúctil, etc.

- Tornillos, espárragos, tuercas, (acero, zincados, aluminio, bronce), medidas (M) en diámetro en mm y longitud, por ejemplo M-20/100, diámetro rosca 20 mm y largo 100 mm.

10.2. Control en conducción.

En la conducción tenemos necesidad de cortar, derivar, asegurar una sola dirección al agua, controlar caudal, volúmenes, presiones, aliviar sobre – presiones debidas al golpe de ariete. Todas estas necesidades se cubren con diferentes soluciones.

- Cortar flujo: Son llaves que reciben el nombre de Válvulas. Existen de dos tipos: de mariposa (poseen una lenteja o plato para efectuar el cierre) sin o con reductor (para cerrar lentamente y no provocar golpe de ariete) y de compuertas (recomendables en la salida).
- Dirección única del flujo: Válvulas de retención (Fig. 4.5.), anti retorno de clapeta, de bola.
- Control de caudal: Mediante disco aforador, paletas, membranas (necesitan un mínimo de presión para ejercer su función, variables desde 0,2/0,8 bares), etc.
- Control de volúmenes: Contadores tipo Woltmann (hélices) con / sin transmisión magnética, ultrasonidos y Venturi.



Foto nº. 5. 2.
Contador ultrasónico.

Los contadores ultrasónicos pueden ser utilizados de forma bidireccional, evitando el bypass. Poseen el inconveniente de diferencias de medidas, según varia la temperatura del agua.

- Control de presiones: Se utilizan válvulas reductoras de presión, cuya función es disminuir la presión de aguas arriba a una presión constante en la parte de aguas de abajo. Esta válvula contiene dos cámaras, la inferior de paso del líquido, que se ve interceptada por la superior, que abre parcialmente (al estrechar el paso: > velocidad y < presión) o cierra totalmente el paso del agua. La cámara superior se regula mediante pilotos que "leen" la presión de agua arriba y la que deseamos en la salida, aumentando (cierre parcial) o disminuyendo el volumen (apertura de paso). La diferencia de presiones en el paso de la válvula, se traduce en cavitación, que produce la fatiga del material de la válvula, siendo su efectividad limitada.

- Antiarietes. En la impulsión de un bombeo, cuando se produce la caída de presión debido a la parada brusca de la bomba, la cámara superior mediante control del piloto, abre la válvula al exterior, anticipándose (también llamadas anticipadoras de ondas) al golpe de ariete (aumento presión). Al aumentar la presión, actúa el piloto de alta presión que organiza el cierre de la válvula.

  → La rotura por sobrepresión en la tubería, rompe a todo lo largo del tubo.
  → En la bomba, produce rotura de rodetes, ejes, etc.

El golpe de ariete constituye un grave inconveniente en las instalaciones, siendo ampliamente desarrollado desde dos puntos de vista:

A) Generalidad:

- Es una variación de presión.
- Cuando el paso del agua de una tubería, se cierra repentinamente con una válvula que le corta el paso, el líquido "comprime" al que le precede hasta anular su velocidad.
- El cierre de una válvula produce una onda de presión que se desplaza desde la válvula hasta el origen y se transforma en depresión. Nuevamente retrocede hasta la válvula para transformarse en compresión.

→ Resultado: Variaciones ondulatorias de presión en el conducto que constituyen el golpe de ariete.

- En la impulsión. Cuando los motores se paran bruscamente, se produce el mismo efecto anterior, pero al contrario.
    1) Depresión aguas arriba de la bomba.
    2) Compresión que retrocede a las bombas.

De ahí su interés en conocer los valores máximos mediante métodos simplificados.

B) Fórmulas utilizadas.

1) De Michaud. $\Delta H = 2 \cdot L \cdot V / g \cdot T$; $\Delta H = f(L, T)$.

2) Allievi. $\Delta H = a \cdot V / g$. $\Delta H \neq f(L)$.

Donde:

ΔH = Sobrepresión producida por el golpe de ariete.

L = Longitud de la impulsión.

V = Velocidad del agua.

T = Tiempo de parada.

.a = Celeridad de la onda.

- Filtros. Evitar anomalías en los contadores del tipo hélices, válvulas, ventosas, controladores de pilotos (a veces utilizan microtubos), goteros, etc.

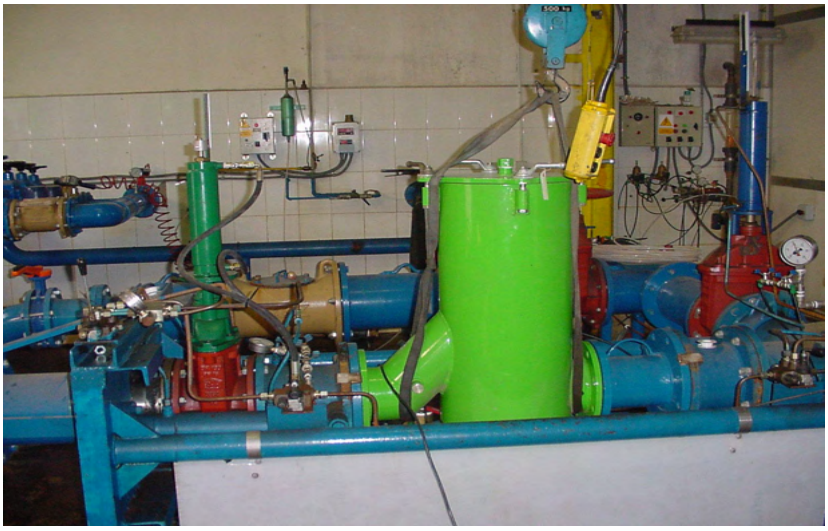


Foto nº. 5. 3. Filtro en banco de pruebas. Diseño del autor.

La limpieza de los materiales filtrados, se puede realizar mediante sistemas de automatismo, donde pasado un cierto volumen de agua, se limpia para evitar problemas de obstrucciones.



Foto nº. 5. 4. Salida automatizada del filtro anterior, regulada por válvula de pistón comandada por electroválvula.

- **Ventosa**. Es la pieza más importante de la conducción. Sirve para eliminar el aire en el llenado o succión en el vaciado.

  En la ventosa se dan:

A) Factores que influyen en la tubería desde el punto de vista resistente.
   - Presión estática.
   - Golpe de ariete.
   - Carga de aplastamiento.
   - Aire incontrolado aprisionado en el interior de la instalación.

B) Procedencia del aire.
   - En el interior de la instalación, antes de su puesta en servicio o después de su vaciado.
   - Aire que lleva el agua en forma emulsionada.
   - Disuelto en el agua que se desprende al disminuir la presión.
   - Aprisionado en intersticios de juntas.

C) Peligrosos de bolsas de aire.

- Notable compresibilidad y gran almacenamiento de energía que produce el aumento de la presión.
- Energía que resulta peligrosa cuando el aire se desplaza por la tubería.
- Implica posible **rotura de la tubería** → Necesidad de evacuar el aire → Solución: Colocación de ventosas.

D) Sobrepresiones producidas por el aire.

Es la transformación de la energía cinética del agua frenada por la compresión del aire encerrado (transformación supuesta isoterma.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 2{,}3 \cdot V_o \cdot P_o \cdot \log \frac{P_2}{P_o}$$

Donde m = masa de agua (Kg.).

V = velocidad del agua (m/s).

Vo = Volumen inicial aire (litros).

Po = Presión inicial (m.c.a.).

P2 = Presión final aire (m.c.a.).

L.= Longitud conducto a considerar.

D = Diámetro tubería (m.).

E) Ubicaciones en la tubería.

- Puntos altos marcados.
- Salida de depósitos que alimentan sifones.
- Ramas descendentes de sifones de longitud importante.
- Cambios marcados de pendientes.
- Tramos sin pendientes o poco definida.

10.3. Elevación del agua mediante bombeo.

Para elevar el agua de una posición inferior a una superior es necesario el empleo de bomba, normalmente accionadas por motores eléctricos (raros de explosión). Las tuberías trabajan a presión, y como norma fundamental habrá que considerar lo que sigue:

Para un caudal determinado tendremos que, a menor diámetro, necesitaremos más velocidad y esta tubería trabajará a más presión, y el motor tendrá que ser necesariamente de mayor potencia, pues también aumentará el rozamiento, ocasionando una pérdida de carga X, que sería equivalente al aumentar la altura a que hay que levantar el agua.

Estos factores juegan, pues, un papel muy importante para calcular la potencia en CV del motor necesario en cada caso determinado.

Cómo ejemplo para resolver éste problema supongamos un caudal Q = 5 l/s, a una altura de 15 metros, con una longitud total de 100 metros de tubos.

Como primer tanteo tomará un tubo de 100 mm de diámetro. La pérdida de carga J en la tabla de la fórmula de Darcy es:

$J/Q^2 = 412,42$;

$J = 412,42 \cdot 0,005^2 = 0,0103$ m por m/l de tubería.

Pérdida total = $100 \cdot 0,0103 = 1,03$ metros.

La velocidad máxima no deberá ser en ningún caso superior a 1,50 m/s por lo que sería preferible no pasar de 1,30 m/s para mayor seguridad. En nuestro caso la velocidad es:

Sección del tubo = 0,0078540 $m^2 \cdot 1$ metro de longitud = 0,0078540 m^3.

Q = 0,005 m^3.

Velocidad V = 0,005 / 0,007854 = 0,63 m/s, por lo que es aceptable.

El cálculo de la potencia en CV del motor para lograr el caudal a la velocidad y altura propuesta, será:

$$CV = \frac{\gamma \cdot Q \cdot Hm}{75 \cdot \rho \cdot b} \quad ; \qquad CV = 5 \cdot 16,03 / 75 \cdot 0,70 = 1,5 \text{ CV.}$$

Siendo: Q = Caudal a elevar los litros / segundo.
Hm = Altura manométrica total en metros.
γ .- Peso específico del líquido en Kg/dm^3 (en agua = 1).
$\rho \cdot b$.- Rendimiento mecánico total de bomba en tanto por litro, (se toma normalmente 0,50/ 0,80).

A esta potencia será conveniente agregar un 20 % por sobrecargas accidentales, como son codos, llaves, etc.

1,5 + 20 % = 1,80 = 2 CV.

La altitud del lugar influye, así como la temperatura.

10. 4. Tipos de bombas.

En una instalación de bombeo de balsas, se dan mayoritariamente bombas del tipo de impulsión, donde la distancia no suele exceder más de 500 metros de distancia y 50 metros de altura. Las condiciones de la impulsión pueden ser muy variables y los consumos pueden ser diferentes, variando entre 0,2 a 1 kWh/m^3.

- Bombas horizontales: Comúnmente empleadas con / sin auto cebados. Capacidad desde 1.000 litros hasta 2.000 m^3 / hora, con altura de elevación hasta 150 metros y potencias variables desde 0,5 CV hasta 400 CV.



Foto nº. 5. 6. Grupos de bombas horizontales centrífugas.

- Bombas verticales. Empiezan a ser más utilizada que las anteriores, ganando el terreno a las horizontales al poseer un mayor rendimiento, diámetros reducidos (incluso colocación dentro de la propia conducción), pudiendo regular frecuencias y controlar volúmenes y presiones. Las instalaciones son menos espectaculares y de menores dimensiones, lo que contribuye a disminuir coste de inversión añadida.

  Las bombas verticales pueden ser:

- Centrífugas: < 10.800 m^3/hora y profundidad (sumergida en sondeos) < 250 metros.
- Hélices y helicoidales: < 15.000 m^3/hora y altura < 25 metros. Es la de mayor uso.

10. 5. Diseños de instalaciones auxiliares.

Necesidad de realizar diferentes instalaciones, según necesidades de funcionalidad de la balsa, como los requerimientos del bombeo de corriente trifásica con suficiente voltaje en el suministro de la línea eléctrica y transformador, caseta de bombeo, etc., como la siguiente fotografía.





Fotos 5. 7. Caseta de bombeo y CT.

Capítulo 6.

GEOMETRÍA Y CÁLCULOS NECESARIOS EN LA BALSA.

Distínguese entre lo inmediato conocido y lo inferido.

En una figura limitada por tres rectas, hay tres ángulos; esto es conocido inmediatamente.

La suma de éstos tres ángulos es igual a dos rectos, esto es inferido.

Crítica de la razón pura.

Kant.

1. **OBJETIVOS.**
2. **CONCEPTOS GENERALES.**
   - 2.1. **Empresa de Ingeniería.**
   - 2.2. **Encargos de Proyectos.**
   - 2.3. **Dirección Técnica de Proyectos.**
   - 2.4. **Colaboradores.**
   - 2.5. **Coordinación y supervisión de Proyectos.**
3. **INFORME TÉCNICO.**
4. **PROPUESTA TÉCNICA – ECONÓMICA.**
5. **ANTEPROYECTO.**
6. **PROYECTO GENERAL.**
7. **PLAN GENERAL.**
8. **METODOLOGÍA DE TRABAJO.**
9. **INFORMES COMPLEMENTARIOS.**
   - 9.1. **Estudio geotécnico.**
   - 9.2. **Estudio geofísico.**
   - 9.3. **Laboratorio geotécnico.**
   - 9.4. **Cálculos estructurales, eléctricos, etc.**
10. **TRABAJOS DE CAMPO: TOPOGRAFÍA.**
11. **TRABAJO DE GABINETE.**

1. OBJETIVOS.

Existen diferentes etapas de necesidades de cálculos, según nos encontremos en el anteproyecto, o bien en el proyecto en sí.

A veces se recopilan datos para acompañar los cálculos en las sucesivas fases, como meras referencias. En ésta situación tendríamos:

1. Caracterización de la zona de estudio.
    - 1.1. Delimitación física.
    - 1.2. Características físicas.
        - 1.2.1. Clima.
        - 1.2.2. Suelo.
        - 1.2.3. Agua.
    - 1.3. Estructura agraria y cultivos.
        - 1.3.1. Censo y parcelación.
        - 1.3.2. Distribución de cultivos.
        - 1.3.3. Alternativas de cultivos.
        - 1.3.4. Importancia socioeconómica.
    - 1.4. Recursos hídricos.
        - 1.4.1. Disponibilidades de concesión.
        - 1.4.2. Disponibilidades efectivas.
            - 1.4.2.1. Aguas superficiales.
            - 1.4.2.2. Aguas subterráneas.
    - 1.5. Demanda hídrica.
        - 1.5.1. Necesidades netas de riego.
        - 1.5.2. Necesidades totales de riego.
    - 1.6. Red hidráulica. Características principales.
        - 1.6.1. Regulación y suministro.
        - 1.6.2. Red de distribución.
        - 1.6.3. Infraestructura en parcela.
    - 1.7. Descripción de la gestión actual.
        - 1.7.1. Suministro del agua.
        - 1.7.2. Distribución en parcela.
        - 1.7.3. Controles volumétricos.
        - 1.7.4. Gestión administrativa.

2. PLANTA GENERAL: CONSIDERACIONES.

En el diseño libre, tenderemos a polígonos **convexos** (ángulos salientes), es decir, aquellos donde el perímetro no es cortado por una recta en más de dos lados, (figura 1.5). Las formas cóncavas resultan gravosas en su relación volumen / área.

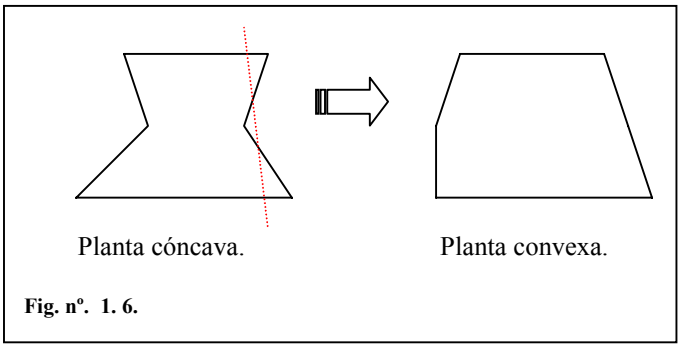


Fig. nº. 1. 6.

Si al diseño de planta elegido, variamos la altura del agua (existen programas informáticos que ayudan a éste cálculo), obtendremos con facilidad, la balsa que mejor se adapte a nuestras necesidades. Hasta aquí suponemos el volumen de agua teórico.

Las fórmulas más corrientes son:

Volumen total.-

- Fórmula tronco - piramidal: $V = 1/3\ H \cdot [\ B_s + B_i + \sqrt{(B_s \cdot B_i)}\ ]$.

Volumen útil.- Según capacidad a embalsar.

- Hasta el derramadero o aliviadero.
- De seguridad o resguardo hasta el derramadero, que dependerá de la superficie y altura del agua (normalmente 30-50 cms).

- Cotas de altura de agua, pasillo de coronación.

Haremos una descripción de las cotas relativas de la solera y del pasillo de coronación, compatibilizando las condiciones geométricas del emplazamiento y las hipótesis de partida relativas a la entrada y salida del agua.

- Superficie de la lámina impermeabilizante.

Realizamos los cálculos de superficie de cada una de las paredes del talud, si no se realiza con programas de ordenador, con las siguientes fórmulas:

- Superficie talud (2:1) = Sup. Lateral / cos 26º, 56 = Sup. Lateral / 0,8944 = m^2.
- Sup. Talud (3:1) = Sup. Lateral / cos 16º,262= Sup. Lateral / 0,94962 = m^2.
- Superficie total lámina impermeabilizante.
- Superficie de refino.

- Superficie lámina geotextil.

2.1. Movimiento de tierras.

Esta planta es llevada al plano de curva de nivel donde deseamos construir, previamente levantado con estación total, GPS, o bien sobre planos fiables.

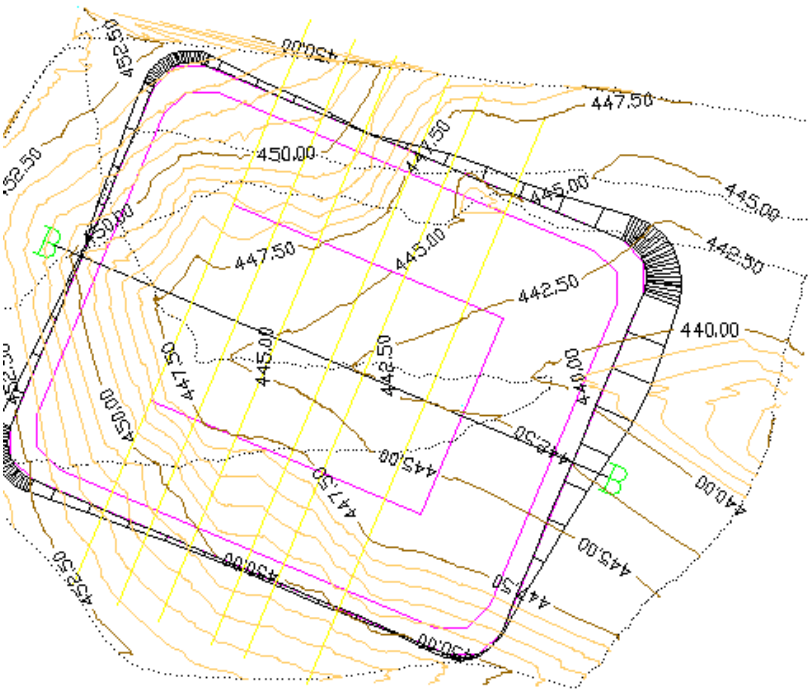


Fig. 6. 2.

Existen multitud de programas que ayudan al cálculo de los mismos, pudiendo realizarse alternativas de diseños y de análisis previos, que bien pueden insertarse en éste anejo.

Los sistemas de análisis del cálculo de movimiento de tierras pueden ser muy sofisticados o no, dependiendo del tipo del proyecto requerido, siendo tradicional y muy útil, el de cuadriculas, puesto que resuelve la localización fácil de eventos y seguir el control de seguimiento en la construcción, al mismo tiempo que sirve de referencia topográfica.

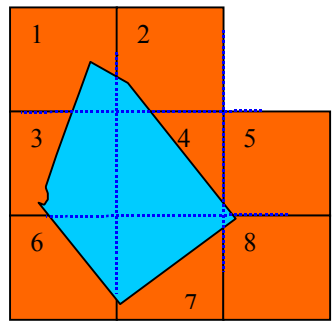


Fig. 6.3. Cuadriculas identificativas de la planta.

En general, diferenciamos las partes del movimiento de tierras correspondiente al vaso, pasillo de coronación, taludes exteriores (desmonte o terraplén), en la siguiente tabla:

V a s o.							
Nº. Cuadrícula	Superficie. M^2.	Cota centro Gravedad m.	Cota corregida m.	Cota Roja.		Mov. Tierras.	
				Desmonte en metro.	Terraplén en metro.	Desmonte en metro.	Terraplén en metro.
1.							

Cuadro 6. 1.

El método de la cota roja media es aproximado y algo menor que la realidad, por lo que pueden existir diferencias con otros métodos, dando lugar a reclamaciones en sus mediciones finales.

Perfiles.					Distancia entre Perfiles (m).	Volumen.	
Nº de Orden.	Superficies en los perfiles		SEMISUMAS			Desm.	Terrapl.
	Desmontes M^2.	Terraplén. M^2.	Desm.	Terrap.			
1	20	50	25	75	0	0	0
2	30	100			10	250	750
3	30	20	30	60	50	1500	3000

Cuadro 6. 2.

Si la balsa es de considerables dimensiones, o bien existen distintos volúmenes a vertedero, podría añadirse un análisis de un diagrama de masa, es decir, las distancias de transporte que pueden disminuirse y que ahorrarían este costo.

2.2. Cálculo del rebosadero.

El objetivo es la evacuación del exceso de la cantidad de agua sobrante por los motivos de un fuerte aguacero, avenidas (caso de tener entradas de cauces), persistentes entradas por encima de su capacidad, pudiendo desbordarse de forma incontrolada.

La altura del resguardo para el oleaje se hace de modo análogo a las dimensionadas en las presas de tierras, donde hayamos el mínimo resguardo (altura vertical entre la lámina de agua y la coronación del terraplén), teniendo en cuenta el paraje (vientos dominantes), así como las recomendaciones en regiones con alta calificación sísmica, como la región de Murcia. Es recomendable extremar todas las precauciones y contemplar su incorporación al Proyecto, para obtener mayor seguridad.

$$H_r = 0{,}9 \cdot [L/1000]^{1/4}.$$

H_r .- Altura resguardo.

L balsa.- Longitud máxima del embalse.

El derramadero puede ser, de pared gruesa, de tubería de una o varias unidades, libre o controladas (llaves, válvulas). Podemos realizar un primer tanteo.

Vertedero en pared gruesa: **$Q = L \cdot 1{,}7 \cdot h^{1,5}$.**

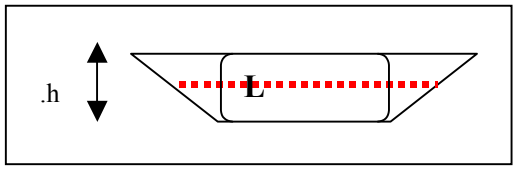




Foto nº. 6. 1. Derramadero trapezoidal.

L.- Longitud media del trapecio.

h.- Altura.

Obtención de un derramadero complejo:

Forma trapezoidal. Fórmula de Rehbock: $Q_s = C_o \cdot L \cdot H_o^{3/2}$.

L.- Ancho que se prefija (luego lo corregimos).

H_o.- Altura de lámina máxima de agua prevista en el desagüe.

C_o .- Coeficiente de desagüe que se prefija en 1,76/2.

Q_s.- Caudal evacuado por el derramadero.

A continuación de ésta obra, podemos continuar la conducción hasta puntos del terreno donde el agua discurrirá sin mayor problemas (acequias, arroyos, etc.). Los cálculos en canal, con fórmulas tradicionales (Bazin). Caso de tener un fuerte desnivel o salto brusco, necesitara de un cuenco amortiguador, en la parte final. En caso de sifón, empleamos la fórmula de Weisbach. Analizar en la conducción, la erosión a la que se someten las paredes.

En caso de canal de descarga o tubería, con una considerable diferencia de altura, debemos considerar el terreno donde apoyamos estas obras (arquetas, tuberías, canales, etc.), ya que puedan dar lugar a fallos del soporte (asentamientos diferenciales) y romper dichas estructuras. Si se produce una rotura de esta conducción, se traduciría en una energía erosiva que haría peligrar la seguridad de la balsa.

2.3. Cálculo de la anchura del pasillo de coronación.



Foto nº. 6. 2. Pasillo coronación

La anchura del pasillo de coronación viene dada por la fórmula:

$$C = H / 5 + 3.$$

C.- Ancho del pasillo de coronación recomendado.

H.- Altura máxima, desde solera, hasta el pasillo de coronación.

2.4. Inclinación de los taludes.

Cálculos estructurales, eléctricos, etc.

A veces es necesario añadir datos relativos a estructuras armadas:

- Galerías de salida con marcos prefabricados, chapas galvanizadas, tuberías, etc., para aguantar alturas de terraplén (> 6 metros). Suelen adjuntarse por los proveedores que justifican sus productos.
- Arquetas considerables (>2 · >2 · >2) con apoyos de terrenos, muros, etc. (cálculos de armaduras, resistencia al esfuerzo cortante, fisuras, etc.). Existen programas al efecto para efectuar estas situaciones.
- Líneas eléctricas, transformadores, cuadro de distribución e interrupción de energía eléctrica, grupo de bombas, etc.

Capítulo 7.

ESTUDIO, ANTEPROYECTO Y PROYECTO.

"Logró tal Perfección que el Mapa de una sola Provincia ocupaba toda una Ciudad, y el Mapa del Imperio toda una Provincia. Con el tiempo, estos Mapas Desmesurados no satisficieron y los Colegios de Cartógrafos levantaron un Mapa del Imperio, que tenía el tamaño del Imperio y coincidía puntualmente con él".

Historia Universal de la Infamia.

Borges

1. **OBJETIVOS.**
2. **CONCEPTOS GENERALES.**
   - 2.1. **Empresa de Ingeniería.**
   - 2.2. **Encargos de Proyectos.**
   - 2.3. **Dirección Técnica de Proyectos.**
   - 2.4. **Colaboradores.**
   - 2.5. **Coordinación y supervisión de Proyectos.**
3. **INFORME TÉCNICO.**
4. **PROPUESTA TÉCNICA – ECONÓMICA.**
5. **ANTEPROYECTO.**
6. **PROYECTO GENERAL.**
7. **METODOLOGÍA DE TRABAJO.**
8. **INFORMES COMPLEMENTARIOS.**
   - 8.1. **Estudio geotécnico.**
   - 8.2. **Estudio geofísico.**
   - 8.3. **Laboratorio geotécnico.**
9. **TRABAJOS DE CAMPO: TOPOGRAFÍA.**
10. **TRABAJO DE GABINETE.**

11. COMENTARIOS SOBRE LA MEMORIA.

12. DETALLES DE ANEJOS DE LA MEMORIA.

a. **Ficha técnica.**
b. **Estudio de necesidades, ahorro energético, recursos, etc.**
c. **Cálculos de la capacidad de la balsa.**
d. **Cálculo del movimiento de tierras.**
e. **Cálculos del aliviadero.**
f. **Cálculos de la anchura del pasillo de coronación.**

13. DOCUMENTO Nº. 2. DEL PROYECTO. PLANOS.

14. DOCUMENTO Nº. 3. DEL PROYECTO. PLIEGO DE CONDICIONES.

a. **Conceptos generales.**
b. **Estructuración de los Pliegos.**
c. **Inclusiones técnicas obligadas en el Pliego de balsas.**

15. DOCUMENTO Nº. 4 DEL PROYECTO. PRESUPUESTO.

a. **Concepto de presupuestos.**
b. **Organización de cada presupuesto.**

1. OBJETIVOS.

El Anteproyecto marca la voluntad de realizar los asuntos preliminares que posiblemente terminen en la fase del proyecto y posterior ejecución.

Es conveniente distinguir:

- Naturaleza: Debe ser un objeto concreto, en nuestro caso una balsa.
- Cierto: Poder realizarse.
- Bien: Privado ó Público, según entienda lo privado a Administración.

2. CONCEPTOS GENERALES.

Previo al Proyecto, suele realizarse una respuesta a las necesidades que se pretenden satisfacer debiendo responderse a las características de lo que se requiere, mediante una planificación que en los casos generales podrían responder:

- Plan General.
- Anteproyecto general.
- Estudio.
- Informe.

Distinguimos entre los promotores, según sean particulares (estudios, informe para dar viabilidad a un proyecto) o la Administración, promoviéndolo dentro de su estructura o mediante contratos con consultoras y servicios externos, regidos estos últimos por el artº. 196 de la Ley2/2000, de 16 de Junio.

2.1. Empresas de Ingeniería, consultoras, asistencias técnicas, etc.

El Agente Promotor de interés especifico (privado o público) promoverá el encargo de la elaboración previo al Proyecto. Esta demanda puede ser requerida por el propio interesado a un Técnico con suficiente formación académica para realizarlo o bien a Empresas técnicas especializadas. En el caso de la Administración, externa o a través de los medios técnicos de la propia Administración.

En el caso de la Administración actuará de oficio desde el Jefe de Servicio al Director del Equipo multidisciplinar del Area de Infraestructura Hidráulica, para que disponga de sus medios para realizar el encargo de elaborar un Proyecto con un presupuesto estimado de "X" pesetas.

El precio del estudio o asistencia suele hacerse a precio alzado, celebrándose contrato privado o administrativos, con una duración de plazos determinados.

El caso más generalizado es la confección de anteproyectos elaborados por empresas que tienen experiencias en el sector de elaboración de éstos tipos de requisitos, facilitándose con la experiencia acumulada sobre esta materia.

2.2. Encargos de Proyectos.

Una vez efectuado en algunos casos la viabilidad de los estudios, podrán realizarse directamente encargos de Proyectos, mediante precio cierto en un porcentaje de ejecución, normalmente con un máximo del 4% de Ejecución Material (suelen realizarse con medias del 2,5 %) y plazos de entregas (3 meses de media), fijándose las condiciones del visado.

2.3. Dirección Técnica de proyectos.

Es posible también a la hora de contratar el proyecto, adjudicar a la empresa técnica la dirección de los trabajos, siendo esta menor del 4% sobre la ejecución material o la cantidad resultante de la ejecución por contrata. Dependerá de la negociación entre las partes contratantes.

2.4. Colaboradores.

A veces en la elaboración de Proyectos es necesario realizar estudios geotécnicos, geofísicos, etc., que estarán contemplados como anexos del contrato de elaboración del proyecto. Estos trabajos se suelen justificar mediante facturas de forma independiente (suplidos), según necesidades reales.

Estos trabajos completan y precisan el proyecto correctamente en otras disciplinas que escapan del objetivo principal, como son líneas eléctricas de baja tensión, automatismos, etc.

2.5. Coordinación y supervisión de proyectos.

Es conveniente identificar en el contrato la persona designada por la Empresa como Técnico responsable y el interlocutor válido con el promotor, designando funciones y procedimientos de coordinación entre el promotor y el equipo de trabajo encaminado a elaborar el Proyecto, Plan. etc.

3. INFORMES TÉCNICOS.

Es una recopilación de datos existentes, de carácter administrativos, valoración técnica somera (infraestructura de regulación, impulsiones, conducciones principales, etc.) sin entrar en valoraciones detalladas. Datos de los que dispone el promotor y a partir de los cuales se elaboraran modelos que permitan analizar la situación actual y la futura previsión de funcionamiento, fundamentalmente, relativas a la cuantía y estructura de la demanda.

En la elaboración de estos modelos, es fundamental disponer, aparte de la información topológica y dimensión de la infraestructura, de una altimetría con suficiente precisión, datos que son suministrados por el Promotor a la Empresa, aunque con la cartografía digitalizada existente, podría ayudar a no realizar levantamiento topográfico para elaborar este estudio.

4. PROPUESTA TÉCNICA – ECONÓMICA.

Es un breve documento que establece las condiciones de la empresa de asistencia técnica ó del técnico en su libre ejercicio profesional al Promotor (cliente), sobre el objeto de elaboración y confección de un Proyecto, en nuestro caso, Balsas. En él define la zona delimitada de trabajo, superficie y documentación exigible al usuario para su incorporación al Proyecto, como es el agua disponible, titularidad del terreno, servidumbres, etc.

Los posibles puntos a desarrollar son:

- Antecedentes.
- Ámbito de actuación.
- Documentación disponible.
- Descripción del trabajo a realizar.
    - Análisis de datos climáticos, edáficos.
    - Estudios geotécnicos.
    - Estado actual de infraestructura hidráulica: Regulación, impulsión, distribución.
    - Levantamientos topográficos.
    - Suplidos a justificar.
- Formato y encuadernación.
- Dirección técnica del Proyecto.
- Plazo de entrega de los trabajos.
- Propuesta económica.

Cada punto de los definidos se desarrolla y aclaran las condiciones del trabajo encargado por el cliente, definiendo con claridad las bases que van a regir el contrato de asistencia técnica, debiéndose aclarar si contiene los gastos de visados por el Colegio Profesional (elaboradas mediante tarifas, estimado en un 6% sobre precio elaboración del Proyecto), independientes de otros gastos derivados de gestión administrativa, licencias, etc., así como Dirección Técnica del Proyecto.

En el ámbito de orientación, una obra de balsa con la máxima de complicación añadida, con un valor de 400 millones, puede proponerse a nivel del Plan del 4% de costo de obra, es decir, 16 millones. A la hora de elaboración real, éste porcentaje sobre gestión empleada puede aproximarse a un 1,5/2 % de costo real, es decir, 6/8 millones de pesetas.

Este trabajo representa un empleo de 810 horas empleadas de un técnico superior y 140 del delineante proyectista (aparte gastos externo necesario para incorporar estudios del laboratorio geotécnico). El tiempo requerido es de una duración de 3/6 meses de elaboración, distribuidos en 0,5/1 mes de tomas de contactos (documentación), 0,2 meses de campo y resto de gabinete.

A la hora de recoger el Proyecto en el Colegio Profesional, el usuario abonará los 6/8 millones propuestos por el encargo del proyecto más el visado del Colegio Profesional si se consideró aparte (2.160 €).

5. ANTEPROYECTO.

Es la planificación que desarrollara un Proyecto con un volumen considerable, así como su inversión.

A veces los complementos (conducciones, bombeos) necesarios para su utilidad funcional, suelen ser de especial atención, no debiendo de sobrepasar más de un 30/40 % la inversión del vaso, si como tal titulamos sólo como: Balsa de regulación.

Aclarar que antes del proyecto, se habrá realizado el estudio que es un análisis de la situación actual, tomas de datos (a veces son engorrosos) para realizar una propuesta (anteproyecto), un contrato que dará viabilidad para empezar el trabajo que conduce al Proyecto y que durante todo éste desarrollo, se mantienen entrevistas para identificar el objeto de trabajo.

6. PROYECTO GENERAL.

Puede que se encuentre englobado dentro de un Proyecto amplio que contemple otras actuaciones y donde la balsa no posee un interés especial en su inversión, por ejemplo la mejora de una finca, donde entre otras partidas presupuestaría, se incorpora la inversión de la balsa.

En el caso de planes de inversiones estatales sobre mejoras y modernizaciones, donde la red de riego y caminos se contemplan en un mismo Proyecto, no es normal incluir éste tipo de obra al ser muy especifica.

Debe reunir el requisito de cumplir el artº. 64 del Reglamento General de Contratos, donde dice que el Proyecto tendrá que ser sobre una obra completa y cumplir con el fin al que fue destinada. Aquí se cumple esta exigencia, independiente a otras actuaciones.

En general, los costos estimados en las distintas partes de su obtención son:

A) Estudios y Proyectos: Referencias detalladas de cada una a una partida alzada del 3% (luego la adjudicación se sitúa alrededor del 1,2/1,5 % sobre la ejecución material).

B) Obras e instalaciones: Se elaboran sin mucho rigor, asignando cantidades que por experiencia y similitud de obras similares, se piensan que se puedan realizar con partidas determinadas y que después se ajustan a la hora de confeccionar el Proyecto. Suelen definirse a precios de ejecución por contrata (PEC), es decir, incluyendo gastos generales y beneficio industrial, referido a un año concreto.

En éste se dan presupuestos parciales (cuadros) y totales, programa de ejecución, que aquí se distribuyen en fases (una o varias anualidades, según se vea).

C) Plan de seguimiento y asesoramiento: Esta es la Dirección de obra que se estima en un 4% sobre la PEC. Después a la hora de realizarse puede ser una cantidad inferior.

8. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Está marcado en su inicio por la primera y fundamental característica que es el **emplazamiento.** Para cumplir con éste primer condicionante debemos reunir planos con escala apropiada a nuestros primeros contactos:

Plano similar al 1:2.000: Catastral, puede valer para definir la extensión.

Plano similar al 1:500: Curvas de nivel (de relieve pronunciado, aunque podemos también estimarlo con ayuda de un clisímetro).

Una vez en el terreno, podemos contrastar visualmente diferentes consideraciones:

A) Identificación:

- Experiencias similares de la zona, acceso.
- Reconocimiento visual del terreno (situación de erosión, tipo de terrenos).
- Posición de abrigo o desamparo (altura en el valle, desprotegidos).
- Situación geográfica predominante (ladera norte, etc.).
- Dependencia de servidumbres (caminos, postes, canales, tuberías, etc.).
- Forma de evacuar el agua de lluvia, tipo de escorrentías, arroyos, etc.
- Tipo de flora (xerofíticos), materia orgánica.
- Disponibilidad de medios (maquinaria, materiales, humanos).
- Situación de trabajo (molestias, permisos, agua para compactar, etc) y de daño por riesgo (que existe por debajo, cómo se conduciría el agua si la balsa en el peor supuesto, rompiera) en riesgos humanos, obras civiles, parcelas, etc.
- Otras consideraciones: Entrada y salida del agua de la balsa, necesidades a priori, etc.

B) Incorporación de datos:

- Datos estadísticos del medio físico de la zona: Análisis de suelos, clima, agua, etc.).
- Necesidades: tipos de cultivos (arbóreos, ciclos) y superficie.
- Balances hídricos existentes (recursos, disponibilidad de datos estadísticos).
- Distribución: red existente, forma de riego.
- Preferencias del cliente: Ahorro energético, reserva, regulación, etc.

C) Evaluación de datos.

- Si existen alternativas, barajar ventajas e inconvenientes, donde pueden predecirse gasto de compra de la parcela, situación de cota, facilidad de construcción, etc.
- Si es posible: Estimación del volumen (hallado en estudio o el estimado por el cliente).

D) Tanteos previos: A partir de los datos analizados, podremos tener una primera estimación sobre:

El diseño que deseamos:

- Planta o superficie requerida.
- Condiciones de elementos portantes de cimentación.

- Materiales constructivos.
- Influencia del subsuelo (estabilidad de estratos, influencias de aguas freáticas, etc.).

Las características del emplazamiento y del subsuelo requieren de respuesta que permitan de modo técnico, asegurar las siguientes preguntas: ¿cómo se va a comportar en el futuro?. Mediante un estudio de viabilidad, responder a unas consideraciones mínimas mediante un estudio de prospección del terreno, extrayendo testigos y elaboración del perfil del mismo.

Responder a donde vamos a construir el embalse, qué tipos de suelos tenemos (si son estables), tipos de cimentaciones (posibles corrimientos), consistencia de usos para los terraplenes, son las cuestiones a las que se encamina el estudio geotécnico que se incorporará en un anexo de la Memoria del Proyecto (aspectos constructivos), así como los análisis de laboratorios para establecer el tipo de material.

En otros apartados del balance del movimiento de tierra (préstamo/caballero), responder a las condiciones del material para construir el embalse, zona sismográfica, climatología, orientación de los vientos, fauna existente, equilibrio ambiental, riesgo de rotura, desplazamientos, etc. Todos los interrogantes deberán de responderse con cierta seguridad, teniendo en algunos las consideraciones de la experiencia local, o de terrenos similares.

9. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.

No debería dejarse a la improvisación los datos de bases iniciales. Para proceder a realizar el estudio previo, elección, trabajo de campo y metodología de procedimientos apropiados para realizar los ensayos de campo y laboratorio, para después realizar el Proyecto, debemos constituir un programa sabiendo que es la ante - sala de nuestro Proyecto. Volvamos a insistir sobre varios aspectos:

A) Definir:

- **Disponibilidad de terreno**s: La existencia de una posible compra, da opción a posibles alternativas, que habrá que considerarlas. Una compra sobre una parcela con excavación en roca, hace una inversión ruinosa. En caso de tener una finca, la opción está mas limitada y deja menos libertad, pero aún así, podremos seguir insistiendo en huir de rocas.
- Capacidad: **Forma de planta** (Secciones y altura de calado, nos dará idea de necesidades de superficie total, contando ocupación de los taludes exteriores y profundidad).
- Determinar la **altura**: Principal requisito para hallar la superficie total afectada (base mayor y superficie de taludes externos).
- Constructivos:

Tipo de material (no existencias de rocas en la excavación).

Condicionadas por la:

- Cimentación: Los de materiales sueltos son menos exigentes que los de fábrica.
- Disponibilidad de materiales en la zona.
- Relieve.

- Experiencia local.
- Impacto ambiental.

Donde se tratará de llegar a compensar con una pequeña demasía de excavación con respecto a terraplén.

En la elección de impermeabilización influye la altura de agua, el tipo de terreno, la distancia máxima que no debería sobrepasa los 200 metros de longitud en el vaso, etc.

- Geotécnicos previos: Planos, estudios de la zona.
- Económicos: Aprovechamientos de suelos no aptos, inicios de barrancos, facilidad de adquisiciones, etc.
- Es adecuado el manejo de otras informaciones complementarias como son los Mapas Geológicos de España del IGME para referenciar la estratigrafía, estructuras, unidades, petrografía, historia geológica, hidrología, hidrogeología, etc., datos de estudios de estabilidades, ausencias de fallas, mapa sismografico de la zona, datos climáticos, dirección predominante de los vientos, etc.
- Datos culturales, prevención de riesgo de catástrofe), etc.
- Fotografías de la parcela (inclusión de EIA).

A partir de aquí, podemos realizar los siguientes aspectos:

9.1. Estudio Geotécnico.

Realizar contactos con empresas especializadas en prospecciones de sondeos geotécnicos de alta en dicha actividad y con especialistas en dicha materia (Geólogos, Facultativos de Minas, etc.).

Una vez determinada la parte del plan anterior, pasamos a replantear de manera somera el emplazamiento del embalse, mediante estacas de replanteo, situándonos en una primera aproximación, en el plano de curvas de nivel con referencias de parcelas, Indicaremos el sitio deseado para realizar las pruebas.

Estas pueden consistir en simples catas del terreno con retro-excavadora para estudiar estratos y tomar muestras o bien, realizar extracciones de testigo y pruebas de consistencia, mediante sondeo, teniendo éste que ser representativo de nuestras necesidades, lo que exige ser cuidadoso con el sitio elegido (mayor desmonte, dudas de formación rocosa, etc.).

Existen diferentes técnicas, comentadas en el Capítulo 3, siendo la más habitual u usada la rotativa con extracción de testigos y de donde nos interesa dos aspectos:

1) Avance del sondeo.

Toma de muestras del sondeo, lo menos alterada posible.

2) Existen multitud de posibilidades y dan respuestas a diferentes soluciones, así en materiales duros de roca, necesitamos métodos específicos que nos den respuestas y que se pueda perforar, teniendo una salida de muestra alterada y que necesita de interpretación especial, en general los más comunes son:

- **Barrenas**.
- **Rotativas**.
- **Standard Penetration Test (SPT).** Etc.

9.2. Estudio Geofísico.

No suelen ser tradicionales su empleo en la actualidad, aunque podrían investigarse con aplicaciones indirectas mediante métodos geofísicos o también llamados sistemas de teledetección, información añadida o previa, a los llamados métodos directos, descrito en el capítulo 2.

La necesidad de tener que realizar un movimiento de tierra considerable, con el equipo adecuado para desarrollar un programa de ejecución con el equipo de maquinaria apropiado y aplicación de su rendimiento y costos a priori, para poder realizar la valoración económica del Proyecto.

La elección de un equipo para la realización de una producción determinada es fácil, ya que los datos de rendimientos, ciclos, son conocidos, pero las producciones referidas son teóricas, puestos que son alteradas por un coeficiente que determina el material a excavar, ya que no es lo mismo arrancar zahorra natural, roca fragmentada y meteorizada, roca sana o cualquiera de sus infinitas variedades de composiciones.

Aunque la superficie a la vista y los terrenos adyacentes, obras similares, etc., nos dan idea del material que nos vamos a encontrar, los grandes volúmenes manejados con profundidades superiores a veces a los 10 metros de profundidad, sin otro medio de juicio, es arriesgado determinar que nos vamos a encontrar bajo estas capas superficiales

Normalmente el conocimiento de este material subterráneo se viene haciendo (se debería) por medio de sondeos mecánicos que nos proporcionan testigos de los materiales situados en profundidad. Pero un sondeo suministra información de un solo punto, por lo que para poder definir la geología y las características de una zona determinada se hace necesaria una campaña de diversos sondeos estratégicos (al menos tres e incluido dentro del posible vaso), a partir de cuyos resultados se pueden ya obtener conclusiones sobre los materiales que encontremos y sobre la distribución de los mismos. La técnica es lenta, caro, aunque preciso.

La prospección geofísica, utilizada en minería, petrolíferas, cimentaciones de estribos de grandes presas, empieza a ser rentable en estudios de materiales para realizar balsas por el poco tiempo empleado, bajos costos y fiabilidad sobre la información que nos interesa de los materiales.

Cuando la balsa de Pliego de Huerta de abajo, se realizaron dos sondeos que daban normalidad, a pesar de aflorar piedras en su superficie. En la ejecución se hallaron varias cavidades, una de 8 m^3 cerca de uno de los sondeos realizado, distante a la instalación 10 metros. Cuando pasaba el vibro por ésta zona, hacia retumbar la superficie por su oquedad. Si se hubiera efectuado una prospección sísmica o eléctrica, se habría detectado sin lugar a dudas.

Los resultados que buscamos de datos parecen ser más fiables en las prospecciones geofísicas.

La aplicación se basa en las propiedades de ensayos y medidas del mismo, como deducciones empíricas de resultados esperados de estudios anteriores y aplicación del mismo y que fueron descrito en el Capítulo 3, siendo los más comunes:

- Resistividad.
- Sismicidad.
- Conductividad electromagnética.
- Magnetómetro.
- Radar penetrante en el terreno.

9.3. Laboratorio geotécnico.

Una vez realizados los sondeos, catas abiertas, tomas superficiales de muestras del terreno, etc., se conducen al laboratorio con suficiente identificación de trazabilidad (nº. de muestra, señales de ubicación en planos, nº. de estaca de referencia, etc.) y se procede a su elaboración.

Las pruebas del laboratorio del material existente, pueden consistir en:

- Análisis químico.
- Análisis físico.
- Ensayos geotécnicos. (CBR, Proctor, Limite Atterberg, cohesividad, etc..

10. TRABAJOS DE CAMPO. TOPOGRAFÍA.

Una vez definido y asegurado cada uno de los puntos anteriores, nos situaremos a realizar un estudio amplio, exhaustivo levantamiento topográfico que tendrá los espacios determinados para estudiar la planta de la balsa a realizar con suficiente seguridad, con la confección de planos con curvas de nivel a ser posible cada metro de altura de cota diferenciada y con puntos de referencias fijos sobre el terreno y plano. La altimetría será suficientemente precisa.

Además de representar los aspectos de planimetría y altimetría, se harán referencias de las servidumbres existentes (caminos, ruinas, cultivos, arboledas, líneas eléctricas, etc.).

Los puntos de altimetría pueden estar basados en puntos geodésicos o no, dependiendo del interés de correspondencia con otras estructuras existentes o futuras (conducciones de tuberías), en cualquier caso, se hará la observación del modo en que se trabajó el plano.

La forma de topografía puede ser muy variada, dependiendo del aparato con que lo realizamos. La clásica del taquímetro, suele ser adecuada la de establecer una sola estación y realizar radiación, mejor que la poligonal, si fuera ésta última con necesidad de varias estaciones, tomará puntos de referencias con distintas estaciones para compensar los cierres de la triangulación. La estación total da mucha precisión. La realizada con el GPS utilizará la considerada por referencias de puntos (no itinerantes) y en cualquier sistema, tomaremos los puntos extremos del dominio total de la parcela de referencia para poder llevar a cabo el análisis de la construcción de los terraplenes, con suficientes garantías. Hay que referenciar el norte.

Los puntos de bases se fijaran mediante hitos hormigonados y se dejaran suficientes estacas de referencias, no sólo de datos de apoyos a la topografía, sino referencias de los sondeos, etc, para referencias de emplazamientos en planos de detalles.

El levantamiento topográfico se realizará con instrumentos y técnicas precisas y revisadas, orientados en acimut, con toda clase de detalles constructivos, obras civiles, lindes, arroyos, etc, por si fuera de interés, sobre todo torretas eléctricas, edificios, caminos, etc., realizando una breve descripción de tales elementos. La estación total suele ser muy práctica en la confección de códigos que se puedan ejecutar de forma adecuada (filtros).

11. TRABAJOS DE GABINETE.

Sea cual fuere el método elegido para la obtención de puntos (taquímetro, nivel, estación total, GPS, etc.). El fin será la representatividad de la obra en una escala adecuada del terreno, tomando todas sus singularidades y representándola en curvas de nivel de mínima diferencia (1 metro de ser posible). Es adecuado realizar cuadriculas numeradas, para realizar referencias de cualquier situación posterior, de obras de fábricas, de la forma de confeccionar los paños de la geomembrana, etc.

En éste plano se debe detallar:

- Contornos del vaso.
- Contornos externos del terraplén.
- Zona de transición entre terraplén y desmonte.
- Cotas de pasillo de coronación.
- Estaciones de bases.
- Zonas de caballero, conducciones de entradas, salidas, etc.
- Detalles de alineación, vértices (radios, ángulos).
- Otras consideraciones como influencia de escorrentías de lluvias, cauces, etc.

A veces, el proyectista, pinta de forma abstracta, el futuro, cuando no se limita a cumplir un requisito administrativo, copiando de malas manera, un proyecto similar. Estamos ante una situación imprevisible, de situaciones de incertidumbres. Esto puede ocurrir, bien porque el sujeto o el equipo, no tenga experiencia y se limite a realizar un relleno de cosas, donde la diferencia, es el nombre de la obra, diferente sitio.

Pensando en positivo, en personas responsables, experimentadas, con un estudio detallado de sus necesidades (geotécnicas, topográficas, volúmenes, diseño, etc) y correctamente interpretadas en una planificación ordenada y previsora de todos los elementos, dentro del complejo entramado del ser humano, la identificación consciente y exacta de lo necesario, del desarrollo preciso y ajustado de su análisis, responde a un Proyecto fácil de leer, preciso en sus palabras y que tendrá por consecuencia, una buena ejecución en la obra.

1.1. Agentes del Proyecto.

Dependiendo del ciclo productivo podemos tenerlo de **formulación** (Agencia promotora / promotor, como el Coordinador, Comité directivo, expertos, etc) y el equipo de **formulación** (Director, expertos, técnicos, administrativos); de ejecución (Agencia ejecutora como la Dirección de obra, Contratista, beneficiarios, suministradores, etc); de **gestión** (idem al anterior) y de **evaluación de resultados**.

Según el **nivel de actividades y su función** como agentes **incluidos** en la cadena o red de producción (encima como la necesidad energética para bombear, directos a la producción como agricultores, empresarios y por debajo de la producción. Los llamados agentes considerados **grupos metas** (zonas deprimidas) y los agentes que **controlan, regulan e intervienen** (organismo competente sobre la producción, como la Confederación).

1.2. Morfología de Proyectos.

En el Proyecto se dan unos requerimientos generales en cuanto a su forma y estructura desde el punto de vista legal, mediante **Documentos**, que se dividen en:

a) Memoria y Anejos.
b) Planos.
c) Pliego de Condiciones
d) Presupuestos.

Al ser el Proyecto un instrumento que se requiere para el manejo y la interpretación de datos por personas distintas al proyectista, deberá de incluir toda la información necesaria para ser interpretado en su totalidad, sin posteriores aclaraciones.

Formalmente, el Proyecto es la base del establecimiento de vínculos jurídicos entre cliente y empresas ofertantes, por lo que debe incluir necesariamente las características de dicha relación.

1.3. Descripción de Memoria.

Debe expresar con claridad:

- Motivaciones de condicionantes del mismo (terms of reference).
- Alternativas estudiadas.
- Razones por las que se ha optado por la solución elegida.
- Proceso que debe seguirse para su explotación.
- Diseño y funcionamiento de cada uno de los elementos proyectados.
- Programa de ejecución y puesta en marcha.
- Resumen de presupuestos de la inversión.
- Evaluación del mismo.

Se aconseja:

- Poca extensión para una lectura rápida y un lenguaje sencillo.
- No entrar en consideraciones técnicas suficientemente conocidas por los profesionales, debiendo limitarse a su enumeración y especificar los procedimientos empleados.
- Si se considera que los procedimientos empleados poseen un alto grado de innovación, esta justificada una mayor extensión con el fin de poderlos definir debidamente.
- La información contenida en la Memoria, junto con los Planos, permitirá al Contratista realizar el Proyecto.

No debe incluirse:

- Cálculos de los elementos diseñados (deben presentarse en los Anejos).
- Cálculos técnicos de ingeniería.
- Cálculos de estudio económico.

1.4. Contenidos del Proyecto.

El desarrollo de su formulismo, viene exigido por la Ley de Contratos del Estado y está perfectamente perfeccionado durante largas décadas, por lo que no insistiré en la misma.

Se estructura en epígrafes, según los siguientes puntos:

DOCUMENTO Nº I. MEMORIA:

- Antecedentes.
- Necesidades a satisfacer.
- Localización de la obra.
- Descripciones (superficie, capacidad embalsada, taludes, anchura de pasillo, profundidad, tipo de compactación - normalmente 100% P.M. - tipo de impermeabilización, drenes, etc.).
- Requisitos administrativos.
- Plazos de ejecución de la obra.
- Estudio básico de Seguridad y Salud Laboral.
- Estudio del impacto ambiental.
- Plan de obra.
- Presupuestos.

ANEJOS DE LA MEMORIA.

- Topografía.
- Geotecnia.
- Cálculo de necesidades de la capacidad del embalse.
- Norma sismorresistente.
- Cálculos justificativos de elementos de la balsa.
- Cálculo de estabilidad de los taludes.
- Cálculos de la aducción.
- Movimiento de tierras.
- Ficha técnica.
- Programación de la obra.
- Estudio básico (o completo en documento aparte) de Seguridad y Salud. (*).
- Estudio Impacto Ambiental (*).

1.5. Otros Documentos.

DOCUMENTO Nº II DE LOS PLANOS.

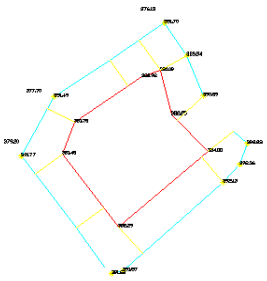


Fig. 7. 1. Planta general.

Localización y emplazamiento.

Situación (E 1:100.000).

Emplazamiento (E 1:25.000).

Localización de la balsa (1:5.000).

Diseño de la balsa y parcela (1:500).

Perfiles transversales (1:100; 1:1.000).

Detalles obra nº. 1; nº. 2 ; nº 3; (1:50; 1:10), etc.

DOCUMENTO Nº III DE PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

Particulares.

De materiales y mano de obra.

Ejecución de las obras.

DOCUMENTO Nº. IV. PRESUPUESTO.

Capítulo 1. Mediciones.

Capitulo 2. Precios (materiales, maquinaria, mano de obra, unidades de obra, detalle de precios simples, precios compuestos).

Capítulo 3. Presupuestos parciales (mediciones y precios de partidas por capítulos) y el Resumen general de Presupuestos.

12. COMENTARIOS SOBRE LA MEMORIA.

Estas primeras hojas del Proyecto, narra de forma escueta y clara, los motivos y objetivos que promueven la obra, informando en poco tiempo de todos los datos del Proyecto.

En los **antecedentes** se narrarán los propietarios del mismo, las necesidades de la disponibilidad de recursos hídricos y los recursos económicos que lo sustentan (subvenciones, ayudas, financiación, etc.), pasando a desarrollar las **necesidades a satisfacer**, el **objetivo** (capacidad), **localización** (término municipal, paraje, aludiendo al plano de situación, así como comunicaciones e infraestructura).

En la **justificación** (caudales embalsado, según plano de planta nº, basado en caudales disponibles, según estudio anejo nº., ahorro energético, en caso de bombeo, según estudio del Capítulo nº. 4), lámina elegida, cota distribución (gravedad), forma de la planta (disponibilidad de terrenos, curvas de nivel, compensaciones del movimiento de tierras, entre

excavación y compactación, etc.) y obras significativas, como el derramadero (m^3/s o litros/seg).

A continuación de los puntos anteriores, podemos presentar la **Descripción General de las obras,** divididas en diferentes puntos**:**

1. **Vaso**, comentando los m^3 de volumen removidos, compactados, sección del dique, ancho del pasillo de coronación, profundidad de agua, forma de los taludes, forma de la planta, dimensiones de las bases, forma de impermeabilización (lámina) y comentarios sobre la misma de forma sucinta, ensayos y pruebas de laboratorios.
2. **Entrada y salida del agua,** si es de gravedad, arquetas de entregas, tuberías empleadas, forma de vertido, forma de salir, diseño (fondo, desagüe), tubería, recubrimientos y protección, arqueta de control de salida (dimensiones, materiales empleados, tapadera o puerta, etc.), válvulas de cierre y demás elementos necesarios para su función (piezas en te, pantalón, carrete de montaje, uniones -bridas, UG, -ventosa, filtros, contador, entronque (sí tenemos by-pass, dimensiones y características de la entrega).
3. **Derramadero:** si es de tubería, vertedero, dimensiones, posición (terreno desmonte) y entrega final (arqueta, canal, etc).
4. **Cerramiento,** perímetro de referencia (exterior, interior), valla empleada (galvanizada), altura, postes, longitud, etc, pudiendo hacer referencia al pasillo de coronación en la forma de terminación (gravilla, asfaltado, etc.).
5. **Acceso,** existentes o creados.
6. **Otros: Controlador electrónico de nivel, de puesta en marcha del sondeo, automatismo de apertura, contador,** etc. y la referencia del penúltimo punto que hace referencia a la forma de la entrega de la obra como **Obra completa**, conforme establece en los requisitos de la Administración, según el artículo 58 de la Ley de Contratos del estado, considerándolas en ese sentido, de obras completas y por tanto, para entrar en servicio, con sus requisitos de garantías.
7. El último punto, resumen del **Presupuesto,** donde se remite con mayor detalle al Documento nº. 4.

13. DETALLES DE ANEJOS DE LA MEMORIA.

El objeto del/los anejo/s es poder seguir los razonamientos de la Memoria, sin que sea necesario interrumpir esta con continuos cálculos, cuadros o justificaciones técnicas. En éstos deben evitarse largos razonamientos literarios, debiendo enfocar la materia para que pueda ser entendido por un técnico en la materia.

El anejo es la justificación de las decisiones adoptadas por el proyectista, conteniendo los cálculos realizados y las técnicas empleadas, además permite determinar la responsabilidad ante un determinado problema en la construcción de la balsa.

La composición de los anejos es completamente variable tanto en número como en contenido en función de la inversión realizada. A título orientativo, los anejos más habituales en un Proyecto de Balsa son:

13.1. Ficha técnica.

En éste apartado, de forma también breve, indicamos:

- Volumen del vaso: Total, útil.
- Cotas: banqueta, solera, calado.
- Principales unidades: Excavación en desmonte, terraplén cerramiento, lámina impermeabilizante, geotextil, etc.
- Presupuesto: Ejecución, coste metro cúbico de capacidad.

13.2. Estudio de Necesidades, ahorro energético, recursos, etc.

En éste sentido se recurre a realizar el estudio de viabilidad y la justificación que posibilita la realización del mismo, mediante tablas de datos, programas informáticos, etc, que se han desarrollado en el Capítulo 4: Necesidad de capacidad.



Foto 7. 1. Balsas Benamor I y II de Moratalla. Murcia.

13.3. Cálculos de la capacidad de la balsa.

Reseñamos los siguientes datos:

Dimensiones.

- Base superior (B_m).
- Base inferior (B_i).
- Altura (H).
- Talud interior desmonte (si pensamos en diferenciarlo p. e. 2:1).
- Talud interior terraplén (p. e. 3:1).
- Talud exterior desmonte (1:1, 1,5:1).
- Talud exterior terraplén (1,5:1).
- Anchura pasillo de coronación (4; 5 metros).
- Volumen total del vaso.
- Volumen útil del vaso.
- Longitud interior del pasillo.
- Longitud exterior del pasillo

- Capacidad de la balsa.

Volumen útil.-

- Hasta el derramadero o aliviadero.
- De seguridad o resguardo hasta el derramadero, que dependerá de la superficie y altura del agua (normalmente 30-50 cms).

- Cotas de altura de agua, pasillo de coronación.
- Superficie de la lámina impermeabilizante.

- Superficie de refino.
- Superficie lámina geotextil.

13.4. Cálculos del movimiento de tierras.

La forma clásica de reseñar el movimiento de tierras correspondiente al vaso, pasillo de coronación, taludes exteriores (desmonte o terraplén), es del siguiente tipo:

Perfiles.					Distancia entre Perfiles (m).	Volumen.	
Nº de Orden.	Superficies en los perfiles		SEMISUMAS			Desm.	Terrapl.
	Desmontes M^2.	Terraplén. M^2.	Desm.	Terrap.			
1	20	50	25	75	0	0	0
2	30	100			10	250	750
3	30	20	30	60	50	1500	3000

Cuadro 7.1.

14. DOCUMENTO Nº. 2 DEL PROYECTO: PLANOS.

Recoge la expresión gráfica o imagen de la transformación proyectada. Debe reflejar:

- Situación actual de la parcela.
- Planta de la balsa y la situación futura tras la transformación.

Consideraciones fundamentales a la hora de realizar los planos del Proyecto:

- Deben explicar el contenido de la transformación sin necesidad de recurrir al proyectista.
- Los planos se realizan para ser entendidos por personas con un grado de formación similar al del proyectista.
- Sobre los planos se realizarán las mediciones de las obras para elaborara los presupuestos, por lo que deben definir las magnitudes de las mismas y los materiales empleados.
- No deben quedar puntos importantes a la libre interpretación del encargado de la ejecución.
- Siempre que sea posible se ajustarán a las normas referentes a sistemas de representación, nomenclatura, acotamientos, escalas, orden asignado a los mismos, etc.

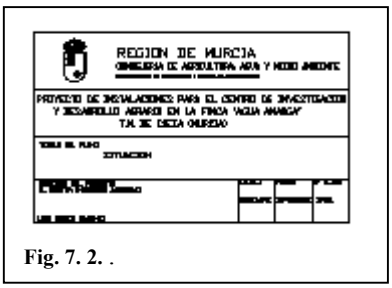


Fig. 7. 2. .

- UNE - 1011 (dimensión y formato).
- UNE - 1027 (plegado).
- UNE - 1032 (Disposición de las vistas).
- UNE – 1033 (líneas).
- UNE – 1062 (signos convencionales para tuberías).

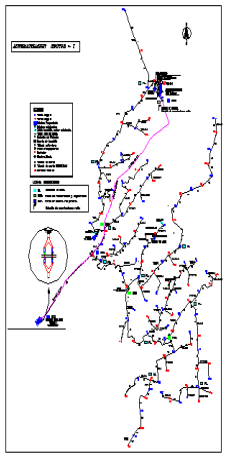


Fig. nº. 7. 3.. Esquema del croquis de obra general.

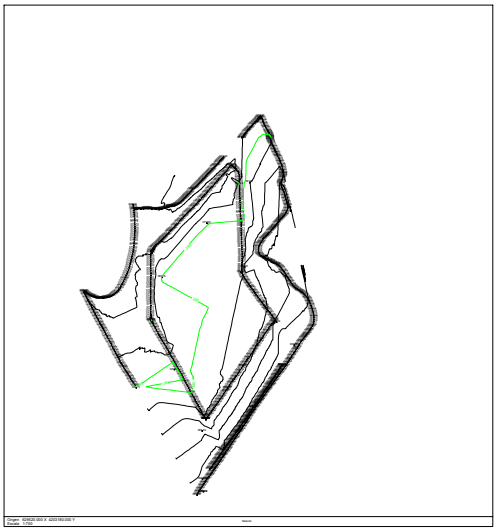


Fig. nº. 7. 4. Diseño gráfico de balsa y parcela levantado con GPS.

No debemos confundir planos con gráficos y esquemas:

- Por **planos** entienden aquellos dibujos realizados a escala y que emplean normalmente un sistema de proyección ortogonal para la representación de edificios, terrenos, etc.
- Los **gráficos** son dibujos empleados para calcular o expresar con mayor claridad magnitudes y su evolución, organización de trabajos, secuencias de un proceso, etc. Deben aparecer en los Anejos.
- Los **esquemas** son representaciones gráficas no sujetas a formalismos que sirven para explicar una instalación compleja, difíciles de expresar claramente mediante planos propiamente dichos, por lo que pueden ser incluidos en el Documento nº. 2.

Clasificación de los planos:

- Planos de localización (1:400.000 y 1:50.000)
- Planos descriptivos de los condicionantes. Se incluyen en el anejo de condicionantes correspondiente para ilustrarlos gráficamente:
  - Zonas agro climáticas.
  - Condicionantes geológicas, litológicas o geotécnicas.
- Plano parcelario, etc.
- Planos descriptivos de la situación actual: Deben representar el objeto de la transformación y todos sus componentes:
- Planos que definen las mediciones para poder valorar la inversión realizada. Reflejan en forma suficiente a través de

plantas, alzados, secciones, detalles, etc. Todas las obras o transformaciones que es preciso ejecutar.

Sistematización y ordenación de los planos. Siempre será necesario incluir un índice de planos. Como normas de carácter general pueden considerarse las siguientes:

- Se ordenarán en sentido progresivo de lo general a lo particular.
- Cuando puedan individualizarse obras aparecerán seguidos todos sus planos. Primero aparecerán seguidos todos sus planos. Primero aparecerán las obras más importantes y luego las demás.
- Dentro de cada obra se definirá, en primer lugar, su aspecto externo (planta externa y alzados), seguidos de las plantas de distribución interior, a continuación las estructuras, las secciones, los detalles constructivos y finalmente las instalaciones.
- Los planos se identifican correlativamente a partir de Plano nº. 1, nº. 2 , etc. Si se precisan varias hojas para definir un mismo Plano, se adoptarán dos dígitos (Nº de Plano-Nº, de orden).

Identificación de los planos. Cada plano se identifica con un casillero o carátula (Fig. 6. 4) que debe ser visible en su totalidad sin necesidad de desplegarlo. Debe incluir la siguiente información:

- Persona o entidad que encarga el Proyecto.
- Titulo del Proyecto.
- Designación del aspecto, obra o información recogida en dicho plano.
- Nº de identificación del plano.
- Escala de la representación.
- Nombre del proyectista o empresa consultora encargada del proyecto.
- Firma del proyectista.
- Fecha de realización del proyecto.
- En caso de identidad tabla de modificaciones o correcciones efectuadas.

Relación de planos típicos que se incluyen en los proyectos de balsas:

- Plano nº. 1. Localización. E = 1:200.000 / 1:10.000.
- Plano nº. 2. Planta. E = 1:2.000/500. Recoge detalles de arroyos, caminos, líneas eléctricas, edificaciones, cultivos, etc., preferiblemente con curvas de nivel, donde al final, suelen ser las que se trabajan.

- Plano nº. 3. Perfiles transversales de la balsa (líneas amarillas)

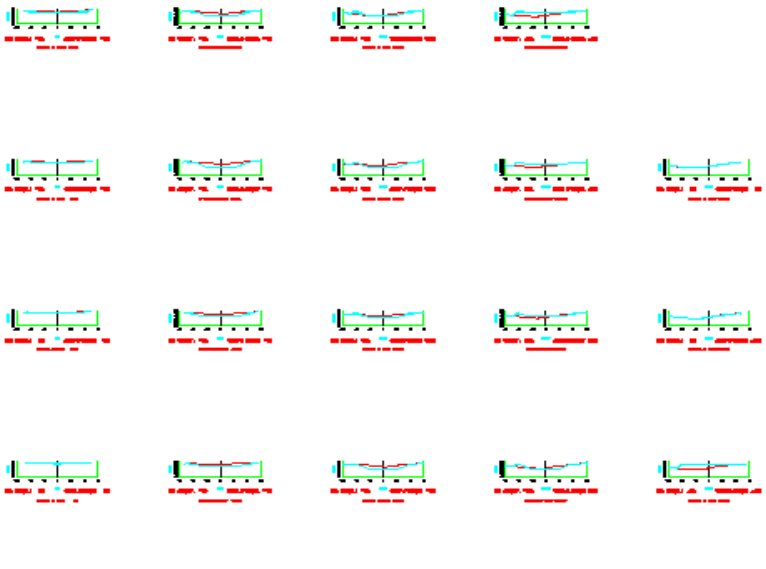


Fig. nº. 7. 5. Perfiles transversales de la balsa de Chiripa.

- Plano nº. 4. Perfiles longitudinales del terreno para conducción de tubería. Se representa la rasante de la conducción, su línea piezométrica, de carga, sus puntos singulares (codos, ventosas, desagüe, hidrantes, tes, etc). La Escala habitual E_H = 1:1.000 y la E_V = 1:100.

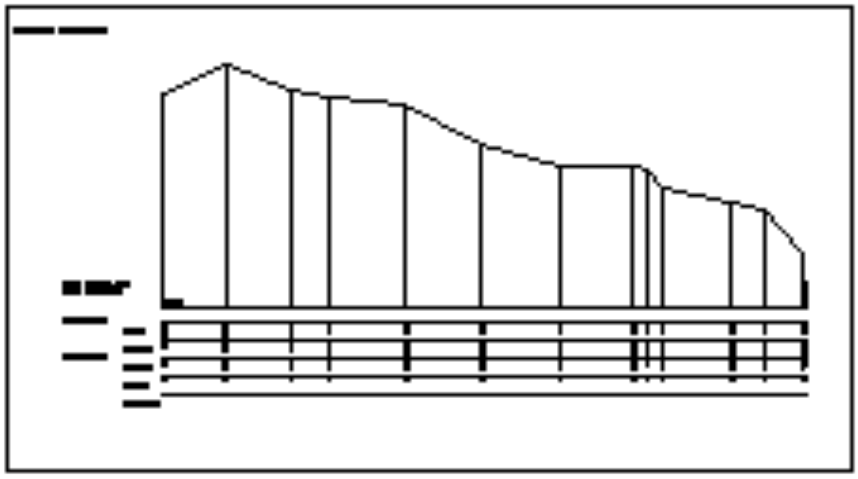


Fig. 7. 6. Perfil longitudinal del terreno (llamada guitarra).

- Plano nº. 6. Obras de fábrica. E = 1:75 / 1:20. Plantas de alzados y secciones de:
  - Arquetas de válvula de paso.
  - Arquetas de ventosas, hidrantes, anclajes.
  - Entradas – salidas.
  - Desagües - sección zanja, drenes, etc.
- Plano nº. 7. Caseta de bombeo. E= 1: 50.
  - Alzados, planta de distribución, secciones, detalles constructivos (E:1:10).
- Plano nº. 8. Línea de alta tensión.

Las acotaciones indican las dimensiones reales del objeto que se representa, expresado normalmente en metros (también en cm, y raro en mm), deben leerse desde abajo las horizontales y desde la derecha las verticales y no deben cruzarse las líneas de cota

A veces se detallan en el plano de planta de la balsa:

- Cuadriculas del movimiento de tierras, útiles para referencias. (Fig. 7.7)
- Detalles.

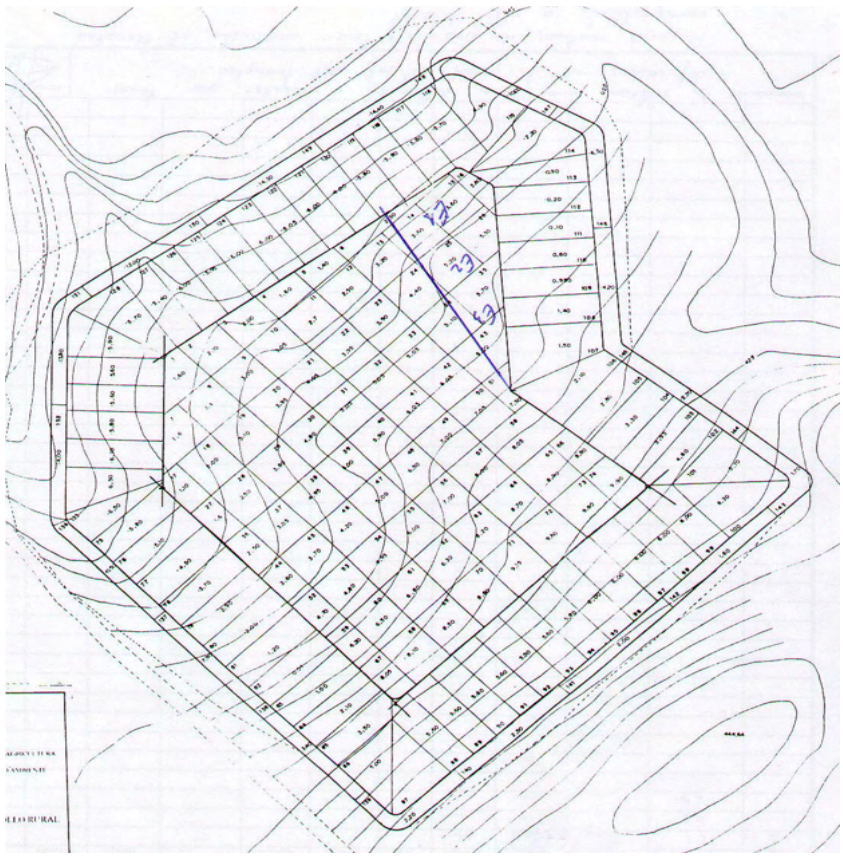


Fig 7.7. Planta en cuadriculas.

15. DOCUMENTO Nº. 3 DEL PROYECTO: PLIEGO DE CONDICIONES.

15.1. Concepto general.

Es el documento que tiene por misión establecer y regular las relaciones, responsabilidades, derechos y obligaciones de las distintas partes implicadas en la ejecución del Proyecto (agentes).

Es un documento de índole técnico, jurídico y económico que se estructura en tantos artículos, agrupados en títulos, como sea necesario.

Las partes o agentes que intervienen en el Pliego de condiciones son:

- El promotor (propiedad). Puede ser persona física, jurídica (Pública o privada) o un consorcio de estas.
- El contratista. Ejecutor del proyecto. Puede ser una persona o entidad y es el encargado de los trabajos de ejecución, puesta en marcha y desarrollo del Proyecto.
- El proyectista. Es el responsable del Proyecto de la balsa.

La multiplicidad de los Pliegos. La contratación podrá ser global o no serlo. En el último caso deberá haber tantos pliegos diferentes como partes se vayan a contratar.

15.2. Estructuración de los Pliegos.

El más generalizado de todos, pudiendo particularizarse, es el siguiente, con ejemplo final.

1. TITULO I. Pliego de condiciones de índole Técnico.

Se dividen en capítulos, éstos en epígrafes y estos a su vez, en artículos o cláusulas.

Ejemplo:

- Cap. I. Movimientos de tierra.
  - Replanteos.
  - Desmontes.

2. TITULO II. Pliego de condiciones de índole Facultativa.

Regula las relaciones entre la Dirección de la ejecución y el Ejecutor del Proyecto o Contrata y se puede dividir en cuatro capítulo.

a) Cap. I. Obligaciones y derechos del contratista.

Contiene los artículos de residencia del contratista, oficinas de obra, presencias de titulados en obras, reclamaciones, libro de ordenes, etc.

b) Cap. II. Trabajos, materiales y medios auxiliares.

Regula los caminos y accesos, trabajos defectuosos (voladuras), programación, prorrogas, materiales defectuosos, medios auxiliares a cargo del contratista, etc.

c) Cap. III. Recepción y liquidación.

Regula las recepciones provisionales y definitivas; la conservación de los trabajos provisionales y la medición final y liquidación.

d) Cap. IV. Facultades de la Dirección de obra.

Consta de un único artículo que amplía las facultades particulares expresadas en los artículos anteriores hasta la recusación del Contratista.

3. TITULO III. Pliego de condiciones de índole económica.

En el quedan reguladas las relaciones económicas entre la propiedad y la Contrata, dividiéndose en siete capítulos.

- Cap. I: Base fundamental.

  Normalmente posee un capítulo único que estipula que el contratista tiene derecho a cobrar los trabajos que realmente haya ejecutado, si se ha atendido a lo estipulado en el proyecto.

- Cap. II: Garantías y cumplimientos y fianzas.

  Regula las garantías y fianzas para la ejecución de trabajos, indicando cuantía, realización, devolución, plazos, etc.

- Cap. III: Precios y revisiones.

  Regula la composición de los precios unitarios, los precios de ejecución material y de contrata, los precios contradictorios, las reclamaciones por aumento de precios, las revisiones de precios y los acopios de materiales.

- Cap. IV: Obras por Administración.

- Cap. V: Valoración y abonos de los trabajos.

  Regulan las certificaciones, abonos de imprevistos, pagos, suspensión de pagos por retrasos en los trabajos.

- Cap. VI: Indemnizaciones mutuas.

Recoge las compensaciones por incumplimiento en que puedan incurrir las partes, tales como: demora de pagos, incumplimientos de pagos, etc.

- Cap. VII: Varios.

Regula aspectos como la mejora y el aumento de los trabajos, trabajos no conformes con el proyecto (pero aceptables), seguro y conservación de los trabajos; usos de bienes y edificios del propietario por parte del Contratista,....

4. TITULO IV. Pliego de condiciones de índole legal.

En el quedan regulada la personalidad de los contratantes, la forma de hacer el contrato y sus rescisiones.

Consta de un solo epígrafe en el que se regulan los siguientes aspectos:

- A que trabajo se refiere el contrato.
- Quienes pueden ser contratistas.
- Contrato y su formalización.
- Sistema de adjudicación.
- Arbitraje obligatorio y jurisdicción competente.
- Accidentes de trabajo y daños a terceros.
- Pagos de arbitrios.
- Hallazgos.
- Causas de rescisión del contrato.
- Composición del Pliego de Condiciones.

15.3. Descripciones técnicas obligadas en un Pliego de balsa.

Obligatoriamente, el Pliego debe aludir a las siguientes necesidades En el epígrafe 7 se desarrolla un tipo de modelo estándar, sobre balsa en EPDM.

Incluye las obras de conformación del vaso, drenaje del fondo e impermeabilización de la balsa, así como las obras anejas al mismo, integrándose el conjunto en los artículos que se citan:

1. Movimiento de tierras en formación del vaso.
2. Drenaje del fondo del embalse.
3. Impermeabilización de la balsa.
4. Aportación de agua de escorrentía de rambla adyacente y del transvase.
5. Derramadero.
6. Toma y desagüe de fondo
7. Vías de acceso, servicio y coronación.
8. Cerramiento, jardinería y varios.

Continuando el desarrollo del mismo, según detalles del cuadro resumen inicial.

16. DOCUMENTO Nº. 4 DEL PROYECTO: PRESUPUESTO.

16.1. Concepto de Presupuesto.

Es la valoración de todos los costes que de una u otra manera, inciden en la construcción del proyecto "Balsa reguladora de riegos".

En el Proyecto de Balsa propuesto sólo existe un único presupuesto, al contemplarse cómo una sola actividad, aunque pudiera estar integrado en un Proyecto de mayor inversión, cómo transformación de una finca de secano a regadío, de una zona regable, etc. En éste presupuesto único correspondería con el del titulo del Proyecto:

Presupuesto de Balsa ...

Que conformarían lo que se denominan Presupuestos parciales.

Consideraciones para la realización de presupuestos de las obras de un proyecto:

1) Deben tenerse en cuenta los contratos que se van a realizar para tener presupuestos separados según contratas.
2) Cada presupuesto se elabora estableciendo una división del proyecto en componentes (Capítulos y Subcapítulos), basándose en como va a ser ejecutado el Proyecto.

Capítulos:

1) Vaso.
2) Entrada y salida de agua.
3) Varios (derramadero, drenes, cerramiento, etc.).
4) Estudio Impacto Ambiental.
5) Estudio de Seguridad y Salud laboral.

Que conformarían lo que se denominan Presupuestos Parciales.

Ejemplo del Capítulo Vaso.

Artículo 1. Movimiento de tierras
Artículo 2. Impermeabilización.

3) Se debe tener en cuenta el régimen bajo el cual se realizarán la obra.

- Contratas por precios unitarios.
- Por administración.
- Forfait (llave en mano).

16.2. Organización de cada presupuesto.

16.2.1. Cuadro nº. 1 de Mediciones.

El presupuesto comienza con éste Cuadro, cuyo objeto es la cuantificación (metros longitudinales, cuadrados, cúbicos) de todas las unidades designadas en la obra (por ejemplo desbroce en éste capítulo) de obra o de ejecución que integran las inversiones de cada presupuesto.

Capítulo 1: Vaso.	Mediciones.					Hoja nº. 1.	
Nº orden	Designación	Nº. Partes	U N I D A D E S .				
			Dimensiones en metros.				
			Longitud.	Latitud.	Altura.	Parciales.	Totales.
ARTÍCULO 1: MOVIMIENTO DE TIERRAS.							
1	Desbroce.	1	250	400		100.000	100.000

Cuadro nº. 7. 2.

Estas pueden contemplar códigos para las designaciones de cada trabajo (en nuestro ejemplo, desbroce), al objeto de facilitar las tarifas (precios del trabajo de modo oficial, privado o creado al efecto) y que suelen colocarse en la columna siguiente al nº de orden, donde son interpretadas en programas informáticos como el Presto, para facilitar el trabajo.

Las unidades colocadas provienen de medidas sobre los Planos del Proyecto, detallados en algunos casos en los anejos de la Memoria (desarrollado en el punto 3.4).

16.2.2. Cuadro nº. 2 de Precios.

Se definen los precios de todas y cada una de las unidades de obra o ejecución que intervienen en el Proyecto. Incluye un número de orden, designación de la unidad de obra, su precio en letra y su precio en cifra (firmadas por la Dirección de obra, en cada una de éstas hojas. En general sigue la capitulación y orden establecido en las mediciones.

Se desarrollan de la siguiente forma:

- Precios básicos, simples, unitarios.
- Precios auxiliares.
- Precios descompuestos.
- Precios de la unidad.

A) Precios básicos, simples o también llamados unitarios.

En general, suele abrirse con éste primer apartado aunque también se puede colocar en un anejo de la Memoria como "Justificación de Precios".

Se diferencian tres grupos:

1) Mano de Obra.
2) Maquinaria.
3) Materiales a pie de obra.

- Mano de Obra: Los precios que contemplan el jornal del trabajador son el salario base, pluses (antigüedad, dietas, etc.), seguros sociales, de accidentes, etc. En general se recogen de revistas especializadas y a los convenios vigentes.

- Maquinaria: Los costes de maquinaria son los correspondientes a su alquiler en el mercado, y se pueden encontrar en textos, tarifas de empresas como las de Tragsa, con amplia experiencia en éste área y a revistas especializadas. Incluyen gastos de personal, combustible. También incluye los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, por ejemplo 4.000 Pts hora de compactador.

- Materiales a pie de obra: Es el precio de los materiales que se consumen o se emplean en la obra y engloban: precio de los materiales en el mercado, precio de almacenaje, precio de transporte a pie de obra, precio de carga y descarga, perdidas por almacenamiento y manipulación.

B) Precios auxiliares.

Son los elementos que se realizan a pie de obra (yesos, escayolas, morteros, hormigones y encofrados, riegos, cargas, etc.)

C) Precios descompuestos.

Las unidades de obra deben cumplir las siguientes condiciones:

- Ser fácilmente cuantificable.
- Suponer un volumen representativo de la obra.
- Poder ejecutarse de una sola vez.
- Valorarse con facilidad.

Los precios de la unidad de obra se obtienen de las sumas de costes directos (mano de obra, materiales, maquinaria) y costes indirectos (porcentajes del 1/5 % sobre directos, bien valorados o alzados, según la experiencia del proyectista).

Se redactan de forma especial, en el siguiente epígrafe.

16.2.3. Cuadro nº. 3 de Precios de las unidades de obra.

Se definen los precios de todas y cada una de las unidades de obra o ejecución que intervienen en el Proyecto.

Incluye un número de orden, designación de la unidad de obra con su precio en letra y en cifra (firmadas por la Dirección de obra, en cada una de éstas hojas). Estos precios son aplicables a la valoración de unidades de obra completamente terminadas.

Sobre estos precios se aplica la rebaja de la subasta aplicada y en caso de existir en la obra otras unidades que no estén definidos en este cuadro, ni contemplados en los auxiliares, se contempla de forma legal, los llamados "precios contradictorios" entre la Dirección de obra y el contratista, debiendo de realizarse previa ejecución, el correspondiente modificado, donde la Ley de Contratos del Estado contempla un incremento del 20% sobre el Proyecto origen, pudiendo concluirse la relación del contrato, si en ambas partes existiesen disconformidades.

En el caso de revisiones, como ocurre con los Proyectos adjudicados mediante concurso, subasta, etc, si poseen más de una anualidad, los precios bases aplicados se incrementan mediante fórmula polinómica compleja, mediante revisión de precios "sombras" (cemento, carburantes, etc), de forma sistemática al llegar el primer del año siguiente, según el incremento anual de éstos precios, que son aportados por el Instituto Nacional de Estadísticas.

En general sigue la capitulación y orden establecido en las mediciones.

16.2.4. Cuadro nº. 4. Resumen de mediciones.

Sigue el orden establecido recogiendo las mediciones totales y el importe total de cada una de las unidades de obra, sin distinguir capítulos.

Ejemplo.

Orden	Uds.	Unidades de obra	Medición total.	Importe total (Ptas)
1	M^2.	Desbroce.	100.000	1.000.000
.				
20	M^2.	Compactación terraplén 95% P.N.M.	25.000	2.775.000
.				

Estas hojas se colocan tal cual, sin sumas finales de todos sus importes, sólo sirve para referencia de lo que veremos a continuación.

16.2.5. Cuadro nº. 5. Presupuestos parciales, generales.

En los Parciales se desarrollan, siguiendo el orden de los capítulos vistos, en nuestro ejemplo.

Presupuesto Parcial.

Capítulo I: Vaso.

Artículo 1: Movimiento de tierras.

Ord.	Uds.	Designación de la Obra.	Nº. Uds.	Precio Unitario	Total (Ptas)
1	M^2.	Desbroce.	100.000	10	1.000.000
2 . . 19					
20	M^2.	Compactación			
21					
				Total Artículo 1 Mov.	..... 60.000.000

16.2.6. Resumen general de presupuestos.

Incluye las partidas correspondientes a cada capítulo y la suma de los mismos. Por tanto, se entiende por precio de ejecución material lo que costaría la obra al promotor si contratase directamente los obreros, adquiriese los materiales, alquilase la maquinaria, etc.

Ejemplo:

Capítulo 1: Vaso.

Artº 1.- Movimiento de tierras.. 60.000.000
Artº 2.- Impermeabilización 40.000.000

.....

Total Capítulo 1. VASO: 100.000.000

La suma de todos los Capítulos al final, nos dará el Coste directo.

Resumen General de Presupuestos:

Capítulo 1. Vaso 100.000.000
Cap.....
Capítulo 6. E.S.S..... 2.500.000

.....

Total Costes directos: 125.000.000

A continuación añadimos la suma de gastos, que puede hacerse por contrata (subasta), o por administración (medios propios).

a) Contrata.

- Gastos Generales y gastos de empresa: Se cuantifican en el Artº. 68 del Reglamento General de Contratación del Estado entre un 16 y un 20 % del Presupuesto de la suma de costes. Comprenden los siguientes conceptos:
  - Gastos financieros.
  - Cargas fiscales.
  - Tasas de administración.
  - Amortización de inmobiliario.
- Beneficio industrial: Queda fijado en un 6% aplicado sobre el Presupuesto de la suma de costes.
- Control de calidad a justificar en un 1% sobre el coste total.

b) Administración:

- 4% sobre Costes indirectos (no añadidos anteriormente).
- 1% Control de calidad a justificar.

La suma de todos los conceptos anteriores: Total de Costes directos + conceptos a/b, según proceda, nos da la Suma de Presupuestos de Ejecución Material.

En general, suele sumarse todos éstos conceptos y colocar la siguiente coletilla: ... Asciende el presupuesto de Ejecución material a la expresada cantidad de: Tantas pesetas, datando y firmando el Director de la Obra.

A continuación, en la siguiente hoja, realizar el "Resumen" con la aplicación del I.V.A. sobre la Ejecución material (16%), volviendo a datar de lugar y fecha y firma del Director de la Obra.

Finalizado los presupuestos de todos los componentes del Proyecto, es recomendable realizar un Resumen General de Presupuestos, donde también se pueden incluir los honorarios profesionales del Ingeniero proyectista (suele realizarse sobre el 3% de la ejecución, redactándose un total de 6) y de la Dirección de obra (suele oscilar del 4% sobre Costos Directos), para dar conocimiento del Promotor del costo total de la obra terminada.

Capítulo 8.

MODELO DE UN PLIEGO DE CONDICIONES.

Ahora, es siempre.

A. Machado.

1. MODELO DE UN PLIEGO DE CONDICIONES DE UNA BALSA DE CAPACIDAD MEDIA (100.OOO M^3).

1. MODELO DE UN PLIEGO DE CONDICIONES.

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS

INDICE

CAPITULO I.- OBJETO DEL PRESENTE PLIEGO Y DESCRIPCION DE LAS OBRAS1

1.1. OBJETO DEL PRESENTE PLIEGO
1. 1. 1. Definición
1. 1. 2. Aplicación

1.2. DESCRIPCION DE LAS OBRAS Y SU LOCALIZACION
1.2. 1. Descripción general y localización
1.2. 2. Descripción particular

CAPITULO II.- CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES

2.1. CONDICIONES GENERALES

2.2. MATERIALES A EMPLEAR EN TERRAPLENES Y PEDRAPLENES
2.2.1. En terraplenes y pedraplenes del dique de cierre
2.2.1.1. Condiciones Generales
2.2.1.2. Forma y dimensiones
2.2.1.3. Calidad

2.2.2. En diversos terraplenes y pedraplenes zonificables
2.2.3. En otros terraplenes

2.3. MATERIALES A EMPLEAR EN RELLENOS LOCALIZADOS
2.3. 1. Rellenos con material seleccionado
2.3.2. Rellenos con material granular

2.4. MATERIAL A EMPLEAR EN SUBBASE GRANULAR

2.5. MATERIALES A EMPLEAR EN HORMIGONES

2.6. ACERO PARA ARMADURAS

2.7. MATERIALES A EMPLEAR EN HORMIGON POROSO
2.8. MATERIALES A EMPLEAR EN MORTERO DE CEMENTO
2.9. HERBICIDA
2.10. FIELTRO ANTIPUNZONAMIENTO Y ANTICONTAMINANTE
2.10.1. En la pantalla de impermeabilización.
2.10.2. En los sacos de anclaje de la pantalla de impermeabilización.
2.11. LAMINA DELGADA DE IMPERMEABILIZACION
2.12. TUBOS DE FUNDICION
2.13. TUBOS DE ACERO
2.14. TUBOS DE PRESION DE P.V.C
2.15. TUBOS DE FIBROCEMENTO PARA SANEAMIENTO
2.16. TUBOS DE HORMIGON CENTRIFUGADO
2.17. TUBOS DE DRENAJE DEL EMBALSE

2.18. VALVULAS DE COMPUERTA
2.19. JARDINERIA
2.19.1. Tierra vegetal
2.19.2. Plantas
2.19.3. Fertilizantes
2.20. MATERIALES NO INCLUIDOS EN EL PLIEGO
CAPITULO III.- EJECUCION DE LAS OBRAS
3.1. REPLANTEOS
3.2. EXCAVACIONES
3.2.1. Desmonte en zona del vaso
3.2.2. Desmonte fuera de la zona del vaso
3.2.3. Desmonte de préstamos
3.2.4. Excavación en zanja, cimientos y pozos
3.2.5. Excavaciones en zanja, cimientos y pozos a mano
3.2.6. Empleo de los materiales procedentes de las excavaciones

3.3. TERRAPLENES, PEDRAPLENES Y RELLENOS
3.3.1. Terraplenes y pedraplenes del dique de cierre
3.3.1.1. Terraplenes y pedraplenes experimentales
A) Definición y emplazamiento
B) Preparación de la cimentación
C) Extensión del material
D) Compactación del material
E) Riego
F) Asentamientos
G) Ensayos
3.3.1.2. Ejecución de los terraplenes y pedraplenes del dique
a) Observaciones adicionales a los materiales
b) Preparación de la cimentación
c) Extensión de material
d) Compactación del material
e) Riego
f) Asientos
g) Ensayos
h) Tolerancias geométricas

3.3.2. Terraplenes del fondo y espaldones en laderas del vaso
3.3.3. Refino y compactación de los taludes interiores del vaso
3.3.4. Otros terraplenes y pedraplenes
3.3.5. Rellenos localizados
3.3.6. Ensayos in situ no normalizados
3.3.6.1. De permeabilidad en zanja
3.3.6.2. De densidad seca
3.3.6.3. De control de asientos
3.3.6.4. De estabilidad de taludes

3.4. EJECUCION DE LA SUBBASE GRANULAR
3.5. EJECUCION DE LOS HORMIGONES
3.5.1. Resistencias características
3.5.2. Dosificación
3.5.3. Docilidad y compactación del hormigón
3.5.4. Fabricación y puesta en obra del hormigón
3.5.5. Cimbras y encofrados
3.5.6. Ejecución de las armaduras
3.5.7. Control de la resistencia del hormigón
3.5.7.1. Ensayos característicos

3.5.7.2. Ensayos de control
3.5.8. Control de la calidad del acero
3.5.9. Control de la ejecución
3.6. MORTEROS DE CEMENTO
3.7. EJECUCION DE LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACION
3.7.1. Condiciones generales
3.7.2. Colocación del fieltro
3.7.3. Colocación de la lámina
3.7.4. Anclajes de la lámina a las obras de fábrica
3.7.5. Anclajes, fondo y coronación
3.8. INSTALACION DE TUBERIAS DE FUNDICION Y ACERO PARA PRESION
3.8.1. Juntas en las tuberías de fundición
3.8.2. Juntas en las tuberías de acero
3.8.3. Montaje de los aparatos de valvulería
3.9. CUNETAS TRIANGULAR Y RECTANGULAR DE HORMIGON
3.10. VALLA DE CERRAMIENTO
3.11. EJECUCION DE UNIDADES DE OBRA NO INCLUIDAS EN EL PLIEGO

CAPITULO IV.- MEDICION Y ABONO
4.l. NORMAS GENERALES SOBRE MEDICION Y ABONO DE LAS OBRAS
4.2. DESMONTE EN ZONA DEL VASO
4.3. DESMONTE FUERA DE LA ZONA DEL VASO
4.4. DESMONTE DE PRESTAMOS
4.5. EXCAVACION DE ZANJA, CIMIENTOS Y POZOS
4.6. TERRAPLENES Y PEDRAPLENES
4.7. REFINO Y COMPACTACION DE TALUDES INTERIORES DEL VASO
4.8. RELLENOS LOCALIZADOS
4.9. HORMIGONES EN MASA Y ARMADOS
4.10. ACERO EN ARMADURAS DE HORMIGON ARMADO
4.11. TUBERIAS DE DRENAJE DE P.V.C
4.12. HERBICIDA
4.13. FIELTRO ANTIPUNZONAMIENTO
4.14. LAMINA DE IMPERMEABILIZACION DE E.P.D.M. DE UNO COMA DOS (1,2) MILIMETROS DE ESPESOR
4.15. ANCLAJE DE LA LAMINA A LAS OBRAS DE FABRICA
4.16. SACOS DE FIELTRO ANTIPUNZONAMIENTO PARA ANCLAJE
4.17. PRETIL DE CORONACION
4.18. CAPA DE PROTECCION SOBRE LA LAMINA DE IMPERMEABILIZACION
4.19. TUBERIAS DE FIBROCEMENTO
4.20. TUBERIAS DE FUNDICION Y ACERO
4.21. VALVULAS
4.22. SUBBASE GRANULAR
4.23. CUNETAS TRIANGULAR Y RECTANGULAR DE HORMIGON
4.24. JARDINERIA
4.25. VALLA DE CERRAMIENTO
4.26. CONCEPTOS INCLUIDOS EN EL PRECIO DE LAS UNIDADES DE OBRA
4.27. GASTOS DIVERSOS POR CUENTA DE LA CONTRATA
4.28. MEDIOS AUXILIARES
4.29. UNIDADES NO ESPECIFICADAS EN ESTE PLIEGO
4.30. ABONO DE LAS OBRAS
4.31. PRECIOS CONTRADICTORIOS
FORMULA DE REVISION DE PRECIOS

CAPITULO V.- DISPOSICIONES GENERALES
5.1. NORMAS GENERALES DE APLICACION

5.2. DIRECCION DE LA OBRA
5.3. CONTRATISTA Y SU PERSONAL
5.4. RESIDENCIA DEL CONTRATISTA
5.5. OFICINA DE OBRA
5.6. ORDENES AL CONTRATISTA
5.7. PRESENTACION DEL PROGRAMA DE TRABAJO
5.8. EQUIPO Y MAQUINARIA
5.9. CONTROL DE CALIDAD
5.10. OBRAS DEFECTUOSAS 0 MAL EJECUTADAS
5.11. VERTEDEROS
5.12. SERVIDUMBRE
5.13. PERMISOS Y LICENCIAS
5.14. LIMPIEZA DE LAS OBRAS
5.15. RIESGO Y VENTURA DEL CONTRATISTA
5.16. PLAZO DE EJECUCION
5.17. CONCLUSION DEL CONTRATO
5.18. PLAZO DE GARANTIA
OBLIGACIONES SOCIALES, LABORALES Y ECONOMICAS DEL CONTRATISTA

CAPITULO I.- OBJETO DEL PRESENTE PLIEGO Y DESCRIPCION DE LAS OBRAS

1.1. OBJETO DEL PRESENTE PLIEGO

1.1.1. Definición

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares constituye el conjunto de instrucciones, normas y especificaciones que, juntamente con las de carácter general que se describen en el artículo 5.1., definen los requisitos técnicos de las obras objeto del presente Proyecto.

Este documento contiene:

La descripción de las obras y su localización.

Las condiciones que deben cumplir los materiales.

- Las instrucciones para la ejecución de las distintas unidades.
- Las condiciones para la medición y abono de las mismas.
- Las disposiciones generales correspondientes.

1.1.2. Aplicación

Las presentes Prescripciones Técnicas Particulares se aplicarán en la construcción, dirección, control e inspección de las obras correspondientes al "PROYECTO DE ... " emplazado en el Término Municipal de ..... provincia de .....

1.2. DESCRIPCION DE LAS OBRAS Y SU LOCALIZACION

1.2.1. Descripción general y localización

El Proyecto de la Balsa Reguladora ... cuyas principales características referentes a situación, zona de influencia y conexión con la red hidráulica existente en proyecto, se recogen en los planos nº 1 y 2 del Documento número 2 Planos (en la situación del proyecto), comprende una serie de obras que son las siguientes:

Incluye las obras de conformación del vaso, drenaje del fondo e impermeabilización del depósito y obras anejas al mismo, integrándose el conjunto en los artículos que se citan a continuación:

1. Movimiento de tierras en formación del vaso.
1.2. Drenaje del fondo del embalse.
1.3. Impermeabilización del embalse.
1.4. Aportación de agua de escorrentía y del transvase Tajo-Segura
1.5. Derramadero.
1.6. Toma y desagüe de fondo
1.7. Vías de acceso, servicio y coronación.
1.8. Cerramiento, jardinería y varios.

Todas las obras comprendidas en el Capítulo 1 "Balsa Reguladora", desglosadas según los artículos reverenciados, se hallan definidas, medidas y presupuestadas en los documentos siguientes:

Documento nº 2 - Planos
Documento nº 4 - Presupuesto

1.2.2. Descripción particular

A) Balsa Reguladora

La obra proyectada es un depósito de unos .... m^3 de capacidad emplazado en el término municipal de .....

El depósito, se adapta en la mejor forma posible al terreno las paredes del dique tiene un talud 2:1 tanto en su parte interna como en la externa; los taludes en desmonte fuera del camino de coronación son de 1: 1 y el de terraplén son de 2: 1. El camino de coronación es de 5,00 m de anchura, a la cota de ... m.. Se ha previsto la zonificación del dique según 3 tipos de materiales que aparecerán en las excavaciones y que será preciso clasificar y seleccionar mientras que en aquellas zonas de las paredes laterales resultantes de la excavación en materiales no refinables se dispone una sobre excavación de 1,00 m en horizontal y 50 cm en vertical, respectivamente, y su posterior terraplenado con material adecuado.

En el fondo del depósito se dispone una red de drenaje constituida por tubería de P.V.C. de diámetro .... mm., alojada en una zanja que se rellena posteriormente con grava.

Mediante tres tuberías de P.V.C. y a través del conducto de toma y desagüe, se transportan independientemente los caudales drenados por cada sector hasta la arqueta de válvulas.

La impermeabilización del vaso se iniciará con un tratamiento de toda la superficie con un herbicida total del tipo A(A-B) que se extenderá mediante aspersión con una dotación de 10 kg/ha seguido de un riego de agua de 5 l/m^2. La pantalla de impermeabilización se realiza con lámina de E.P.D.M de 1,2 mm de espesor sobre un geotextil antipunzonamiento y anticontaminante de 220 g/m^2 . Los anclajes se realizan mediante sacos de fieltro rellenos de material granular, simplemente apoyados en el perímetro de fondo. En coronación, la lámina va anclada bajo el pretil. En las obras de fábrica, entrada de agua, aliviadero y arqueta de toma y desagüe de fondo, la lámina irá anclada.
Las características geométricas más destacables del Embalse son:

Cota superior del pretil de coronación	m
Cota de explanación de la coronación	m
Cota de excavación del fondo	m
Nivel máximo de agua	m
Altura máxima de agua	m
Resguardo	0,60 m
Superficie de coronación de aguas	..... m^2
Superficie de fondo del embalse..	..... m^2
Superficie teórica a impermeabilizar	..... m^2
Volumen de embalse	..... m^3
Perímetro de la arista interior de coronación	m
Perímetro del fondo	m

Como obras anejas al depósito se incluyen las que se describen a continuación:

- La obra de entrada de agua La principal aportación se realiza desde un canal del Transvase Tajo-Segura. La toma se realiza desde una arqueta ya existente, regulando el caudal por medio de una compuerta, conduciendo éste mediante una tubería de fibrocemento de ... mm, hasta una arqueta de decantación con desarenador. A éste desarenador también le llega el agua de escorrentía procedente de una cuenca cercana a partir de un caño ... cm existente.

- El derramadero., consta de un vertedero a la cota de ..... m tipo trapezoidal de .... m de longitud, que vierten directamente al canal.

- La toma de agua y el desagüe de fondo se sitúan en una arqueta de hormigón de .... x .... x .... m, disponiéndose para ello de una alcachofa del tipo tambor con ranuras verticales a la cota de ..., para la toma de agua, el desagüe de fondo se sitúa a la ..... m convenientemente protegida por una malla. Desde aquí parten dos tuberías de fibrocemento de ..... y .... mm respectivamente dentro de una galería visitable, instalándose ... válvulas de compuerta, formada por tubo de acero corrugado circular de .... m de diámetro y ... de longitud con pendientes del ..% que termina en la arqueta de válvulas.

- La arqueta de válvulas de planta cuadrada de .... m de lado, tiene una altura total de ..... m. La cubierta se realiza con una losa de hormigón con una entrada tomada por tapa de acero.. A la arqueta llegan: ... tubería de ..... de.... mm procedente de la toma con alcachofa y 1 tubería de .... del desagüe de fondo y .... tuberías de P.V.C. de ..... mm que provienen de la red de drenaje del fondo del embalse Se prevé la instalación de ... válvulas de compuerta.

- La red viaria comprende: El acondicionamiento del camino de servidumbre existente consistiendo en la rectificación del trazado, explanación, construcción de cunetas y afirmado con .... cm. de zahorra de 2" en una anchura de ... m. La vía de coronación, con una longitud de ..... m y una anchura de explanación de 5 m. irá afirmado al igual que el camino de servidumbre con .... cm. de zahorra de 2".

CAPITULO II.- CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES

2.1. CONDICIONES GENERALES

Será de aplicación lo dispuesto en las cláusulas 34 a 42 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado (en adelante "P.C.A.G.") referentes a:

- Procedencia de los materiales naturales.
- Aprovechamiento de materiales.
- Materiales procedentes de excavaciones o demoliciones en la propia obra.
- Productos industriales de empleo en la obra.
- Ensayos y análisis de los materiales y unidades de obra.
- Instrucciones y normas de obligado cumplimiento en la materia.
- Recepción y recusación de materiales.
- Retirada de materiales no empleados en la obra.

2.2. MATERIALES A EMPLEAR EN TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

2.2.1. En terraplenes y pedraplenes del dique de cierre

2.2.1.1. Condiciones generales

La procedencia de los materiales podrá ser de todos los desmontes y excavaciones previa separación y retirada de la cobertura de tierra de labor.

Dichos materiales serán objeto de selección y clasificación previas a su transporte y colocación en el dique en función a la zona que ocupará en éste .

El Ingeniero Director está facultado para permitir, en cada tipo, materiales cuyo origen o procedencia sea diferente de la indicada, siempre que se cumplan las prescripciones que se le exigen a continuación.

2.2.1.2. Forma y dimensiones

Ninguno de los materiales que se coloquen en el dique tendrán forma hojosa, entendiendo por tal aquellas piedras en las que la dimensión máxima es superior a cinco (5) veces la mínima.

Por cuanto respecta a sus dimensiones máximas, mínimas y granulometría, serán las siguientes:

- del material tipo "A" (Espaldón de aguas arriba)

La máxima dimensión de sus elementos no deberá superar los cinco centímetros (5 cm).

El porcentaje, en peso, del material que pasa por el tamiz 0,080 UNE no será superior al treinta por ciento (30%).

- del material tipo "B" (Espaldón de aguas abajo)

La máxima dimensión de los elementos constitutivos del mismo no deberá superar los veinticinco centímetros (25 cm).

El porcentaje de los finos que pasen por el tamiz 0,080 UNE será inferior al quince por ciento (15%).

- del material tipo "C" (Pie de aguas abajo)

El material tendrá una granulometría tal que el cincuenta por ciento (50%) en peso al menos tendrá una dimensión mínima superior a quince centímetros (15 cm). Otras limitaciones granulométricas y de tamaño son las siguientes:

La máxima dimensión del material será de cincuenta centímetros (50 cm); el porcentaje, en peso, del material una vez compactado que pasa por el tamiz de cinco milímetros (5 mm) será inferior al cincuenta por ciento (50%) y el porcentaje de finos que pasan por el tamiz de ocho centésimas de milímetro (0,80 mm) será inferior al quince por ciento (1 5 %).

2.2.1.3. Calidad

- del material tipo "A" (Espaldón de aguas arriba)

Estará exento de materia orgánica.

Su límite líquido será menor que treinta (LL<30) y su índice de plasticidad menor que diez (IP< 1 0).

El índice CBR, correspondiente a la densidad Proctor Normal (100%), será superior a diez (10) y no presentará hinchamiento en dicho ensayo.

- del material tipo "B" (Espaldón de aguas abajo)

Los elementos constitutivos del material tipo "B" carecerán por completo de materia orgánica.

La densidad aparente después de la compactación obtenida en terraplén experimental será superior a 1,7.

El porcentaje de pérdidas debido a la acción de soluciones saturadas de sulfato sódico de acuerdo con la norma NLT 158/72 será inferior al cuatro por ciento (4%) después de cinco (5) ciclos.

- del material tipo "C" (Pie de aguas abajo)

Las piedras constitutivas de material tipo "C" carecerán por completo de materia orgánica y tendrán una resistencia mínima a la compresión, en probeta tallada en forma cúbica, de seiscientos kilogramos por centímetro cuadrado (600 kg/cm^2). Su peso específico, determinado de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE 7 067 54, no será inferior a dos mil quinientos kilogramos por metro cúbico (2.500 kg/m^3).

La capacidad de absorción de agua será inferior al tres por ciento (3%).

El coeficiente de calidad medido por el ensayo Los Ángeles, realizado de acuerdo con la norma NLT 149/72, será inferior a veinticinco (25).

El porcentaje de pérdidas debido a la acción de soluciones saturadas de sulfato sódico de acuerdo con la norma NLT 158/72 será inferior al cuatro por ciento (4%) después de cinco (5) ciclos.

El coeficiente de permeabilidad material colocado en el pie del dique, deducido mediante ensayo en zanja, será superior a cinco milímetros por segundo (5 x 10-1 cm/s).

El Ingeniero Director podrá exigir, sobre la base de su estimación la proporción de material de desmontes y excavaciones propios de la obra que resulten desechables, que los materiales para la ejecución de estos terraplenes sean procedentes de préstamos.

2.2.2. En diversos terraplenes y pedraplenes zonificables

El Ingeniero Director está facultado para zonificar los terraplenes y/o pedraplenes a realizar en las vías de acceso y servicio y para fijar las características del material a emplear en cada zona, que se corresponderán con las de alguno de los tres tipos definidos en el artículo 2.2. l., o bien con las que para otros terraplenes se indican en el apartado siguiente (artículo 2.2.3.).

2.2.3. En otros terraplenes

Los materiales a emplear serán los clasificados como suelos seleccionados y adecuados en el Artículo 3 3 0.3. 1. del "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y Puentes PG-3", de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (en lo sucesivo "P.G.3.").

Su procedencia podrá ser de cualquiera de los desmontes y excavaciones previstas en este Proyecto.

2.3. MATERIALES A EMPLEAR EN RELLENOS LOCALIZADOS

2.3.1. Rellenos con material seleccionado

Los materiales a emplear serán los clasificados como suelos seleccionados en el Artículo 330.3. l. del "P.G.3.".

2.3.2. Rellenos con material granular

Los materiales a emplear han de cumplir las condiciones que se especifican en el Artículo 500.2. del "P.G.3." para subbases granulares.

2.4. MATERIAL A EMPLEAR EN SUBBASE GRANULAR

Los materiales a emplear han de cumplir lo especificado en el Artículo 500.2 del "P.G.3.".

2.5. MATERIALES A EMPLEAR EN HORMIGONES

El cemento, agua, áridos y aditivos a emplear en hormigones cumplirán lo especificado en la "Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Elementos de Hormigones Estructurales" (en adelante "EHE")

2.6. ACERO PARA ARMADURAS

El acero a emplear deberá ser:

- De dureza natural.
- De superficie corrugada.
- El límite elástico característico no menor de cuatro mil cien kilogramos por centímetro cuadrado (4.100 kg/cm^2).
- Se deberá cumplir lo especificado en el Artículo 9 de la "EHE"

2.7. MATERIALES A EMPLEAR EN HORMIGON POROSO

El cemento y agua a emplear en hormigón poroso han de cumplir lo especificado en los artículos 5 y 6 de la "EH-99.

El árido a utilizar será de machaqueo y ha de cumplir las condiciones especificadas en el artículo 7 de la "EH-99" para gravas. El huso granulométrico será el siguiente:

CEDAZOS Y TAMICES UNE	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO
20,0	100
12,5	90 – 100
10,0	20 – 55
6,3	0 – 15
3,2	0 – 5

2.8. MATERIALES A EMPLEAR EN MORTERO DE CEMENTO

El cemento, agua, materiales de adición y árido fino han de cumplir lo especificado en el Artículo 611.2 del "P.G.3.

2.9. HERBICIDA

El herbicida que se aplique en el tratamiento previo a la impermeabilización será del tipo "A(A-B)" en polvo mojable conteniendo: 5-bromo - 3 sec- butil - 6 metiluracilo en un 40% y 3-(3,4 diclorofenil) 1-1 dimetilurea en otro 40%. El Ingeniero Director está facultado para autorizar otro tipo de producto siempre y cuando quede debidamente justificada su idoneidad. El Contratista ha de presentar con suficiente antelación toda la documentación técnica que exigiese la Dirección.

2.10. FIELTRO ANTIPUNZONAMIENTO Y ANTICONTAMINANTE

2.10.1. En la pantalla de impermeabilización

El fieltro antipunzonamiento y anticontaminante a utilizar en la impermeabilización será no tejido y realizado a partir de fibra continua que se compacta por un sistema mecánico mediante un proceso de agujado.

La fibra base podrá ser de polipropileno o de poliéster, quedando prescrito el uso de este último en los lugares en que se encuentre en contacto con cualquier tipo de hormigón (entrada de agua, aliviadero, toma y desagüe de fondo, red de drenaje, etc.).

El peso superficial del tipo previsto para utilizar en la solución base proyectada será de doscientos veinte gramos por metro cuadrado (220 g/m^2) , no obstante, en previsión de que la obra se adjudique con una solución alternativa a la impermeabilización o que el Ingeniero Director juzgue conveniente el empleo de un fieltro de distinto peso superficial, se adjunta el siguiente cuadro donde se recogen las características de seis tipos:

CARACTERISTICAS	TIPO					
	I	II	III	IV	V	VI
Peso superficial mínimo (g/m^2) DIN 53854	150	200	280	300	350	500
Espesor en mm Bajo 0,02 bar DIN 53855/3	1,7	2,1	2,6	2,8	3,0	4,3
Resistencia a la tracción (daN/5cm) DIN 53855/3	35	50	70	75	80	155
Resistencia al perforado (N) DIN 54307	1300	2000	2600	2700	2800	5600

El Contratista propondrá al Ingeniero Director el material comercial que vaya a emplear del cual podrá exigir todas las certificaciones, ensayos y pruebas que estime oportunos.

Las uniones entre láminas de fieltro se realizarán mediante cosido. Las características del hilo y la forma en que se efectúe el cosido han de ser aprobadas por el Ingeniero Director, previa propuesta del Contratista.

2.10.2. En los sacos de anclaje de la pantalla de impermeabilización

Los sacos que se utilicen para lastrar la impermeabilización en el fondo se ejecutarán con fieltro de fibra de poliéster de peso superficial de doscientos veinte gramos por metro cuadrado (220 g/m^2) y el hilo para el cosido será de poliéster de tres décimas de milímetro (0,3 mm) de diámetro.

2.11. LAMINA DELGADA DE IMPERMEABILIZACION

En la solución base proyectada la lámina delgada para la impermeabilización será de EPDM de un milímetro y dos décimas (1,5 mm) de espesor.

La lámina delgada cumplirá, con las condiciones siguientes:

- Coeficiente de permeabilidad no superior a K = 10^{-13} m/s ó K/e no superior a 10^{-10} l/s, siendo "e" el espesor de dicha lámina.
- Dureza Shore entre 60 y 90.
- Densidad no inferior a 1,20.
- Resistencia a la tracción superior a 90 kg/cm^2 y 90 daN/5 cm.
- Alta resistencia al desgarro.
- Alta resistencia mecánica a la percusión y al punzonamiento.
- Resultados óptimos en los ensayos de envejecimiento artificial acelerado, sin modificaciones importantes en la permeabilidad, resistencia a la tracción y alargamiento de rotura respecto a los valores iniciales.
- Alta resistencia a la acción de ozono.
- Inalterabilidad en cuanto a su comportamiento frente a elevadas temperaturas.
- Inalterabilidad frente al ataque por microorganismos.
- Resistencia frente al ataque de: ácidos, bases, alcoholes, aceites vegetales, animales y minerales.
- Uniones realizadas mediante vulcanización o soldadura con el propio material y en ningún caso con adhesivos. En las uniones han de conseguirse como mínimo las condiciones de resistencia, deformación, permeabilidad e inalterabilidad relacionadas anteriormente.

El Contratista propondrá al Ingeniero Director el material comercial que vaya a emplear del cual podrá exigir todas las certificaciones, ensayos y pruebas que estime oportunos.

El Contratista tendrá que garantizar en los términos que se determinen en el Pliego de Cláusulas Económico-Administrativas Particulares del Contrato, el cumplimiento de las condiciones y características anteriormente enumeradas, durante un período mínimo de diez (10) años a partir de la fecha de Recepción Provisional de las obras.

2.12. TUBOS DE FUNDICION

La fundición empleada para la fabricación de los tubos y piezas especiales será fundición dúctil, también llamada fundición nodular o fundición de grafito esferoidal.

Los tubos han de cumplir lo especificado en el "Pliego General para tuberías de abastecimiento de agua" en su Capítulo 4, así como la Norma Internacional ISO-2531 "Tubos, uniones y piezas accesorias de hierro fundido dúctil para canalizaciones de presión".

El revestimiento interior de los tubos se realizará con mortero de cemento y ha de cumplir la Norma Internacional ISO-4179, "Tubos de hierro fundido dúctil para canalizaciones de presión. Revestimiento interno con mortero de cemento centrifugado".

Los tubos y piezas especiales han de tener una protección electrolítica exterior mediante zincado que se aplicará previamente al revestimiento exterior que podrá consistir en pintura asfáltica.

La presión de rotura de los tubos y piezas especiales será de ciento veinte atmósferas (120 atm), siendo la presión de trabajo no superior a treinta atmósferas (30 atm).

2.13. TUBOS DE ACERO

Los tubos de acero cumplirán las condiciones establecidas en el capítulo 5 del "Pliego General para tuberías de abastecimiento de agua".

Todos los tubos y piezas de acero serán protegidos, interior y exteriormente, contra la corrosión por alguno de los procedimientos indicados en el capítulo 9 de dicho Pliego. Cuando se indicara expresamente, esta protección ha de ser mediante galvanizado.

Con carácter general la presión normalizada de los tubos y piezas especiales de acero será de treinta y dos atmósferas (32 atm), siendo la presión de trabajo no superior a dieciséis atmósferas (16 atm).

2.14. TUBOS DE PRESION DE P.V.C.

Los tubos han de cumplir lo especificado en el "Pliego General para tuberías de abastecimiento de agua" en su capítulo 8.

La presión normalizada de los tubos y piezas especiales de P.V.C. será de diez atmósferas (10 atm), siendo la presión de trabajo no superior a cinco atmósferas (5 atm).

2.15. TUBOS DE FIBROCEMENTO.

Los tubos de fibrocemento han dejado de utilizarse en la actualidad.

2.16. TUBOS DE HORMIGON CENTRIFUGADO

Los tubos de hormigón centrifugado estarán hechos de hormigón, siguiendo el proceso de centrifugación rápida de éste, en moldes adecuados. La resistencia característica del hormigón ha de ser superior a doscientos setenta y cinco kilogramos por centímetro cuadrado (275 Kg/cm^2) a los veintiocho días (28) en probeta cilíndrica. Las juntas serán del tipo y estarán constituidas por los elementos que indique el Ingeniero Director.

2.17. TUBOS DE DRENAJE DEL EMBALSE

Los tubos de drenaje del depósito serán de policloruro de vinilo (P.V.C.) y el sistema de juntas será el denominado de "junta abierta".

Las características de los tubos serán las siguientes:

DIAMETRO NOMINAL (mm)	ESPESOR (mm)	DIAMETRO EMBOCADURA DE CAPTACION (mm)
32	1,6	41
40	1,7	55
50	1,8	65
63	1,8	78
75	1,8	90
90	1,9	105
110	2,3	125
125	2,6	145
140	2,9	160
160	3,3	180

2.18. VALVULAS DE COMPUERTA

Todas las válvulas de compuerta serán del tipo de "asiento elástico", con cuerpo ovalado de paso recto y fondo sin cavidad, obturador con guías larguísimas, vástagos con rosca exterior y unión mediante bridas. En su fabricación se cumplirán las especificaciones de la norma DIN 3352, parte 4B.

Cuerpo, bonete y tapa fundición dúctil GGG
Obturador fundición GG-25
Hermetización del obturador elástica NBR
Vástago acero inoxidable X2OGr 13
Tuerca del vástago fundición GG-25
Hermetización del vástago NBR
Juntas NBR
Volante fundición GG-25
Revestimiento resina epoxi (EKB).

En su parte superior llevará un indicador de apertura con una escala de material inoxidable graduada en centímetros. El accionamiento será manual, mediante los mecanismos multiplicadores adecuados para hacer ligera la maniobra. Cuando se especifique accionamiento eléctrico, el eje del motor y el del piñón irán unido por un acoplamiento elástico que evite el deterioro de las partes mecánicas en caso de mal funcionamiento. Los motores de accionamiento tendrán protección IP-44 e irán debidamente conectados con los interruptores eléctricos de fin de carrera y con el correspondiente cuadro general de mando y protección.

El cierre y apertura serán suficientemente lentos para reducir al máximo los golpes de ariete en las válvulas colocadas en el extremo de las conducciones.

Todas las válvulas deberán estar probadas en fábrica para una presión del 130% de la presión de trabajo.

La calidad y los modelos de las válvulas deberán ser sometidos a la aprobación del Ingeniero Director antes de su instalación en la obra.

2.19. JARDINERIA

2.19.1. Tierra vegetal

La tierra vegetal a aportar en los taludes será la procedente del desbroce del área de ocupación de la balsa, exenta de piedras y elementos extraños, distribuyéndose según necesidades siguiendo las instrucciones del Ingeniero Director.

2.19.2. Plantas

Las plantas serán en general bien conformadas, de desarrollo normal sin que presenten síntomas de raquitismo, retraso o ahilamiento.

No presentarán heridas en ninguna de sus partes.
No presentarán trazas de ataques de plagas o enfermedades de ningún tipo.
Vendrán con su correspondiente cepellón, a excepción de aquellas de comprobada facilidad de enraizamiento.
Las dimensiones en el momento de la plantación estarán comprendidas entre las siguientes cifras:

Árboles:	de 2 a 3 metros y con cepellón.
Arbustos:	de 1 a 2 metros y con cepellón.
Trepadoras:	de 1,50 a 2 metros y con cepellón.
Crasas:	de 0,15 a l,5 metros a raíz desnuda o con cepellón.

Tapizantes: de 0,20 a 0,40 metros con cepellón o a raíz desnuda, según los casos. Tanto las plantas que vengan con cepellón como a raíz desnuda, deberán tener un sistema radicular plenamente conformado con las dimensiones de éstas.

Durante la ejecución de las obras el Contratista ha de garantizar que las especies se planten inmediatamente después de su llegada y si no fuera posible deberá almacenarías de forma que sus raíces no se sequen y se puedan regar si están en contenedores.

Las plantas que no reúnan las condiciones mínimas serán rechazadas.

2.19.3. Fertilizantes

Los abonos químicos que se utilicen en cada ajardinamiento habrán de ajustarse a las normas relativas a la composición y pureza de los mismos.

- Todos los abonos se comprarán envasados, debiendo llevar en el envase, expresado en letras, el tanto por ciento de riqueza de los mismos.
- Todos los envases se abrirán en el momento de su uso y los sobrantes se procurarán mantener bien ensacados y alejados de la humedad.
- Las mezclas, distribuciones y dosificación de abonos se harán bajo las recomendaciones del Ingeniero Director.

2.20. MATERIALES NO INCLUIDOS EN EL PLIEGO

Los materiales no incluidos expresamente en el presente Pliego o en los Planos, serán de probada y reconocida calidad debiendo presentar el Contratista, para recabar la aprobación del Ingeniero Director, cuantos catálogos, muestras, informes y certificados de los correspondientes fabricantes se estimen necesarios. Si la información no se considera suficiente, podrán exigirse los ensayos oportunos para identificar la calidad de los materiales a utilizar.

CAPITULO III.- EJECUCION DE LAS OBRAS

3.1. REPLANTEOS

Se realizará la comprobación del replanteo del Proyecto a que se refiere el Artículo 127 del Reglamento General de Contratación del Estado (R.G.C.E.), de acuerdo con lo dispuesto en las cláusulas 24, 25 y 26 del P.C.A.G.

Se entregará al Contratista una relación de puntos de referencia y los planos generales de replanteo donde estarán referidos los puntos fijos básicos para los sucesivos replanteos de detalle, quedando el Contratista desde ese momento como único responsable de todos los replanteos posteriores que requiera la obra.

El Contratista será responsable de la conservación de los pilares, hitos, clavos, estacas y demás elementos que materialicen los vértices de triangulación, puntos topográficos y señales niveladas colocadas por la Administración, que le servirán para ejecutar sus replanteos. Este cuidará de la conservación de los mismos, reponiendo a su costa todos aquellos que sufriesen alguna modificación en el transcurso de los trabajos, comunicándolo por escrito al Director de la obra, quien ordenará la comprobación de los puntos repuestos.

Son de cuenta del Contratista todos los trabajos de Replanteo necesarios para la ejecución de los distintos elementos que integran la obra, siendo también suya la responsabilidad de la exactitud, de la forma definitiva y su posición dentro del replanteo general.

La Dirección de la obra podrá comprobar, siempre que lo considere conveniente, la exactitud de los replanteos realizados por el Contratista sin que su conformidad represente disminución de la responsabilidad del mismo. Para estas comprobaciones, el Contratista deberá proveer, a su costa, todos los materiales fungibles, los aparatos topográficos y el personal necesario que precise la Dirección de las obras.

El Contratista queda obligado, cuando sea indispensable, a suspender los trabajos para realizar dichas comprobaciones, sin que por esta causa tenga derecho a indemnización especial.

Una vez realizados los replanteos por el Contratista no podrá éste comenzar ninguna de las partes de las obras sin la debida autorización del Ingeniero Director, tanto si la parte de la obra es definitiva, como si se trata de alguna accesoria para la construcción o para el servicio de la Contrata.

En el caso de que el Contratista realice alguna obra o parte de la misma sin la debida autorización, el Director podrá ordenar su demolición, sin que proceda abono alguno por la fábrica así construida ni por su demolición.

EXCAVACIONES

Con carácter general se entiende por "excavación" la operación de excavar y nivelar las zonas donde ha de asentarse la balsa reguladora y demás partes e instalaciones constituyentes de estas obras, y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo, conforme a las especificaciones del presente Pliego, modificaciones autorizadas y/u órdenes dadas por el Ingeniero Director.

3.2.1. Desmonte en zona del vaso

Se entiende por "desmonte" la excavación de los materiales que sobresalen de las superficies de explanación de las distintas partes de la obra, incluyendo la excavación adicional de suelos inadecuados o no refinables.
En este Proyecto se distinguen dos categorías de desmonte atendiendo a la zona en que se localiza su acción. Como "desmonte en zona del vaso", y que -con carácter no excluyente- comprende:

Desmonte en el fondo.
Desbroce del terreno en la zona de asentamiento de terraplenes y/o pedraplenes.

Desmonte en laterales.
Excavación adicional en materiales no refinables.
Desmonte en vías de acceso y servicio.



Foto nº. 8. 1.

El desmonte está clasificado (en cuanto a tipo de materiales se refiere) como sigue:

- Tránsito:
- Roca:

y se ejecutará conforme a lo especificado en el Artículo 320.3 del "P.G.3.

El Contratista pondrá especial cuidado en evitar dañar por efecto de las voladuras las edificaciones limítrofes y líneas eléctricas; todos los desperfectos, daños y perjuicios que se ocasionen serán a cargo del Contratista. Tanto en el preceptivo proyecto de las voladuras, como en su ejecución, se tendrán en cuenta dichos extremos, así como el que en ningún caso sea necesario desalojar las viviendas próximas.

El Ingeniero Director determinará los materiales que se empleen en la formación de los distintos terraplenes y pedraplenes, así como en la zonificación de los mismos si las hubiera, de acuerdo con las especificaciones del Artículo 2.2 y a la vista de los resultados de los ensayos correspondientes. Así mismo, determinará qué materiales se consideran desechables y se transportarán a vertedero.

Durante la realización de las excavaciones el Ingeniero Director estará facultado en todo momento para introducir cuantas modificaciones estimase pertinentes en el método y en los medios de excavación, al objeto de garantizar la forma y dimensiones óptimas de los materiales para su utilización posterior y evitar perjuicios innecesarios en la realización de otras unidades de obra dependientes de ésta.

En esta unidad se incluye la nivelación, refino y compactación del fondo del vaso, de tal manera que no sea necesaria ninguna operación intermedia entre la citada unidad y la posterior colocación de la pantalla de impermeabilización. El refino y compactación de los taludes interior del vaso es objeto del Artículo 3.3.3.

3.2.2. Desmonte fuera de la zona del vaso

El desmonte fuera de la zona del vaso, correspondiente a todos aquellos "desmontes" no incluidos en el Artículo anterior, será no clasificado y se ejecutará de acuerdo con lo especificado en el Artículo 320 del "P.G.3.".

El Ingeniero Director, una vez realizados los ensayos oportunos, indicará al Contratista los materiales que se empleen en los distintos terraplenes y pedraplenes y aquellos que se transporten a los vertederos autorizados.

3.2.3. Desmonte de préstamos

Solamente se utilizará material procedente de préstamos cuando:

- Los volúmenes de todas las excavaciones definidas en el Proyecto no sean suficientes para realizar, con los materiales previstos y en las condiciones exigidas en el presente Pliego, los terraplenes, pedraplenes y rellenos igualmente en él definidos.

- Expresamente lo ordene el Ingeniero Director.

Los lugares para la obtención del material de préstamos serán propuestos por el Contratista a la aprobación del Ingeniero Director. El Contratista comunicará a éste con suficiente antelación la apertura de los citados préstamos a fin de que, una vez eliminado el material inadecuado, realizar los oportunos ensayos para su aprobación, si procede.

En el desmonte de préstamos el Contratista mantendrá con carácter general las mismas condiciones y precauciones que en los realizados dentro de los límites de las obras y, en particular:

- No serán visibles desde las carreteras y zonas pobladas.
- Deberán excavarse de tal manera que el agua de lluvia no se pueda acumular en ellos.
- El material inadecuado se depositará de acuerdo con lo que se ordene al respecto.

Los taludes de los préstamos deberán ser suaves y redondeados y, una vez terminada su explotación, se dejarán de forma que no dañen el aspecto general del paisaje.

3.2.4. Excavación en zanja, cimientos y pozos

Será no clasificada y se ejecutará conforme a las especificaciones del Artículo 321 del "P.G.3.".

Se considerarán como desmonte (v. Artículo 3.2. 1. y 3.2.2.) aquellas excavaciones cuyo ancho mínimo sea superior a los dos metros (2,00 m).

3.2.5. Excavaciones en zanja, cimientos y pozos a mano

Cuando así lo indicara el Ingeniero Director la excavación ha de realizarse exclusivamente a mano, con la utilización únicamente de útiles y herramientas manejadas o sostenidas a mano.

Esta excavación será no clasificada y se ejecutará conforme a lo dispuesto en el Artículo 321 del "P.G.3.".

3.2.6. Empleo de los materiales procedentes de las excavaciones

Los materiales que procedan de todas y cada una de las excavaciones y desmontes definidas en este artículo serán utilizados, previa realización de los ensayos pertinentes y por

indicación expresa del Ingeniero Director, en uno de los lugares que se relacionan a continuación:

- En formación de los terraplenes y pedraplenes
- En formación de los rellenos localizados
- Depósitos en los vertederos autorizados.

3.3. TERRAPLENES, PEDRAPLENES Y RELLENOS

3.3.1. Terraplenes y pedraplenes del dique de cierre

Los materiales a emplear, cuyos tipos y condiciones particulares se definieron en el Artículo 2.2. 1. del presente Pliego, se colocarán en los terraplenes y pedraplenes que configuran el dique atendiendo a su zonificación
Para fijar las condiciones de ejecución de los terraplenes del "Espaldón de aguas arriba" (material A), "Espaldón de aguas abajo" (material B) y el pedraplen del "Pie de aguas abajo" (material C), se realizarán sendos terraplenes y pedraplenes experimentales.

3.3.1.1. Terraplenes y pedraplenes experimentales

A) Definición y emplazamiento

Son los realizados para determinar los valores reales del ángulo de rozamiento interno, la densidad, porosidad, permeabilidad del material compactado en función de su granulometría, así como las características más aconsejables para su construcción, incluyendo espesor de tongadas, cantidad y método de riego, número de pasadas y peso del equipo de compactación, asientos admisibles, etc.

Para la construcción del dique se realizarán dos terraplenes experimentales, uno para cada uno de los materiales tipo "A", "‟B" , y un pedraplén experimental para el material tipo "C". A la vista del programa de trabajo, el Ingeniero Director decidirá los emplazamientos más adecuados procurando que cada uno quede embebido en la zona correspondiente del dique y que sus cimentaciones estén comprendidas en las de dichas zonas.

Con el fin de comprobar la influencia de la granulometría en los parámetros geotécnicos fundamentales no se colocarán los materiales sin haber realizado los ensayos necesarios; así mismo, la necesidad de controlar el peso de los materiales colocados para la determinación de su densidad aparente tras la compactación, hace preciso instalar una báscula capaz de pesar los camiones que se vayan a emplear en las obras. Esta báscula se instalará en el lugar que indique el Ingeniero Director.

B) Preparación de la cimentación

Se realizará exactamente igual que se define para los terraplenes y pedraplenes del cuerpo del dique en el Artículo 3.3.1.2.b).

C) Extensión del material

El material se extenderá siempre de forma que en cada una de las diferentes zonas la totalidad del terraplén tenga siempre la misma altura en toda su longitud y en toda su anchura y con el mismo equipo que se vaya a ejecutar después la obra. Las alturas de tongadas serán decididas por el Ingeniero Director para cada una de ellas en función de los resultados obtenidos en la anterior; en todo caso no se prevé que las tongadas sobrepasen los treinta centímetros (30 cm) para los terraplenes y cincuenta centímetros (50 cm) para el pedraplén.

D) Compactación del material

La compactación se realizará con rodillos lisos vibrantes cuyo peso estático sea igual o superior a ocho toneladas (8 t) y en todo caso el mismo equipo que se vaya a emplear posteriormente. El número de pasadas que han de realizar los rodillos en cada tongada será elegido por el Ingeniero Director a la vista de los resultados que se vayan obteniendo; en principio con carácter indicativo. Se prevén seis (6) pasadas por tonelada. El Constructor queda obligado a realizar la recompensación de cualquier tongada si así lo ordenase el Ingeniero Director.

La compactación se efectuará según el eje mayor del terraplén o pedraplén comenzando por los bordes y terminando por el centro solapándose en cada recorrido un ancho no inferior a un tercio (1/3) del elemento compactador. Cuando el número de pasadas sea superior a tres (3) las dos últimas se efectuarán en dirección normal a la especificada. Los rodillos vibrantes se acercarán compactando el máximo posible a los bordes y nunca a menos de treinta centímetros (30 cm).

E) Riego

El Ingeniero Director determinará para cada tongada el caudal y la presión del agua para riego; en principio se intentará comprobar que únicamente es necesario el riego para eliminar las capas de finos que inevitablemente se forman en la superficie de cada tongada debido al paso de la maquinaria de extensión y compactación; por ello se regará desde cada tongada ya terminada sobre el frente de vertido de la tongada en avance y sobre la propia ya compactada, con el fin fundamental de lograr introducir los finos en esta última.

F) Asentamientos

Se empezará por disponer una línea de puntos de nivelación, suficientemente alejada del terraplén o pedraplén, para que sirvan de base a las mediciones posteriores. El asentamiento medio de una tongada se determinará mediante la nivelación antes y después de compactar, de una red de puntos, uno cada dos metros cuadrados (2 M^2), pintados previamente sobre la superficie superior del pedraplén. Con objeto de comprobar el asentamiento que la compactación produce sobre el volumen de material anterior a la última tongada se han previsto dos dispositivos de medición de asientos, que alcanza la superficie de cada tongada. En un principio y hasta que el Ingeniero Director lo ordene se nivelará por medición geométrica (nivel de precisión) la superficie después de cada pasada de los compactadores. Una vez registrada la tendencia, el Ingeniero Director establecerá a partir de qué pasada se comienza a nivelar. Deben correlacionarse los asentamientos medios obtenidos por nivelación con los de algún otro método, el de la placa, por ejemplo, que permita un más fácil control durante la construcción del dique.

G) Ensayos

Durante la construcción de los terraplenes experimentales se pondrán a punto, en cuanto a mecánica de trabajo y correlación se refiere, los ensayos que se utilizarán durante la construcción del dique con el fin de tratar de simplificarlos e interferir lo menos posible en su construcción.

A tal efecto será preceptiva la realización de los ensayos siguientes:
En los materiales tipo "A" y "B":
- Humedad natural
- Densidad relativa
- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- Próctor Normal

- Permeabilidad con muestra remoldada
- Compresión triaxial

Y en el material tipo "C":

- Permeabilidad en zanja
- Densidad seca
- Control de asientos
- Estabilidad de taludes

3.3.1.2. Ejecución de los terraplenes y pedraplenes del dique

a) Observaciones adicionales a los materiales

Por el Contratista y el Ingeniero Director se vigilará especialmente que el material que se va a colocar cumpla en cuanto a su procedencia, granulometría, contenido en materia orgánica y límites de Atterberg las condiciones señaladas para cada tipo en el Artículo 2.2. 1. Antes de su puesta en obra se realizará una toma de muestras de los materiales de diferente génesis y localización para catalogar mediante los ensayos correspondientes cuáles cumplen con las antedichas condiciones, así como los parámetros siguientes:

- Material tipo "A"
  Densidad 100 % Próctor Normal > 1,3
  Angulo de fricción > 35º
  Cohesión 0

- Material tipo "B"
  Densidad 1 00% Próctor Normal > 1,6
  Angulo de fricción > 45º
  Cohesión 0

- Material tipo "C"
  Densidad aparente > 1,7
  Angulo de rozamiento interno de la escollera compactada > 40º
  Porosidad < 22%

A juicio del Ingeniero Director será también admisible cualquier combinación de los parámetros citados que dé lugar a una resistencia al corte y. un coeficiente de seguridad, igual o superior al obtenido en los cálculos de estabilidad del Proyecto, o la exigida por las reglamentaciones vigentes.

Si con los materiales procedentes de la excavación no se pudiesen cumplir las condiciones impuestas, el Ingeniero Director podrá optar por exigir que el material sea procedente de préstamos que deberán cumplirlas, o por modificar adecuadamente el valor del talud de acuerdo con nuevos cálculos de estabilidad basados en los parámetros reales del material.

b) Preparación de la cimentación

Comprende la limpieza del terreno (vegetación, cercas y muros, materiales sueltos rocosos, demoliciones, etc.), retirada de toda la cobertura de tierra vegetal, y la excavación de todo el recubrimiento de suelos en el caso de que su espesor sea igual o inferior a dos metros (2,00 m) y hasta un metro (1,00 m) del mismo, si éste es superior a los dos metros (2,00 m), previa comprobación con ensayo de penetración dinámica que el índice S.P.T. es igual o superior a veinte (20) y mediante ensayos de dispersabilidad, que el suelo no es crítico. En

caso de que no se cumpla alguna de ellas se han de eliminar los suelos en su totalidad. Finalmente se procederá a la compactación del terreno en toda la superficie de apoyo del terraplén (mediante la utilización de rodillos vibratorios lisos u otros métodos mecánicos o manuales en los lugares inaccesibles), hasta que el terreno haya adquirido la compacidad que el Ingeniero Director de las obras considere oportuna después de realizados los correspondientes ensayos.

Los productos extraídos de las operaciones anteriores, si no se destinan a ningún aprovechamiento dentro de las obras que haya sido autorizado por el Ingeniero Director, se transportarán hasta los vertederos autorizados.

Todas las operaciones anteriores quedarán comprendidas dentro de la unidad de "desmonte en zona del vaso". Todas ellas, así como un riego ligero de la superficie de la cimentación de forma que no quede ningún charco, se realizarán antes de proceder a la extensión de la primera capa de contacto con la misma.

c) Extensión del material

El material se colocará en obra de acuerdo con las dimensiones y pendientes de los planos a las órdenes que dicte el Ingeniero Director. Los elementos más gruesos dentro de cada tipo se colocarán siempre en las zonas más próximas al talud de aguas abajo, para lo cual deberán seguirse las instrucciones que al efecto imparta el Ingeniero Director. El material se extenderá siempre de forma que en cada una de las diferentes zonas la totalidad del dique tenga siempre la misma altura en toda su longitud y en toda su anchura. De tal norma el Ingeniero Director podrá exceptuar aquellas zonas en que por su situación -tal como las de entrada de las pistas de construcción-, o por el momento de su ejecución -tal como el pedraplén inmediato al Conducto de toma y desagüe-, el cumplimiento de dicha norma suponga un obstáculo muy gravoso para el desarrollo normal de los trabajos. Esta excepción deberá hacerse en todo caso explícitamente cada vez y por escrito precisando su alcance.

El pedraplén o pedraplenes (donde exista el del pie de aguas abajo) se llevará siempre a la misma altura que el espaldón principal excepto por cuanto corresponde a su diferencia en espesor de tongadas y se extenderá de forma que en la zona de contacto no se viertan elementos gruesos.

d) Compactación del material

La compactación del material se realizará con rodillos lisos vibrantes cuyo peso estático sea igual o superior a ocho mil kilogramos (8 t). En las zonas de difícil acceso para los rodillos se dispondrán medios especiales de compactación, previamente ensayados y aprobados por el Ingeniero Director.

El número de pasadas que han de realizar los rodillos vibrantes depende de la altura definitiva de las tongadas y será elegido por el Ingeniero Director a la vista de los resultados de los terraplenes y pedraplenes experimentales que, inexcusablemente, habrá que realizar antes de empezar la construcción. En cuanto a la forma de efectuar la compactación (dirección, acercamiento a los bordes, etc.) se realizará siguiendo las especificaciones recogidas en el Artículo 3.3.1.1.d.).

Como condiciones generales, se cumplirán:

- La humedad de los materiales en el momento de su compactación deberá ser la más cercana posible a la óptima deducida del ensayo Próctor Normal. Será admisible una tolerancia del dos por ciento (±2 %), respecto a la óptima, en el noventa y cinco por ciento (95 %) de las muestras. Para conseguir esta humedad, el Contratista estará obligado a humidificar o desecar

el material antes de compactarlo en el tajo por procedimientos que hayan sido aprobados por la Dirección de la obra.

- En todas y cada una de las series de muestras que se tomen para comprobar la densidad de los materiales, deben cumplirse que el noventa por ciento (90 %) de ellas acusen una densidad mayor que el cien por cien (100 %) de la máxima del Proctor Normal, siempre que la densidad del diez por ciento (10 %) de muestras restantes sea superior al noventa por ciento (90 %) de la máxima del Proctor Normal.

e) Riego

Se mantienen las observaciones de 3.3.1.1.e.) para los terraplenes y pedraplenes experimentales.

f) Asientos

Se tomarán las medidas oportunas, como es la instalación de puntos de referencia provisionales, para en unión del sistema de auscultación definitivo proyectado, conocer en todo momento el desarrollo de los asentamientos, relativos y absolutos, producidos desde el primer día de la construcción del terraplén.

Se llevará un control de los asientos que permita comprobar el efecto de la compactación mediante la nivelación de una red de puntos, pintados previamente, de forma que el asentamiento medio de las dos últimas pasadas sea inferior en cada una a veinte milímetros (20 mm).

Se tendrán en cuenta los resultados anteriores para fijar la sobreelevación que será necesario dar al dique para prever los asentamientos finales de forma que tenga la altura fijada en los planos.

g) Ensayos

Para los materiales tipos "A" y "B" se realizará como mínimo un (1) ensayo de:

Por cada mil metros cúbicos (1.000 m^3) de material a emplear:

Humedad natural
Densidad relativa
Análisis granulométrico
Límites de Attergerg
Proctor Normal

Por cada diez mil metros cúbicos (10.000 M^3) de material a emplear:

Permeabilidad con muestra remoldeada
Compresión triaxial

Para el material tipo "C" como mínimo un (1) ensayo de:

Permeabilidad en zanja
Densidad seca
Control de asientos
Estabilidad de taludes

h) Tolerancias geométricas

Los espesores compactados no deberán diferir en más de un décimo (1/10) de los previstos.

La coronación no deberá quedar bajo el plazo teórico sobreelevado en la altura que determine el Ingeniero Director para prever los asientos finales; su superficie acabada no deberá rebasar la teórica, corregida con la sobreelevación, en más de cuatro centímetros (4 cm) cuando se compruebe tanto paralela como normalmente al eje de la vía de coronación.

La tolerancia en el paramento de aguas abajo sobre el plano teórico será de treinta centímetros en más o en menos (± 0,30 m) medidos horizontalmente.

3.3.2. Terraplenes del fondo y espaldones en laderas del vaso

Para la ejecución de los terraplenes de los espaldones en laderas del vaso para tratamiento de las superficies resultantes de la excavación en materiales no refinables se estará a lo dispuesto en el Artículo 3.3.1.2. referente al terraplén del espaldón aguas arriba del cuerpo del dique.

Los terraplenes del fondo se realizarán, así mismo, conforme a las especificaciones del Artículo 3.3.1.2. con las condiciones siguientes:

- Se cuidará de forma especial y rigurosa la granulometría del material, preferentemente su tamaño máximo, mientras que el Ingeniero Director queda facultado para admitir que el material tenga un menor ángulo de fricción.
- Antes de extender la primera capa de material se regará ligeramente la superficie de la cimentación de forma que no quede ningún charco, y a criterio del Ingeniero Director se compactará en parte o en su totalidad dicha superficie hasta adquirir la compactación debida.
- El terraplén constará de un mínimo de dos tongadas.
- La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más o en menos de cuatro centímetros (±4 cm) y no deberá variar en más de dos centímetros (2 cm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) aplicada en cualquier dirección.

3.3.3. Refino y compactación de los taludes interiores del vaso

Esta unidad comprende la regularización, refino, humectación y compactación de todas las superficies interiores del vaso excepto el fondo, de tal manera que no sea necesaria ninguna operación intermedia entre la presente unidad y la posterior colocación de la pantalla de impermeabilización.

En los paramentos de los taludes interiores se proscribe la aportación de material para su regularización; ésta debe realizarse siempre quitando material.

El Contratista presentará al Ingeniero Director un programa de trabajo para la ejecución de esta unidad con expresa descripción de los equipos de humectación y compactación; el Ingeniero Director podrá variar total o parcialmente dicho programa y exigir la realización de tramos o superficies experimentales para fijar el procedimiento en todos sus detalles.

La humectación deberá realizarse por el sistema de aspersión o similar de forma que no se erosione la superficie una vez refinada.

La compactación de los taludes interiores debe realizarse preferentemente según generatrices situadas en planos verticales (compactación en sentido normal a la superficie del talud).

Las tolerancias geométricas a la superficie acabada serán las mismas que las admisibles para los terraplenes del fondo del vaso descritas en el Artículo anterior (Art. 3.3.2.).

3.3.4. Otros terraplenes y pedraplenes

Se cumplirá lo especificado en los Artículos 330 y 331 del "P.G.3.", respectivamente.

3.3.5. Rellenos localizados

Se cumplirá lo establecido en el Artículo 332 del "P.G.3.".

3.3.6. Ensayos in situ no normalizados

Se denominan así aquellos ensayos como los de permeabilidad en zanja, porosidad o densidad -realizados a partir de la determinación del peso y el volumen de una o más tongadas de los pedraplenes experimentales-, comprobación de los asientos, de la estabilidad, etc., que no están fijados por ninguna normativa oficial y que deberán realizarse de acuerdo con las instrucciones siguientes:

3.3.6.1. De permeabilidad en zanja

Se trata de efectuar una zanja en el pedraplén y prolongar posteriormente su longitud, determinando el caudal que debe introducirse en cada etapa, en el interior de la misma para mantener en ambos casos un nivel fijo. La expresión -utilizable en cualquier sistema de unidades- que proporciona el coeficiente de permeabilidad es la siguiente:

$$K = \frac{q}{B +\_ 2H}$$

K= coeficiente de permeabilidad
q = caudal unitario, por metro de zanja, que se precisa para mantener H constante
B = anchura de zanja
H = altura de agua sobre el fondo

$$q = \frac{Q_2 - Q_1}{L_2 - L_1}$$

Q_2 , Q_1 = caudales utilizados en cada etapa.
L_2 , L_1 = longitudes respectivas de la zanja.

El signo positivo en el denominador de la primera expresión corresponde al caso en que no exista una cimentación impermeable muy próxima a la zanja, empleándose el signo negativo en caso contrario.

3.3.6.2. De densidad seca

Tiene por finalidad determinar dicho valor para una zona de pedraplén suficientemente extensa y, por tanto, representativa. Normalmente se deduce sobre una tongada completa que sea "homogénea" atendiendo al método de construcción utilizado para su ejecución. La densidad responde a la expresión:

$$D = \frac{P}{V}$$

D = Densidad seca del pedraplén (t/m^3)

p = Peso en seco de todo el material utilizado para construir una determinada zona (t).
v = Volumen de dicha zona (m^3).

Para determinar P pueden pesarse en una báscula adecuada todos los camiones utilizados en la construcción de la zona de ensayo y descontar los pesos en vacío de dichos camiones. Habitualmente, resulta suficiente con parar previamente los camiones y limitarse a llevar el estadillo de los mismos. En algunos casos, y desde luego siempre que se trata de terraplenes, es necesario hacer la oportuna corrección de humedad.

Para determinar V se delimita la planta de la tongada con taquímetro, y su espesor también con dicho aparato o, si se quiere mayor precisión, con ayuda de nivel. Ello permite cubicar el espacio relleno por todo el material, que previamente se ha pesado y, por tanto, conocer la densidad aparente del pedraplén y, partiendo de la densidad de los cantos sueltos, determinar en laboratorio su porosidad.

3.3.6.3. De control de asientos

Este ensayo, en unión del anterior, permite juzgar sobre el grado de compactación conseguido. Consiste en determinar los asientos experimentados por la tongada que se ensaya como consecuencia del paso del ingenio compactador. Para ello se sitúan con nivel una serie de puntos previamente señalados con pintura sobre la tongada, antes del paso del rodillo; deben elegirse puntos que pertenezcan a cantos ni muy grandes ni muy pequeños, para que resulten representativos. Los puntos se nivelarán tras cada pasada y se determinará el asiento medio, para lo cual se suele prescindir de los valores muy dispersos. El ensayo continúa hasta que el asiento medido resulta inferior al fijado como admisible después de cada una de dos pasadas consecutivas.

Como ya se ha indicado, este ensayo debe completarse con la obtención de la densidad mínima requerida, pudiendo fijarse, en atención a ambas determinaciones, el número de pasadas necesarias del material de compactación para obtener una densidad prefijada.

3.3.6.4. De estabilidad de taludes

La finalidad de este ensayo es investigar la estabilidad de los taludes del pedraplén y, a partir de ella, estimar -si bien sea con cierta aproximación- el ángulo de rozamiento interno del pedraplén. Su aplicación sencilla sólo es posible con pedraplenes de escollera o, en general, materiales granulares incoherentes, cuya estabilidad, por consiguiente, pueda suponerse que está confiada íntegramente al rozamiento interno.

El procedimiento consiste en construir el pedraplén con unos taludes algo más tendidos que el mínimo que se supone estable. Posteriormente, el pie del talud ensayado se socava retirando progresivamente el material desprendido hasta alcanzar el talud que se pretende investigar. La altura equivalente del pedraplén puede aumentar sobrecargando la coronación del talud con camiones o, si se pretende un reparto más homogéneo, tractores.

3.4. EJECUCION DE LA SUBBASE GRANULAR

Se ejecutará conforme a lo especificado en el Artículo 500 del "P.G.3.". El espesor de la capa de subbase granular compactada de todas las vías será de diez centímetros (10 cm).

3.5. EJECUCION DE LOS HORMIGONES

Para su utilización en los diferentes elementos estructurales que componen las obras se fabricarán los tipos de hormigones siguientes: H- 1 00, H- 1 50 y H- 175.

3.5.1. Resistencias características

Se deberán obtener las siguientes resistencias características a compresión los veintiocho (28) días:

- Hormigón H-100, cien kilogramos por centímetro cuadrado (100 kg/cm^2).
- Hormigón H-150, ciento cincuenta kilogramos por centímetro cuadrado (150 kg/cm^2).
- Hormigón H-175, ciento setenta y cinco kilogramos por centímetro cuadrado (175 kg/cm^2.).

3.5.2. Dosificación

Para establecer las dosificaciones de los diferentes hormigones el Contratista recurrirá a ensayos previos de laboratorio, con objeto de conseguir que el hormigón resultante satisfaga las condiciones que se le exigen en el Artículo 14 de la "EHE " y en el presente Pliego. Los ensayos a realizar serán los descritos en el Artículo 67 de la "EHE.

3.5.3. Docilidad y compactación dei hormigón

No se permitirá el empleo de masas cuya consistencia medida en el cono de Abrams, tenga asientos superiores a cinco centímetros (5 cm). La compactación se realizará siempre mediante vibrado.
El Ingeniero Director podrá autorizar el empleo de masas con consistencia blanda y compactación mediante apisonado, en aquellas unidades en que estime conveniente.

3.5.4. Fabricación y puesta en obra del hormigón

Se deberá cumplir lo especificado en los Artículos 15 al 24 de la "EH-99
Las transiciones de hormigón ciclópeo a hormigón H-150 en las obras o volúmenes definidos en los Planos de forma continua, se harán sin interrupciones ni juntas y sólo se diferenciarán en que unas zonas llevarán mampuestos y las otras no.

3.5.5. Cimbras y encofrados

El proyecto y diseño de las cimbras, soportes y encofrados de cualquier estructura será ejecutado por el Contratista, quien suministrará las copias necesarias al Ingeniero Director, bien entendido que ello no eximirá de responsabilidad al Contratista por los resultados que se obtengan.
Se cumplirá lo especificado en el Artículo 11 de la "EH-99
Los encofrados serán tales que tengan la calidad suficiente para garantizar la buena terminación de las aristas vivas y la buena presencia de las partes vistas. Para las no vistas se podrá utilizar encofrado ordinario.
Tolerancias de las superficies acabadas La máxima flecha o irregularidad que deben presentar los paramentos planos, medida respecto a una regla de dos metros (2 m) de longitud, aplicada en cualquier dirección, será la siguiente:

- En superficies vistas: seis milímetros (6 mm).
- En superficies ocultas: veinticinco milímetros (25 mm).

Las tolerancias de las irregularidades bruscas o localizadas serán:

- En superficies vistas: tres milímetros (3 mm).
- En superficies ocultas: doce milímetros (12 mm).

Las tolerancias en los paramentos curvos serán las mismas, pero se medirán respecto a un escantillón de dos metros (2 m), cuya curvatura sea la teórica.

Las coqueras si las hubiera en proporción superior al uno por ciento (1 %) en superficie, en un cuadrado teórico de cincuenta centímetros (50 cm) de lado elegido libremente por la Dirección de las obras, serán motivo para proceder a la demolición de la parte de la obra

con dicho defecto, si dicha Dirección así lo estimara oportuno, incluidos aquellos elementos que directos o indirectamente resulten afectados por la mencionada demolición.

Las superficies curvas se harán siguiendo rigurosamente las especificaciones de los planos complementados con los detalles constructivos dados por el Ingeniero Director.

Si fuese preciso realizar superficies hiperbólicas que sirviesen de transición entre superficies planas (verticales a oblicuas), se definirán por directrices rectas (una vertical y otra oblicua) y generatrices rectas horizontales, y su encofrado se regirá específicamente por lo siguiente:

- En caso de ser superficie continua, ésta se moldeará de forma que se ajuste exactamente a la teórica.
- En caso de ser de superficie discontinuo, ésta se compondrá de elementos planos rectangulares con su dimensión mayor horizontal y canto no superior a quince centímetros (1 5 cm).
- En ambos casos se dispondrán los elementos guías y rigidizadores precisos para impedir movimientos no tolerables durante la puesta en obra del hormigón.

3.5.6. Ejecución de las armaduras

Para el doblado, colocación, anclaje y empalmes de las armaduras se seguirá lo especificado en EHE.

3.5.7. Control de la resistencia del hormigón

Para el control de la resistencia del hormigón se realizarán los- siguientes ensayos:

3.5.7.1. Ensayos característicos

Tienen por objeto comprobar que antes del comienzo del hormigonado, la resistencia característica real del hormigón que se va a colocar en obra no es inferior a la de Proyecto.
Se fabricarán seis (6) masas diferentes de hormigón por cada tipo que haya de emplearse, moldando tres probetas por masa, las cuales se ejecutarán, conservarán y romperán según los métodos de ensayo UNE 7240 y UNE 7242.

Con los resultados obtenidos se procederá según se indica en el Artículo 68 de la "EH-99 ".

3.5.7.2. Ensayos de control

El control se hará a nivel Normal. Los ensayos para cada una de las unidades de obra los establecerá el Ingeniero Director.

Con los resultados obtenidos se procederá según se indica en él Artículo 69.3.2. de la "EH-99 ".

3.5.8. Control de la calidad del acero

Se establecerá control a nivel Normal y se seguirá lo especificado en el Artículo 71.3 de la "EH-99.

3.5.9. Control de la ejecución

El control de la ejecución será a nivel Normal y se seguirá lo especificado en el Artículo 72 de la "EH-99 ".

3.6 MORTEROS DE CEMENTO

Para su empleo en las distintas clases de obra, se fabricarán los morteros siguientes:

M-1, de trescientos cincuenta kilogramos de cemento por metro cúbico de mortero (350 kg/m^3), en fábricas de ladrillo y mampostería y enroscados.

M-2, de seiscientos kilogramos de cemento por metro cúbico de mortero (600 k g/m^3), en enlucidos hidrófugos.

Se ha de cumplir lo especificado en el Artículo 611 del "P.G.3.".

3.7. EJECUCION DE LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACION

3.7.1. Condiciones generales

Antes del inicio de la impermeabilización del depósito, el Contratista ha de entregar al Ingeniero Director un Plan de Obra en el que se estudien detenidamente las diferentes fases de la impermeabilización especificando con todo detalle, maquinaria, medios e instalaciones auxiliares, número de operarios en cada labor y plazos en que se ejecutarán los trabajos. El Ingeniero Director podrá introducir las modificaciones que estime oportunas, sin que éstas den derecho al Contratista a exigir modificaciones en los precios unitarios.

El Contratista garantizará a su costa, bien con las instalaciones y dispositivos definitivos o bien con los provisionales y desmontables que precisara, que las aguas procedentes de las tuberías de aducción, barranco y laderas no se introducirán en el interior del depósito hasta que la Dirección no dé por terminados los trabajos de impermeabilización.

El Contratista comunicará al Ingeniero Director las dimensiones de los rollos de fieltro y lámina delgada de impermeabilización a utilizar y los medios para su transporte, siendo este último quien decidirá los empalmes que se realizarán en taller o "in situ" y el tipo de éstos. Así mismo, podrá exigir del Contratista cuantos ensayos crea conveniente para comprobar que las características de estas juntas no son inferiores a las del fieltro y lámina base.

Previamente al hormigonado de las obras de fábrica: entrada de agua, de toma y desagüe de fondo y aliviadero, se extenderá sobre el hormigón de limpieza del fondo y cubriendo los encofrados laterales un "sandwich" formado por la lámina delgada de impermeabilización colocada entre dos fieltros antipunzonamiento, de tal forma que éstas queden totalmente aisladas del terreno.

La ejecución de la pantalla no podrá iniciarse sin que antes se hayan concluido las siguientes partes de la obra:

- Movimiento de tierras en formación del vaso.
- Drenaje del fondo del depósito.
- Conducto de toma y desagüe de fondo.
- Entrada de agua al depósito.
- Arqueta de toma y desagüe de fondo.
- Aliviadero.

En las excavaciones de las tres últimas obras y en toda la superficie del depósito, una vez preparada para la colocación de la pantalla y no antes, se aplicará un tratamiento con herbicida mediante pulverización homogénea realizada con máquina aspersora de mochila con una dotación de diez kilogramos por hectárea (10 kg/ha). Posteriormente se dará un riego de cinco litros de agua por metro cuadrado (5 l/m^2).

El Ingeniero Director después de realizar una detallada inspección del paramento de apoyo de la pantalla dará la autorización para el inicio de los trabajos, quedando obligado el Contratista a evitar cualquier tipo de tráfico sobre el mismo y otro tipo de acciones (piedras, aguas, herramientas, etc.) que puedan perjudicarlo antes y durante la ejecución de la impermeabilización. Recibida la autorización, el Contratista deberá estar preparado para la ejecución de la pantalla con rapidez y continuidad, incluso interrumpiendo los otros trabajos si fuera preciso.

3.7.2. Colocación del fieltro

En el programa de trabajo para la realización de las distintas tareas que incluye la impermeabilización deberá incluirse preceptivamente un plano de despiece de los rollos de fieltro antipunzonamiento cuyas características se definieron en el Artículo 2.12 del presente Pliego.

Cada rollo se identificará en el plano de despiece con un código, el cual deberá quedar reflejado de forma indeleble en el carrete del mismo desde su salida de fábrica, acompañándose dichos carretes de la documentación técnica precisa (fecha de fabricación, equipo, ensayos, etc.), para conocer toda su historia desde su origen.

El cosido de los rollos se realizará, salvo modificación expresa autorizada por el Ingeniero Director, de la forma siguiente:

- Se harán coincidir enfrentadas las dos caras superiores del fieltro en los respectivos bordes o extremos a coser.
- La costura no debe distar de ninguno de los extremos menos de tres centímetros (3 cm).
- Tanto la costura como los dos sobrantes o solapes deben de quedar bajo el fieltro; es decir, por la cara inferior.

Durante la extensión del fieltro y antes de los respectivos cosidos se cuidará que se adapte lo mejor posible a la geometría del vaso, que no queden tramos en tensión, ni pliegues innecesarios.

3.7.3. Colocación de la lámina

Se incluirá, un plano de despiece de las mantas, rollos o elementos que procederán de fábrica o taller, así como todas las juntas o empalmes a realizar in situ. Cada elemento se identificará en el plano de despiece con una referencia o código, el cual deberá quedar reflejado de forma indeleble en el mismo desde su salida de fábrica, el fabricante y/o instalador acompañará la documentación precisa para conocer toda la historia desde su fabricación (fecha de fabricación, equipo, juntas realizadas en fábrica, ensayos, etc.) de cada elemento.

Durante la ejecución de los trabajos de impermeabilización no se permitirá el paso de ningún tipo de tráfico que no sea exclusivamente el de los operarios que intervengan en los trabajos de impermeabilización, los cuales han de llevar calzado apropiado y previamente autorizado por la Dirección.

Durante la colocación el Contratista cuidará de evitar punzonamientos, cortes y desgarros en la lámina; si los hubiera, éstos quedarán perfectamente señalados hasta que la Dirección de la obra ordene su reparación o sustitución.

La lámina debe quedar sin ningún tramo en tensión y sin pliegues innecesarios; una vez terminada su colocación en todo el depósito, el Ingeniero Director realizará una detenida inspección de la mima para ordenar las reparaciones necesarias; éstas serán realizadas por el Contratista siguiendo rigurosamente, bajo su responsabilidad, las normas dictadas por el fabricante de la lámina.

3.7.4. Anclajes de la lámina a las obras de fábrica

La lámina se anclará a las obras de fábrica interiores al vaso mediante una pletina de acero inoxidable cada 0,12 m. atornillados en un taco de plástico embutido en el hormigón, según se define en los planos de detalles.

3.7.5. Anclaje en coronación y fondo

En el fondo, sobre la lámina, se colocará un lastre consistente en una línea de sacos colocados al tresbolillo formados por fieltro antipunzonamiento de fibra de poliéster de doscientos veinte gramos por metro cuadrado (22 g/m^2), rellenos con material granular que ha de cumplir las especificaciones del árido tipo "M4" definidas en el artículo 533.2.2. del "PG-3".) El saco, podrá fabricarse en obra mediante una costura lateral-fondo interior y otra anterior en la boca que se realizará una vez introducido el material granular. Para el cosido se utilizará hilo de poliéster de 0,3 mm de diámetro. Los sacos se colocarán una vez terminados con una densidad que garantice el peso por unidad de longitud exigido para cada línea de anclaje.

El anclaje de coronación se anclará mediante una zanja de 60 x 80 cm. Rellena de zahorra.

3.8. INSTALACION DE TUBERIAS DE FUNDICION Y ACERO PARA PRESION

En la instalación de las tuberías de fundición dúctil centrifugada y acero para presión, se ha de cumplir lo especificado en el Capítulo 10 del "Pliego general para tuberías de abastecimiento de agua" en los Artículos siguientes:

- Transporte y manipulación.
- Zanjas para alojamiento de tuberías.
- Montaje de tubos y relleno de zanjas.
- Juntas.
- Sujeción y apoyos en codos, derivaciones y otras piezas.

La ejecución se realizará conforme a las especificaciones de los Planos y a los detalles constructivos que considere procedentes el Ingeniero Director, especialmente:

Los tramos de las conducciones que irán:

a) Enterrados,
b) Apoyados sobre el terreno,
c) Sobre apoyos de hormigón,
d) En pasos de cauces, y
e) Para salvar accidentes localizados.

- La posición y geometría de los apoyos y macizos de anclaje.
- Las conexiones con otras conducciones.
- Los pasos bajos o sobre canales, caminos, barranquillos, etc.

3.8.1. Juntas en las tuberías de fundición

A excepción de los lugares en que expresamente se especifique en los Planos, las juntas a realizar en las tuberías de fundición serán:

- La patentada como tipo "STANDARD", en la unión de todos los tubos entre sí.

Esta junta empalma dos tubos haciendo penetrar por fuerza el extremo liso de uno en la enchufe del otro, previamente provisto de un anillo de junta de elastómero. La compresión de este anillo asegura la estanqueidad de la junta. Será preciso en todo caso que el extremo liso presente un chaflán que permita encajar el tubo en el enchufe sin riesgo de deteriorar el anillo de junta, extremo que habría que vigilar cuidadosamente en los tubos recortados en obra.

- La patentada como tipo "EXPRESS", en la unión en que intervengan piezas especiales como codos, tes, conos de reducción, etc.

Esta junta une dos piezas terminadas específicamente por un enchufe y una espiga de unión, obteniéndose la estanqueidad por la compresión de un anillo de junta alojada en el enchufe por medio de una contrabrida apretada por pernos, que se apoyan en el collarín exterior del mismo.

En todas las canalizaciones y en los lugares en que indique el Ingeniero Director se dispondrá un tipo de junta, que podrá ser la patentada como "G.G.S.", la cual permitirá el desmontaje, reparación y observación de las canalizaciones. Esta junta se situará cada trescientos metros (300 m).

En los lugares en que se indique expresamente en los Planos la junta a realizar será mediante bridas, disponiéndose para ello del correspondiente conjunto constituido por una brida-enchufe y una brida-ciega.

La presión de trabajo de todas las juntas anteriormente descritas será de treinta atmósferas (30 atm).

3.8.2. Juntas en las tuberías de acero

Las juntas en las tuberías de acero se realizarán con carácter general mediante bridas y la interposición entre las dos coronas de un elastómero.

En las tuberías de acero galvanizado, de diámetro de cinco pulgadas (5") e inferiores, donde no se especifique en el precio "unión con bridas", la junta a realizar será mediante anillas roscadas del mismo material.

La presión de trabajo de todas las juntas en las tuberías de acero será como mínimo igual que la especificada para la tubería que es objeto de la unión.

3.8.3. Montaje de los aparatos de valvulería

El montaje de todos los elementos de valvulería (válvulas, ventosas, válvulas de retención, contadores, bombas, etc.) se realizará mediante bridas de tal manera que sea posible en todo momento la retirada de cualquiera de estos aparatos. En las tuberías de fundición dúctil centrifugada se utilizará el conjunto constituido por una brida-enchufe y una brida-espiga.

El Contratista podrá realizar otro tipo de junta, previa autorización del Ingeniero Director.

La presión de trabajo de los elementos de unión de los aparatos de valvulería será como mínimo igual que la especificada para dichos aparatos.

3.9. CUNETAS TRIANGULAR Y RECTANGULAR DE HORMIGON

Tendrán las características y dimensiones definidas en los Plano.

Hecha la correspondiente apertura, se humectará y compactará el terreno y mientras éste permanezca húmedo se procederá al hormigonado de las losas por tramos alternos de dos metros (2 m) de longitud; no se hormigonarán dos tramos consecutivos sin que hayan transcurrido al menos cuarenta y ocho horas (48 h).

3.10. VALLA DE CERRAMIENTO

Estará constituida por malla metálica de dos metros (2 m) de altura, siendo los elementos de sostenimiento y anclaje tubos de acero galvanizado de dos pulgadas (2") de diámetro interior. Los tubos de sostenimiento irán situados a una distancia máxima de tres metros (3 m). En todas las esquinas irán situados unos tubos de anclaje a cuarenta y cinco grados (45') a ambos lados de la misma. Todos los tubos se anclarán al terreno mediante macizos de hormigón H-150 de forma cúbica de cincuenta centímetros (50 cm) de arista.

Como coronación de la valla se sitúan en un plano a cuarenta y cinco grados (45') tres líneas de alambre de espinos que irán anclados a cada uno de los tubos de sostenimiento.
Se dispondrán puertas de entrada del mismo material para el paso de vehículos y personas.

3.11. EJECUCION DE UNIDADES DE OBRA NO INCLUIDAS EN EL PLIEGO

Las unidades de obra no incluidas expresamente en el Pliego o en los Planos, se ejecutarán de acuerdo con lo sancionado por la costumbre como reglas de buena construcción y las indicaciones que sobre el particular señale el Ingeniero Director.

CAPITULO IV.- MEDICION Y ABONO

4.1. NORMAS GENERALES SOBRE MEDICION Y ABONO DE LAS OBRAS

Todas las unidades de obra se medirán y abonarán por volumen, por superficie, por metro lineal, por kilogramos o por unidad, de acuerdo a como figuren especificadas en el Cuadro de Precios Número Uno (1).

Si el Contratista construye mayor volumen de cualquier clase de fábrica que el correspondiente a los dibujos que figuran en los planos, o de sus reformas autorizadas (ya sea por error, por su conveniencia, por alguna causa imprevista o por cualquier otro motivo), no le será de abono ese exceso de obra. Si, a juicio de la Dirección de la obra, ese exceso de obra resultase perjudicial, el Contratista tendrá la obligación de demoler la obra a su costa y rehacerla nuevamente con las dimensiones debidas.

Siempre que no se diga expresamente otra cosa en los precios o en el Pliego de Condiciones, se consideran incluidos en los precios del Cuadro número uno (1) la limpieza de las obras, los encofrados, equipo de maquinaria y los medios e instalaciones auxiliares y todas las operaciones necesarias para terminar perfectamente la unidad de la obra de que se trate.

Es obligación del Contratista la conservación de todas las obras y, por consiguiente, la reparación o construcción de aquellas partes que hayan sufrido daños o se compruebe que no reúnen las condiciones exigidas en este Pliego. Para estas reparaciones se atendrá estrictamente a las instrucciones que reciba de la Dirección de la Obra. Esta obligación de conservar las obras se extiende igualmente a los acopios que se hayan certificado. Corresponde, pues, al Contratista, el almacenaje y guardería de los acopios y la reposición de aquellos que se hayan perdido, destruido o dañado, cualquiera que sea la causa.

Los posibles abonos a cuenta de materiales acopiados, equipo e instalaciones quedan al criterio de la Corporación contratante, no pudiendo el Contratista reclamar nada al efecto si fuese denegada su preceptiva petición; en caso de realizarse se hará conforme a las cláusulas 54 a 58 del PCAG.

4.2. DESMONTE EN ZONA DEL VASO

Corresponde a la excavación definida en el Artículo 3.2. 1.

Se abonará por metros cúbicos (m^3) realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos y los datos finales, tomados inmediatamente después de concluidos.

En el precio está comprendido: el desbroce del terreno, los agotamientos, la selección y transporte del material para su utilización en la formación de terraplenes y pedraplenes, el transporte a vertedero de los materiales sobrantes y desechables, los acopios de material que por necesidades de la obra fuera necesario realizar antes de su posterior utilización en la formación de terraplenes o pedraplenes. Está también incluidos en el precio la nivelación, refino y compactación de la superficie final excavada del fondo del vaso y vía de coronación en materiales refinables.

4.3. DESMONTE FUERA DE LA ZONA DEL VASO

Se abonará por metros cúbicos (m^3) realmente excavados, en desmonte, trinchera o zanja de ancho mínimo superior a dos metros (2 m^3).

El volumen de abono se obtendrá por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos y los datos finales, tomados inmediatamente después de concluidos.

En el precio está comprendido: el desbroce del terreno, los agotamientos, la selección y el transporte.

4.4. DESMONTE DE PRESTAMOS

Todos los gastos, permisos y licencias, daños y perjuicios que ocasione la apertura de los préstamos y la adecuación de su estado final a las condiciones establecidas en el Artículo 3.2.3. serán por cuenta del Contratista.

4.5. EXCAVACION DE ZANJA, CIMIENTOS Y POZOS

Esta unidad corresponde a las excavaciones en zanja, cimientos y pozos realizadas según las especificaciones de los artículos 3.2.4. y 3.2.5. y no incluidas en las unidades de los artículos 4.2, 4.3 y 4.4.

Se abonará por metros cúbicos deducidos a partir de las secciones teóricas. Los excesos a estas secciones sólo se abonarán cuando hayan sido ordenados por escrito por el Ingeniero Director.

En el precio se incluye el desbroce del terreno, la entibación, el agotamiento, el relleno compactado entre la obra y el terreno y el transporte a vertedero de los productos sobrantes.

4.6. TERRAPLENES Y PEDRAPLENES

Se abonarán por metros cúbicos (m^3) realmente ejecutados, medidos por diferencia entre los perfiles iniciales y los tomados inmediatamente después de completar correctamente el terraplén o pedraplén.

A efectos de abono no se diferenciarán los terraplenes de los pedraplenes, ni la zona o situación de los mismos.

En los precios anteriores están comprendidas todas las operaciones definidas en los Artículos 3.3.l., 3.3.2. y 3.3.4., incluso el material para su realización.

4.7. REFINO Y COMPACTACION DE TALUDES INTERIORES DEL VASO.

Corresponde a la unidad definida en el Artículo 3.3.3.

Se abonará por metros cuadrados realmente ejecutados, medidos sobre la superficie teórica definida en los Planos.

En el precio se incluyen todas las operaciones definidas en el antedicho Artículo 3.3.3. del presente Pliego.

4.8. RELLENOS LOCALIZADOS

Se abonarán por metros cúbicos (m^3) deducidos a partir de las secciones de excavación teóricas más los excesos autorizados, y las secciones de los elementos que se introduzcan en dicha excavación.

En el precio está comprendido el material a pie de tajo, la humectación y la compactación.

4.9. HORMIGONES EN MASA Y ARMADOS

Se abonarán por metros cúbicos (m^3) medidos en las secciones y detalles de los Planos del Proyecto y aquellas que específicamente ordene el Ingeniero Director.

En el caso del hormigón utilizado en rellenos de sobreanchos ordenados por el Director, se medirá por diferencia entre los datos iniciales antes de empezar los trabajos y los datos tomados una vez terminados éstos. En las capas de r regularización u hormigón de limpieza el volumen abonable se medirá sobre planos.

En el precio correspondiente está comprendido: la fabricación, el transporte y puesta en obra por vibración del hormigón, la maquinaria auxiliar, el curado y acabado. Está incluido también el embeber las canalizaciones, carcasas y demás elementos localizados definidos en los Planos. En los precios en que se especifica así en el Cuadro de Precios Número Uno (1) estará también incluido el encofrado y desencofrado.

4.10. ACERO EN ARMADURAS DE HORMIGON ARMADO

Se abonará por kilogramos (kg) realmente colocados medidos sobre las secciones del Proyecto, cualquiera que sea el tipo y situación del elemento de obra de hormigón.

En el precio está incluido el corte, doblado, colocación, ataduras, material de recorte y maquinaria auxiliar.

4.11. TUBERIAS DE DRENAJE DE P.V.C.

Se abonarán por metros lineales (ml) realmente colocados medidos sobre la base de los Planos de planta del Proyecto.

En el precio se incluye el transporte, acopio, colocación, montaje, uniones, piezas especiales, nivelación, pruebas y cuantas operaciones y piezas sean necesarias para dejar la tubería en perfectas condiciones de servicio.

4.12. HERBICIDA

Se abonará por kilogramo (Kg.) realmente extendido.

En el precio están incluidas las operaciones necesarias, herramientas y medios auxiliares a utilizar para su perfecta aplicación

4.13. FIELTRO ANTIPUNZONAMIENTO

Se abonará por metros cuadrados (M^2) realmente ejecutados medidos en las secciones y plantas de los Planos.

En el precio se incluyen los solapes, la realización de las juntas, y todas aquellas operaciones que fueran necesarias para su completa instalación (v. Artículos 3.10.1. y 3.10.2. del presente Pliego).

4.14. LAMINA DE IMPERMEABILIZACION DE E.P.D.M DE UNO COMA DOS (1,2) MILIMETROS DE ESPESOR

Se abonará por metros cuadrados (m^2) realmente ejecutados medidos en las secciones y plantas de los Planos.

En el precio se incluyen todas las operaciones descritas en los Artículos 3. 10. 1. y 3.10.3. y en particular los solapes, realización de las juntas y adaptación a la geometría de las obras de fábrica excesos en los anclajes es y cuanto fuese necesario para su completa instalación.

4.15. ANCLAJE DE LA LAMINA A LAS OBRAS DE FABRICA

Se abonará por metros lineales (ml) realmente ejecutados medidos en obra una vez realizados conforme a las determinaciones de los Planos.

4.16. SACOS DE FIELTRO ANTIPUNZONAMIENTO PARA ANCLAJE EN FONDO.

Corresponde a cada uno de los sacos de fieltro antipunzonamiento utilizados como lastre para anclaje en el fondo del depósito.,

Se abonará, por unidades (ud) realmente ejecutadas y dispuestas correctamente en el fondo.

En el precio se incluye la fabricación del saco con fieltro antipunzonamiento, el relleno con material granular, transporte y todas aquellas operaciones que fueran necesarias para su colocación.

4.17. PRETIL DE CORONACION

Se abonará por metros lineales (ml) realmente ejecutados con la sección definida en los Planos medidos en la obra.

En el precio se incluye la fabricación, transporte y puesta en obra por vibración del hormigón H-175, encofrado y desencofrado, instalación de canalizaciones interiores, curado, acabado y todas aquellas operaciones que fueran necesarias para su colocación.

4.18. CAPA DE PROTECCION SOBRE LA LAMINA DE IMPERMEABILIZACION

Se abonará, por metros cuadrados (m^2) realmente ejecutados medidos sobre los planos de planta y secciones del Proyecto.

4.19. TUBERIAS DE FIBROCEMENTO PARA SANEAMIENTO

Se abonarán según el diámetro de la tubería, por metros lineales (ml), realmente colocados y medidos en la obra.

4.20. TUBERIAS DE FUNDICION Y ACERO

Se abonarán por metros lineales (ml) realmente colocados y medidos en la obra.

Se considerarán incluidos en el precio anterior todas aquellas piezas cuya misión sea la de pasar del tipo de unión STANDARD y ANILLAS a la unión con bridas y viceversa.

Será objeto de abono aparte exclusivamente las piezas especiales con uniones con bridas, que se instalen en el interior de las diferentes arquetas y casetas, y que vienen definidas en los Planos.

4.21. VALVULAS

Las válvulas, se abonarán por unidades (ud) colocadas, incluyéndose en el precio las uniones y todos los accesorios necesarios para que puedan entrar en funcionamiento.

4.22. SUBBASE GRANULAR

Se abonará por metros cúbicos (m^3) realmente ejecutados medidos en las secciones tipo señaladas en los Planos.

En el precio se incluyen la preparación de la superficie existente, el transporte y acopio del material y la extensión, humectación y compactación de las tongadas.

4.23. CUNETAS TRIANGULAR Y RECTANGULAR DE HORMIGON

Se abonarán por metros lineales (ml) realmente ejecutados sobre el terreno.

En el precio se incluye la excavación de la apertura, humectación, compactación y refino de la misma, el hormigonado y curado del hormigón, así como el encofrado, desencofrado y formación de juntas y acabado.

4.24. JARDINERIA

La aportación de tierra vegetal se abonará por metros cúbicos (m 3 realmente colocados medidos sobre el terreno previamente a la plantación. En el precio se incluye el transporte y colocación de la misma.

4.25. VALLA DE CERRAMIENTO

Se abonará por metros lineales (ml) realmente ejecutados y medidos en la obra.

En el precio se incluyen la malla, tubos de acero galvanizado de sostenimiento y anclaje, alambre de espinos, excavación y hormigonado de las bases, las puertas de entrada y todas aquellas maniobras, necesarias para la completa colocación y terminación.

4.26. CONCEPTOS INCLUIDOS EN EL PRECIO DE LAS UNIDADES DE OBRA

En los precios de las distintas unidades de obra y en los de aquellas que han de abonarse por Partidas Alzadas se entenderá que se comprende el de la adquisición de todos los materiales necesarios, su preparación y mano de obra, transporte, montaje, colocación, pruebas, pinturas, toda clase de operaciones y gastos que han de realizarse y riesgos o gravámenes que puedan sufrirse aún cuando no figuren explícitamente en el Cuadro de Precios.

Cuando para la colocación en obra u operaciones ulteriores a la ejecución haya necesidad de emplear nuevos materiales o de realizar operaciones complementarias y no se consignen al efecto en el Presupuesto Partidas Alzadas, se entenderá que en los precios unitarios correspondientes se hallan comprendidos todos los gastos que con tales motivos se puedan originar. En especial en el caso de las fábricas, si no existen dichas partidas, se entenderá que en su precio se comprende el valor del agua para conservarlas con el grado de humedad requerido y empapar en grado conveniente cuando sea necesario el terreno sobre el cual ha de apoyarse, de los morteros para las uniones con otras ya construidas, el de la

limpieza de éstas y el de las demás operaciones necesarias para su buena trabazón; igualmente en el precio de los hierros y piezas que deban empotrarse, se considerará que va incluido el valor del mortero, cemento o plomo que en ello deban emplearse, así como el de la apertura de cajas y demás trabajos necesarios para verificar el empotramiento en las condiciones fijadas.

Los precios serán invariables, cualquiera que sea la procedencia de los materiales y la distancia de transporte, con las excepciones expresamente consignadas en este Pliego.

4.27 GASTOS DIVERSOS POR CUENTA DE LA CONTRATA

Referente a la obra especificada en el presente Pliego de Condiciones, serán por cuenta del Contratista los gastos originados por los siguientes conceptos:

- Obtención de muestras para determinar las características de los diferentes materiales a utilizar en la obra.
- Ensayos de terraplenes y pedraplenes experimentales o auxiliares para determinar y comprobar los métodos de compactación que proponga, sin exceptuar los propuestos por la Dirección de la Obra.
- Ensayos o certificados oficiales de los mismos, si ya hubieran sido realizados, que acrediten la bondad de los materiales que se propongan para la impermeabilización.
- Toma de muestras para comprobación de la calidad de la obra realizada.
- Acondicionamiento y gastos de funcionamiento de la oficina de obra.
- Mantenimiento de la obra en las condiciones especificadas para las distintas fases.

4.28. MEDIOS AUXILIARES

El Contratista se halla obligado a emplear en la ejecución de las obras cuantos medios auxiliares sean necesarios para que se ajusten a lo prescrito en los capítulos correspondientes de este Pliego.

Todos los medios auxiliares necesarios serán de cuenta del Contratista, así como cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por causa de averías o accidentes personales ocasionados en la obra por insuficiencia o mal empleo de los citados medios auxiliares.

Todos los medios auxiliares utilizados aún siendo propiedad del Contratista no podrán ser retirados de obra hasta que no sean necesarios para su ejecución, ajuicio del Ingeniero Director.

4.29. UNIDADES NO ESPECIFICADAS EN ESTE PLIEGO

La valoración de las obras no expresadas en este Pliego se verificará aplicando a cada una la unidad de medida que más le sea apropiada y en la forma y con las condiciones que estime justas la Dirección de la obra, multiplicando el resultado final por el precio correspondiente.

En el Cuadro de Precios Número Uno se incluyen los precios de una serie de unidades que es posible sea preciso realizar, para hacer frente a imponderables o imprevistos que surjan durante la ejecución de la obra.

4.30. ABONO DE LAS OBRAS

Se cumplirá lo especificado en el Capítulo III del PCAG.

4.31. PRECIOS CONTRADICTORIOS

Se cumplirá lo especificado en la Cláusula 60 del PCAG.

4.32. FORMULA DE REVISION DE PRECIOS

Salvo modificaciones al respecto introducidas en el Pliego de Condiciones Económico-Administrativas Particulares, será de aplicación la fórmula polinómica de lo dispuesto en el R.d. 2/2000 de Contratos de la Administración Pública.

CAPITULO V.- DISPOSICIONES GENERALES

5.1. NORMAS GENERALES DE APLICACION

Además de lo especificado en el Pliego de Cláusulas Económico-Administrativas Particulares del Contrato, el Contratista queda obligado a cumplir lo dispuesto en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En lo no contemplado por él se seguirá lo dispuesto en las siguientes normas:

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (P.G.3.), aprobado por Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976.
- Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de obras de EHE, aprobado por Real Decreto ..
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua, de 28 de julio de 1973.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de cementos (RC-88).
- En general, cuantas prescripciones figuren en los Reglamentos, normas, instrucciones y pliegos oficiales, vigentes durante el período de ejecución de las obras, que guarden relación con las mismas, sus instalaciones auxiliares o con los trabajos para ejecutarlos.

5.2. DIRECCION DE LA OBRA

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 4 del "P.C.A.G.

Las funciones del Director, en orden a la dirección, control y vigilancia de las obras que fundamentalmente afectan a sus relaciones con el Contratista, son las siguientes:

- Exigir al Contratista, directamente o a través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Garantizar la ejecución de cada una de las obras con estricta sujeción al Proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas, y el cumplimiento del programa de trabajos.
- Definir aquellas condiciones técnicas que los Pliegos de Prescripciones correspondientes dejan a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del Contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del Contrato o aconsejen su modificación, tramitando, en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución de las obras y ocupación de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso; para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.

- Acreditar al Contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del Contrato.
- Participar en las recepciones provisional y definitiva y redactar la liquidación de las obras, conforme a las normas legales establecidas.

El Contratista estará obligado a prestar su colaboración al Director para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

5.3. CONTRATISTA Y SU PERSONAL

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 5 del "P.C.A.G.

5.4. RESIDENCIA DEL CONTRATISTA

El Contratista estará obligado a comunicar a la Administración, en un plazo de quince días contados a partir de la fecha en que se le haya notificado la adjudicación definitiva de las obras, la residencia de su Delegado, así como la de los dos técnicos de grado medio que estén bajo su dependencia.

5.5. OFICINA DE OBRA

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 7 del "P.C.A.G." para la Oficina de obra del Contratista.

La Dirección de obra ha de disponer para su uso exclusivo de dos habitaciones de las dimensiones que ésta ordenara y que se habilitarán mediante paneles divisorios de carácter provisional. La misma, que ha de construirse al comienzo de las obras, estará dotada, por cuenta del Contratista, de al menos el mobiliario de dos despachos, una mesa de dibujo, radioteléfono (conectado a la red provincial), estanterías, materiales de escritorio, una copia de todas las normas a que se hacen referencia en el presente Pliego, y todos aquellos aparatos topográficos que hicieran falta durante la realización de las obras.

5.6. ORDENES AL CONTRATISTA

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 8 del "P.C.A.G.".

5.7. PRESENTACION DEL PROGRAMA DE TRABAJO

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 27 del "P.C.A.G.".

El Contratista estará obligado a presentar un programa de trabajo en el plazo de un mes contado a partir de la fecha de adjudicación definitiva.

5.8. EQUIPO Y MAQUINARIA

Será de aplicación lo dispuesto en las Cláusulas 28 y 29 del "P.C.A.G.".

El Contratista solventará los posibles problemas de acceso de la maquinaria a los diferentes tajos que componen las obras. Así mismo, habrá de prever a su costa la retirada de todo el equipo y maquinaria del interior del Depósito una vez finalizadas las obras sin que tenga derecho a indemnización alguna si para ello requiriese efectuar obras accesorias.

5.9. CONTROL DE CALIDAD

La Dirección de la obra podrá ordenar que se verifiquen los ensayos, pruebas y análisis de materiales y unidades de obra que en cada caso resulten pertinentes. Así mismo, podrá

nombrar a los vigilantes a pie de obra que estimara convenientes para la debida inspección de las obras.

Los gastos originados por los conceptos anteriores serán de cuenta del Contratista hasta un importe máximo del uno por ciento (1 %) del Presupuesto de Ejecución por Contrata de las Obras. A los efectos de dicho límite presupuestario no computarán los gastos ocasionados por la construcción, control y vigilancia de los terraplenes y pedraplenes experimentales que correrán a su vez íntegramente por cuenta del Contratista.

Además del control de calidad y de la vigilancia de la ejecución de las obras a que se refieren los párrafos anteriores al Contratista establecerá, por su cuenta y riesgo, cuantos controles en la calidad de la producción estime convenientes para asegurar el resultado positivo de las pruebas y ensayos ordenados por la Dirección de la obra.

5.10. OBRAS DEFECTUOSAS 0 MAL EJECUTADAS

Será de aplicación lo dispuesto en las Cláusulas 43 y 44 del "P.C.A.G.".

5.11. VERTEDEROS

El Contratista propondrá al Ingeniero Director la localización y forma de explotación de uno o varios vertederos para los productos resultantes de excavaciones, demoliciones y limpieza que no utilice éste en la obra. La situación de éstos, así como las condiciones de explotación, han de ser aprobados previamente por la Dirección.

En ningún caso el Contratista podrá exigir un pago en concepto de transporte adicional ni de canon por explotación de estos vertederos.

Los gastos de ocupación de los terrenos y de los accesos a las zonas de vertedero, así como los trabajos de nivelación, ataluzado, drenaje y acondicionamiento de los escombros serán de cuenta del Contratista.

5.12. SERVIDUMBRE

Será de aplicación lo dispuesto en la Cláusula 20 del "P.C.A.G.".

Las obras se ejecutarán de forma que el tráfico ajeno a la obra, en las zonas en que ésta afecta a carreteras, caminos y servicios existentes encuentre en todo momento un paso en buenas condiciones, ejecutándose si fuera preciso y a expensas del Contratista, pasos provisionales para desviarlo.

Mientras dure la ejecución de las obras se colocarán en todos los puntos donde sea necesario y a fin de mantener la debida seguridad del tráfico, las señales y el balizamiento preceptivo de acuerdo con la O.C. 8.1.I.C. de 15 de julio de 1962 y modificaciones posteriores. La permanencia y vigilancia de estas señales deberán estar garantizadas por los vigilantes necesarios. Las señales y su mantenimiento serán a cargo del Contratista.

5.13. PERMISOS Y LICENCIAS

El Contratista deberá obtener todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución de las obras, con la excepción de los correspondientes a las expropiaciones de las zonas afectadas por la obra definitiva, debiendo abonar todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de aquellos permisos. Así mismo, abonará a su costa todos los cánones para la ocupación temporal o definitiva de terrenos para instalaciones, explotación de canteras o vertederos y obtención de Materiales.

5.14. LIMPIEZA DE LAS OBRAS

Es obligación del Contratista realizar por su cuenta todos los trabajos que indique el Ingeniero Director tendentes a mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros, basuras, chatarra y demás materiales sobrantes.

Una vez que las obras se hayan terminado, todas las edificaciones, obras e instalaciones construidas con carácter temporal para el servicio de la obra, que no pueden ser incorporadas a la explotación, deberán ser removidas. Todo ello se ejecutará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas. Todos estos trabajos no serán objeto de abono directo.

5.15. RIESGO Y VENTURA DEL CONTRATISTA

La ejecución del Contrato se realizará a "riesgo y ventura" del Contratista en las condiciones que se establecen en el R.D. 2/2000.

Durante la ejecución de las obras el Contratista dispondrá a su costa de todas aquellas medidas cautelares precisas para garantizar que la escorrentía y avenidas de lluvias imprevistas pudiesen ocasionar daños en las obras o dificultar los trabajos, recomendándose específicamente disponer en el Depósito Regulador los elementos de achique necesarios para evacuar cualquier tipo de acumulación de agua en su interior.

5.16. PLAZO DE EJECUCION

Las obras objeto del presente Proyecto deberán estar terminadas en un plazo máximo de "en letra" (número) MESES, a partir del día siguiente al de la autorización para iniciar las obras por el Ingeniero Director en el Acta de Comprobación del Replanteo.

5.17. CONCLUSION DEL CONTRATO

Será de aplicación lo especificado en el Capítulo VI del "P.C.A.G.".

5.18. PLAZO DE GARANTIA

Salvo modificaciones al respecto introducidas en el Pliego de Condiciones Económico-Administrativas Particulares, el plazo de garantía de todas las obras será de un (1) año.

5.19. OBLIGACIONES SOCIALES, LABORALES Y ECONOMICAS DEL CONTRATISTA

Será de aplicación lo dispuesto en las Cláusulas 1 1 a 19 dei "P. C. A. G. " y en los Artículos contemplados en el R.D. 2/20000.

El Contratista está obligado a cumplir todas las vigentes normas de seguridad en el trabajo y cuantas indicaciones sobre esta materia haga el Ingeniero Director

8. CERTIFICACION Y SEGUIMIENTO.

Durante la ejecución de la obra, el contratista pasará una relación valorada de aquellas unidades que lleva realmente ejecutada (facturas) y serán abonadas a buena cuenta, hasta las mediciones finales, de acuerdo según el Plan de la Obra.

9. LIQUIDACION.

Una vez concluida la obra, se medirán todas las unidades al origen y se hará un balance de lo ejecutado realmente, realizando la última valoración, denominada "liquidación", pudiendo en el caso de las inversiones realizadas por la Administración, alcanzar un 10 % de incremento con respecto a lo proyectado.

10. GARANTIAS.

En aquellas obras que se incluyeron con cláusulas de fianzas, avaladas por entidades bancarias, una vez transcurrido el plazo estipulado (normalmente un año), se darán las oportunas rescisiones de tales garantías administrativas.

Capítulo 9.

DIRECCIÓN DE LA OBRA.

Y así fue. A lo seco lo llamó Dios tierra y al cúmulo de las aguas lo llamó mares.

Y vio Dios que era bueno.

Génesis.

1. EL PROMOTOR.

2. LA FIGURA DEL CONTRATISTA O EMPRESA CONSTRUCTORA.

3. EL CONTRATO DE OBRA.

4. DIRECCION DE OBRA.

4.1. Función.

4.2. Funciones de Direcciones de Obras.

4.3. Contratos de carácter Público. Especificaciones.

4.3.1. Aprobación de bases, crédito y plazos de presentación, selección, adjudicación.

4.3.2. La adjudicación de la obra.

4.3.3. Acta de replanteo.

4.3.4. Libro de ordenes.

4.3.5. Certificación a buena cuenta.

4.3.6. Modificado.

4.3.7. Recepción de la obra.

4.3.8. Plazo de garantía.

4.3.9. Mediciones finales.

4.3.10. Responsabilidad Civil y Penal.

4.3.11. Responsabilidad en el ejercicio de cargo público.

5. REFERENCIAS EN LA EJECUCION.

5.1. Al proyecto.

5.2. A la legislación.

5.3. A la Normativa.

5.3.1. Referencias.

1. EL PROMOTOR.

El promotor es el agente o los agentes que poseen intereses en la promoción de un Proyecto.

El promotor puede ser persona física o jurídica (Comunidad de Regantes) la que promueve la construcción de la balsa, pudiendo realizarlo de modo directo (con sus recursos, subvencionados) o bien indirectos (Administración que luego cede a terceros).

En la fórmula de cesión de la Administración, puede llevar cláusulas de obligaciones de la cesión del bien construido, como es el mantenimiento, póliza de seguro de responsabilidad civil y penal en caso de roturas, etc.

2. LA FIGURA DEL CONTRATISTA O EMPRESA CONSTRUCTORA.

Para realizar la construcción de una balsa, suele a veces requerirse la colaboración de más de una empresa, normalmente movimiento de tierras y colocación de tuberías y colocación (compra independiente o suministro propio) de la geomembrana.

En general la tendencia es realizar un solo contrato con empresas que ejecutan todo, especializadas en el sector y que suelen subcontratar partes de la obra. El contratar con una sola empresa posee garantizar toda la obra.

La forma de concurrencia en la estructura del mercado es cercana al oligopolio (algunas empresas que ofertan y muchos demandantes). La competencia de estas empresas se asocia, con frecuencia, a la idea de productos diferenciados (PEAD/EPDM) y garantías de calidad. La rivalidad u oposición entre dos o más empresas es más ficticia que real y su objetivo es el claro concepto del beneficio.

Cuando la Empresa oferta un importe total o parcial de la obra posee un triple concepto de tal precio.

1) Precio de venta de la obra para elaborar la oferta (admitiendo beneficios supuestos); 2) Conocimiento de costos probable de la obra (materias primas, personal, maquinaria); 3) Coste real de la obra (ajustables al final).

A estos propósitos probables del estudio de una obra hay que añadir otros dos:

1) Conocer el importe a certificar en un momento dado, propósito común a proyectista y constructora.

2) Periodificar el coste probable. Interesa sólo a la Constructora.

A éstas necesidades responde la Planificación como forma de prever costes, según los distintos objetivos que marcan cada etapa.

	Cantidades previstas en proyecto.	Cantidades facturables	Cantidades reales.	Cant. Previstas de ejecución.	Cant. Reales de ejecución.
Precios previstos de ventas	PRESUPUESTO.	CERTIFICACION.			
Precios previstos de costes				OBJETIVO.	PLANIFICA-CIÓN.
Pr. reales			COSTE REAL.		

En general se tratan de analizar los costes de financiación para ajustar la curva de beneficios. Hay que considerar la existencia dependiente de las industrias de láminas de geomembranas, de las que dependen cerca del 50 % del costo de la construcción de la balsa.

En general no suelen darse soluciones colusivas del dúo polio (cartel, es decir, acuerdos entre los mismos), pudiendo a veces violarse acuerdos tácitos y vigilados. El precio puede situarse en cualquier punto entre el nivel competitivo y el monopolístico, y además, puede variar de forma notable a lo largo del tiempo. He podido constatar precios de mercado de 5 € en PEAD de 2 mm, rebajarse a 4 €, rompiéndose el equilibrio existente en ese momento al admitirse nuevos competidores en el mercado (riesgo de referencias).

Sin embargo la quiebra de precios es superficial en las láminas impermeables, siendo la tónica precios fijos que suelen tener establecidos sus "precios máximos" que dependen de inflaciones y costos financieros, más que de costos de explotación sin riesgo de mercado (es decir, que no incidan en la capacidad para contratar con éxitos nuevas obras).

Hay que reflexionar en el problema especifico del oligopolio de "falsas" luchas de precios. En el caso de precios bajos se establecen temporalmente para realizar quiebras de empresas (industrias) para expulsarlas como empresas rivales, lo que suele implicar una inestabilidad en el mercado de geomembranas, para luego subir con el pretexto de la dependencia del sector del petrolero, mayores espesores o mejoras de calidad.

De aquí se desprende la necesidad de innovar con investigación nuevos productos que independicen y liberen este sector. La publicidad de nuevas marcas diferenciadas con mejor calidad y diseño, es buena porque al pretender introducirse en el mercado al objeto de desplazar a las existentes, alivian momentáneamente el sector. Aunque se pueda pensar que es un despilfarro los costos de publicidad, permiten movilizar bajas de precios y por tanto, producir más económicamente.

En cuanto las demás actividades (movimiento de tierras, obras de fábricas, conducciones, etc.) suele ser por si competitivo, desplazándose las empresas mal gestionadas a la larga.

El contratista adjudicatario de éste tipo de obra, deberá de estar clasificado en los siguientes grupos, subgrupos y categorías (Registro Oficial de Empresas clasificadas dependiente del Mº de Hacienda y Registros Oficiales de Empresas Clasificadas en las C.A.)

Grupo	Subgrupo.	Categoría.
E	2	e
G	7	e
I	9	d

3. EL CONTRATO DE OBRA.

La consideración del promotor: particular o jurídico, privado o público, determinará las condiciones del acuerdo con la empresa adjudicataria. El carácter de sus condiciones puede ser referenciadas al Pliego de Condiciones Especiales del Proyecto.

Los contratos de ejecución de obras suelen hacerse sin escritura pública. En caso de litigio será el procedimiento Civil o Administrativo (excesivas prerrogativas) la que resuelva.

4. DIRECCION DE OBRA.

4.1. Función.

Dentro del equipo humano que compone la ejecución de la obra, se encuentra enclavado en su máxima responsabilidad de ejercicio profesional, la Dirección de Obra, generalmente Ingeniero Agrónomo. Puede asumir también la función de dirección del Proyecto y la de Obras, que llevará a buen término.

Aún a pesar de ser importante la función de Dirección, no suele ser menor la del resto del equipo: Ayudante Dirección Técnica, normalmente Ingeniero Técnico Agrícola (ITA), Jefe de Obra (generalmente ITA), Encargado, Capataz, Oficiales, Maquinistas y Peones de la Empresa constructora. Cada uno de ellos es de por sí imprescindible y no reemplazable. Sin embargo, por complejos entramados sociológicos, es la figura del jefe de obra la que enlaza con todos los miembros humanos (incluido colectividades usufructuarias), entendiendo y aunando las distintas aptitudes y capacidades para objetivizar los resultados deseados.

4.2. Funciones de Direcciones de Obras.

- Dirección del Proyecto.
- Llevar a cabo el control de la ejecución de la obra.
- Velar por los intereses de los promotores.
- Informar de la marcha de los trabajos a su superior (Jefe de servicio en caso administración) o a sus clientes (particular, empresa agraria, comunidad de bienes, de regantes etc.).
- Realizar la liberación de los pagos (certificación a cuenta).
- Comprobar las medidas de seguridad adoptadas.
- Deliberar las soluciones técnicas que se puedan desviar de lo proyectado.

4.3. Contratos de carácter Público. Especificaciones.

El modelo clásico de contratación de la Administración, es de momento (la teoría del modelo neoinstitucional tiende a desplazarlo) compleja. Posee los siguientes términos:

4.3.1. Aprobación de bases, crédito y plazos de presentación, selección, adjudicación.

Antes de comenzar la publicación de los trámites administrativos para tener lugar los plazos de ofertas (publicación) para la adjudicación de la obra, será imprescindible tener aprobado el crédito para realizar la misma. Es un documento administrativo interno que se denomina AD (Adjudicación de aprobación presupuestaria), con nº de expediente correspondiente a tal Presupuesto. Plazos (anualidades con varios años).

La AD inicia los diversos trámites administrativos con sucesivos expedientes, siendo la publicación en el Boletín de la Región, BOE, Bases de pliegos, lugar de consultas, plazos de presentación de plicas (sobres cerrados y lacrados en algunas ocasiones para abrir el día

señalado donde la Empresa oferta la obra), fianzas provisionales (normalmente certificados de avales bancarios), definitivas (aval), forma de selección, clasificación exigidas al contratista y plazo de dicha oferta (normalmente 30 días naturales).

Si pertenece a particulares todo es más simple, pudiendo no darse publicidad de la obra. Es adecuado celebrar el contrato notarial para tener efectos legales de tal relación.

4.3.2. La adjudicación de la obra.

En la base III de la Preparación del contrato de obra establece las normas que hayan de presidir la elaboración y aprobación de los proyectos que sirvan de base a los contratos de obras, debiendo referirse a obras completas (Art. 21 LC), ser cierto y susceptible de cumplir el fin previamente determinado por el Servicio competente.

Las formas de adjudicación de los contratos son Cap. VII Artº 73 y 74.

Abierto:

- Subasta (la más económica).
- Concurso adjudicación (más ventajosa o no, con mayor garantía).

Restringido:

- Urgencias
- Procedimiento negociado. Mínimo tres ofertas.

Por el tipo de contrato:

- Obras:
  - Contratos menores (< 30.000 €).
  - A tanto alzado.
  - Tipos abierto o restringidos.
  - Propia Administración (Artº 152 L.C.)

El contrato se ejecutará a riesgo y ventura del contratista". Se perfeccionará con el tiempo (Modificaciones legales).

4.3.3. Acta de replanteo.

Es un documento que se realiza de conformidad con los planos, mediciones, una vez comprobado por el contratista y que pone inicio a la construcción de la balsa contratada por la Administración en los términos siguientes:

Reunidos en el Término Municipal de _____ (provincia), el día _____ de _____ del dos mil ____ el **Ingeniero Agrónomo D. …..** , Director de la balsa "_____" y **D. … ,** en nombre y representación de la **Empresa ….,** para proceder a la comprobación del replanteo de acuerdo con lo establecido en el Artículo 142 del R.D.L. 2/2.000 de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

El resultado de esta comprobación demuestra la posesión y disposición real de los terrenos, su idoneidad y la viabilidad del Proyecto contando con la autorización de la Dirección General de _____ para la ocupación de la parcela con número catastral ..., Polígono ... de ... Hectáreas y no habiéndose formulado observación alguna queda autorizado el Contratista a su iniciación una vez se disponga de la preceptiva licencia de obras municipal, empezándose por tanto a contar el plazo de ejecución de las obras desde el día siguiente al de la fecha de la citada licencia de obras.

Y para que conste, se extiende la presente Acta por cuadriplicado que firman en prueba de conformidad los asistentes en el lugar y fecha indicados.

4.3.4. Libro de ordenes.

Es un libro numerado donde el Director Facultativo ordena mediante escrito una serie de correcciones de la obra para ser ajustada y corregida, dando fe de tales ordenes en sus hojas al contratista, quedando firma de ambas direcciones, el ordenante (Facultativa) y la de obra (receptora). El director de obra se lleva copia del recibir del Director Técnico de obra o jefe de obra, pudiendo incorporarla a la certificación. En ella se colocan ordenes de destrucciones de obras ejecutadas y no sujetas al Pliego de Condiciones Técnicas, Planos, etc.

Este requisito legal se da en su inicio pero no en su seguimiento real por la atmósfera de malestar reinante entre la Dirección de Obra y la Empresa. Este libro es teórico y anecdótico aunque es exigible a efectos legales su cumplimiento. La realidad es que apenas si se realiza, salvo excepciones personales.

4.3.5. Certificación a buena cuenta.

Una vez comienza la construcción, según planificación y realización, se establecen los pagos según se van a presentar factura de la Empresa Constructora, adjuntando en el caso de la Administración un expediente interno que se llama Certificación.

La Dirección de obra facultativa (es decir, con competencia sobre dicha materia), dará correspondencia con los capítulos, artículos, unidades proyectadas y contratadas, medidas en el periodo propuesto (mes) donde se detallan las medidas y precios presupuestados del proyecto, para ser cobrados por el contratista a "buena cuenta", hasta su posterior y última certificación. En general el presupuesto no se lleva a cero pesetas para lograr la incorporación de la última certificación (medición final) que se tramita una vez se ha recibido la obra por parte de la Administración (Recepción).

Si el periodo de ejecución establece diversas anualidades (cada año lleva un presupuesto de habilitación de créditos), aquellas obras de licitación llevan implícitas fórmulas poli nómicas recogidas en cláusulas del Pliego de Condiciones Particulares y Económicas y que se encuentran recogidas en el Decreto-Ley 2/1.964, de 4 de Febrero (Fórmula nº. 10).

4.3.6. Modificado.

Es la necesidad que posee un proyecto de incorporar parte de otro presupuesto inferior al 20% del Precio del proyecto original, sumándose al anterior y que necesita justificarse para ser añadido al proyecto original, sustituyendo el titulo del mismo por el de "Proyecto Reformado o Modificado nº 1".

Se realiza parte de su Documentación igual que el Proyecto, aludiendo a éste y se incorporan los nuevos conceptos. Es válido cuando el Proyecto se está ejecutando y las

unidades de las nuevas obras no deben superar más del 50 % de las unidades del proyecto original. El importe acumulado de las obras complementarias no puede superar el 20 % del precio primitivo del contrato (Artº. 141 del R.D.L 2/2.000).

Las partidas contempladas en el Modificado no se deben ejecutar hasta la aprobación del presente documento Modificado, mediante aprobación presupuestaria.

4.3.7. Recepción de la obra.

Una vez terminada la obra, comprobada su funcionalidad, se procederá mediante documentación oficial si es de la Administración de la siguiente manera:

Interventor de Hacienda acompañado de un técnico en la materia distinto del Organismo que ordenó la realización de la obra.

Dirección Facultativa + Jefe de Sección (que ordenó la ejecución).

Empresa constructora representada por el gerente (poder notarial), normalmente acompañado del responsable técnico (jefe de obra).

Una vez comprobada la obra, se procede a firmar el acta de la recepción de la obra con las siguientes firmas: Interventor, asesor técnico del Interventor, Director Facultativo, Jefe de sección y Gerente de la Empresa Constructora adjudicataria.

En el caso de obra promovida por un particular, éstos trámites se dan con la supervisión del organismo de la Administración que concedió la autorización administrativa de la obra.

4.3.8. Plazo de garantía.

Son las referidas en el Pliego de Condiciones Particulares y suele coincidir con las de un año, salvo defectos ocultos que son ampliables. También se pueden exigir certificaciones de garantías por duraciones determinadas a la Empresa constructora que se apoyará en la certificación de calidad y colocación de la geomembrana.

Una vez transcurrido el plazo, si hubieran existido cantidades retenidas, avaladas, etc., se devuelven a la Empresa poniendo fin a la relación contractual.

4.3.9. Mediciones finales.

Es un documento administrativo que recoge las diferencias de medidas de lo proyectado con lo realizado y que no debe superar por Ley del 10% del presupuesto total del Proyecto final aprobado (Original o del último Modificado).

En éstos precios no se pueden colocar ningún otro que no haya intervenido en la base del proyecto aprobado.

4.3.10. Responsabilidad Civil y Penal.

Es derivado del acto responsable de su actividad técnica, ante situaciones de daños en haciendas y bienes particulares, públicos, como responsable de algunos actos determinados en el Código Civil. Son los derivados de lo penal, sobre todo en caso de accidente con resultado de muerte, donde suele realizarse un juicio de proceso abreviado de imprudencia temeraria, de

ahí la necesidad de contar con un seguro de dicha responsabilidad, bien a modo de Colegiado, Funcionario o trabajador de la empresa constructora designada.

Se debe prever desde el principio la póliza de seguro que justifica la realización competente de tal ejercicio para evitar problemas posteriores. Es importante tal y como se desarrollan los acontecimientos que siguen los accidentes y daños, contar de antemano con éste documento donde se fijan defensa, fianzas de responsabilidades, etc., para ésta obra concreta o ejercicio de la actividad profesional.

4.3.11. Responsabilidad en el ejercicio de cargo público.

El Director de Obra en la condición de funcionario público, es un señor/a, al que la contrata (Empresa) intenta de buscarle distracciones (sobornos, prebendas, favores, etc.) de carácter personal, con el objeto de conseguir su incondicional afecto. Estas prácticas rayan a veces con la legalidad del procedimiento y están contempladas en el Código Penal con la circunstancia de agravante por su condición de "carácter público".

El Titulo VII del Libro II del Código Penal, bajo la rúbrica genérica "De los delitos de los funcionarios públicos en el ejercicio de sus cargos" y algunos otros, como los tipificados en los artículos 178 a 204 del Código Penal, tipifican también a los particulares (contratistas) que participan en calidad de coautores, cómplices o encubridores.

Los delitos más comunes son:

- Prevaricación: No define el Código Penal esta figura, pero según la Jurisprudencia, consiste en faltar maliciosamente a los deberes que impone el ejercicio de un cargo o profesión.
- La infidelidad en custodia de documentos.
- La violación de secretos.
- Cohecho, de forma pasiva, con la modalidad de solicitar o recibir por sí o por persona intermedia, dádivas o presentes, admitiese regalos en consideración de su oficio y activa, los que corrompen o intentan corromper a los funcionarios públicos o aceptasen sus solicitudes.
- Malversación de caudales públicos.
- Fraudes y exacciones ilegales, concertando con los interesados artificio para defraudar al Estado.
-

5. REFERENCIAS EN LA EJECUCION.

5.1. Al proyecto.

Apoyados en un buen Proyecto, en los planos (planta, perfiles, detalles) y su correspondencia con medidas llevadas al terreno (replanteo) se condiciona la ejecución a una programación donde llevamos la ejecución a lo que denominamos: obra.

Los parámetros siguientes son condicionantes de la ejecución:

- Volumen del movimiento de tierra.
- Plazo de ejecución.
- Tiempo de comienzo de la obra.

Con un volumen de desmonte próximo a 150.000 m^3, capacidad de balsa de 300.000 m^3 y comenzándose a principio del mes de Enero, podrá tener en 9 meses la terminación del vaso con lámina incluida. La obra sin embargo deberá tener un plazo próximo a un año, puesto que incluirá conducciones (<3 Km) y obras complementarias (cerramientos, derramaderos).

5.2. A la legislación.

El Proyecto alude a los requisitos legales:

- Seguridad y salud de los trabajadores.
- Reglamentos técnicos.
- Reglamentos de control (especificaciones técnicas, económicas, etc).
- Medio ambiental.
- Otras naturalezas.

Todas ellas estarán presentes a la hora de ejecutar.

5.3. A la Normativa.

Referencias y consejos de Normas en vigor. Plan de Calidad y seguimiento de control de calidades.

5.3.1. Referencias.

La norma no es obligatoria, es consultiva y sirve como referencia de soluciones experimentadas anteriormente por distintos agentes interesados en un tema común, donde aúnan criterios y bases para desarrollar una mejor gestión y comercialización de productos, donde simplifican sus resultados, economizando al constituir un lenguaje único entre productores, usuarios, administración, fabricantes, etc.

La normalización de los materiales constituye un valioso manejo sobre referencias de precios en los mismos y la gestión de la construcción aplicada a dichos materiales, facilitan su manejo.

En general una norma UNE es una especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas, que aprueba un organismo de reconocido nivel nacional e internacional por su actividad normativa.

Los organismos de normalización nacieron en EEUU para dar soluciones a problemas comunes, dando lugar a diferentes comisiones y organizaciones, que después fueron estandarizadas.

Cada sector posee un Comité de Normalización Técnica (CNT), de los que forman parte todas las entidades y agentes implicados e interesados como los fabricantes, consumidores, usuarios, Administración, laboratorios y centros de investigación, etc.

Cada comité, con un título y una actividad especificada, debe estar constituido por un Presidente, una Secretaría y un número de vocales definido.

Actualmente existen 134 CTN creados hasta la fecha en AENOR.

Capítulo 10.

EJECUCION DE LA OBRA.

¡ ¡ A ésta es! ! .

Voz del capataz mandando un paso de cofradía sevillana.

1. REPLANTEOS, INICIOS PREVIOS.

1.1. Emplazamientos.

1.2. Servidumbres.

1.3. Análisis básicos contemplados en el Proyecto.

1.4. Ocupación.

1.5. Despeje.

1.6. Replanteo.

1.7. Puntos de referencias.

1.8. Puntos de líneas de trabajos.

1.8.1. Puntos de interés constructivo

1.8.2. Punto de interés de referencias de medidas.

1.9. Modos de llevar a cabo el replanteo de modo sencillo.

2. PLANIFICACIÓN.

3. ELECCIÓN DE MAQUINARIA. ASPECTOS A CONTEMPLAR.

3.1. Ejecución en las distintas operaciones de la obra.

3.2. Elección del equipo de maquinaria.

3.3. Tipos de maquinas y aplicación.

3.3.1. Clases de máquinas.

3.3.2. Tipos de máquinas y aplicación.

3.4. Concepto básico de rendimiento.

3.5. Influencia del material constructivo en las máquinas.

3.5.1. Peso.

3.5.2. Volumen.

4. DESBROCE.

5. DESMONTE.

5.1. Excavación en roca para grandes volúmenes.

5.2. Desmonte en tránsito.

5.3. Desmonte en terrenos francos.

5.4. Desmonte en préstamo.

5.5. Material constructivo.

5.6. Acopio del material excavado.

5.7. Carga y transporte.

6. TERREPLÉN.

6.1. Plano de fundación.

6.2. Parte del terraplén.

6.3. Explanada.

6.4. Compactación del terraplén.

6.5. Compactación de materiales plásticos. Sistemas estáticos.

6.6. Compactación de materiales granulares. Sistemas dinámicos o de vibración.

6.7. Compactación de materiales heterogéneos. Sistemas mixtos.

6.8. Control de alineaciones y anchuras de explanada.

6.9. Control de la compactación.

7. MOVIMIENTO DE TIERRAS.

7.1. Desmonte y terraplén al mismo tiempo.

7.2. Extendido de la tongada.

7.3. Perfilado de taludes.

7.4. Cubicaciones del movimiento de tierras.

8. OBRAS DE FÁBRICA.

8.1. Excavación.

8.2. Hormigones y morteros.

8.3. Encofrados, cimbras, moldes.

8.4. Hierro.

8.5. Prefabricados.

8.6. Arquetas.

8.7. Obras tipificadas.

8.8 Cantería.

8.9. Compactación en obras de fábrica.

9. CONSTRUCCIONES DE DRENES.

10. IMPERMEABILIZACIÓN.

11. ENTREGA DEL AGUA.

12. SALIDA DEL AGUA.

13. REBOSADERO.

14. LASTRADO.

15. BORDILLOS, MURO PERIMETRAL.

16. CERREMIENTO.

17. CONDUCCIÓN DE ENGANCHES, DISTRIBUCIÓN.

18. REVESTIMIENTO DE TALUD, SEGUIM. AMBIENTAL.

1. REPLANTEOS, INICIOS PREVIOS.

1.1. Emplazamiento.

La ubicación de éstas superficies, suelen ser de terrenos con poco interés agrícola, incluso excluidos de tales como son las zonas destinadas a eriales, terrenos pedregosos, teniendo cotas altas en la mayoría de los casos, al objeto de conseguir dominio. Algunos de éstos se bombean, sino cuenta con otras posibilidades de llenado por gravedad.

1.2. Servidumbres.

Son imposiciones que tenemos que contemplar, las más usuales:

- Cursos de agua de escorrentías, de riegos,
- Conducciones de líneas eléctricas.
- Caminos de pasos a fincas.
- Pasos de animales, pastoreo, masa forestal.
- Paisajistícos.
- Flora de interés especial (población de Taray, especie protegida).

Hay que respetar los sucesivos sistemas de pasos que existan, posibilitando la nueva integración sin el menor sacrificio de normas y costumbres existentes, adaptando y mejorando el entorno.

1.3. Análisis básicos contemplados en el Proyecto.

Antes de empezar a trabajar, comprobaremos que el proyecto ha considerado los elementos básicos:

- Estudio geológico, asientos, erosiones, M.O.< 0,5% del peso, inexistencia de bolsas de gas, etc.
- Características geotécnicas exigibles a los materiales (Limites Atterberg, granulometría, Proctor, capacidad portante, etc.).
- Cálculo de estabilidad de los taludes en la hipótesis más desfavorable (desembalse rápido).
- Secciones de obras de acuerdos con estudios hidráulicos.
- Derramaderos con dimensión suficiente.
- Protecciones de erosiones externas (cunetas revestidas, taludes, pedraplenes, etc.).
- Dimensiones de tomas y drenes.
- Lámina impermeables acorde al material y dimensiones.

1.4. Ocupación.

Los terrenos deberán tener total y completa garantía de su disponibilidad por parte de la propiedad que va a recibir tales obras, para ser ocupadas y dispuestas ha realizar los trabajos necesarios para su transformación en la futura balsa.

1.5. Despeje.

Ocurre a veces que la zona de trabajo posee árboles o matorral que impide el normal desenvolvimiento de personas para realizar las tareas de estaquillado, debiendo realizarse la previa limpieza del área. Esta tarea a veces se continua con el desbroce que veremos más adelante.

1.6. Replanteo.

La parte más sustancial del trabajo consiste en llevar a cabo el análisis y la interpretación de los distintos documentos del proyecto, centrándonos en el constituido por el de planos representativos de la planta, generalmente con las curvas de nivel y escala de 1:500 cómo máximo, donde tendremos que trasladar los datos representativos de la planta al terreno real.

El aprendizaje se inicia familiarizando la ubicación, el análisis y la interpretación de éste plano y enfrentarse con el espacio del terreno destinado para realizar la construcción, parte activa de la ejecución.

El resultado de éste primer ejercicio, conducirá posteriormente al alcance de los objetivos deseados y si es acertado el esquema al que me referiré más adelante, sin tener que ser llevado a rajatabla, podremos asegurar que el desarrollo es un modelo técnico con una previa clasificación de procedimientos rutinarios claves para ejecutar el proyecto.

Si durante los trabajos previos al proyecto se dejaron referencias de señales o estacas de cotas, se tomarán como base del levantamiento topográfico de comprobación y si carece del mismo, adoptamos la creación en puntos singulares que se detallen en el plano, creando las bases fijas de partida de referencia de otros puntos, para realizar una correcta y precisa medición de la obra.

Los sistemas de replanteos previos a los comienzos de la obra, son los estimados con señales fijos y variables, del tipo de referencias de cotas, de líneas, auxiliares, etc.

1.7. Puntos de referencias.

- Estaquillado del vaso.
- Estaquillado del contorno externo del terraplén.
- Estaquillado de la zona de transición entre terraplén y desmonte (cota media).
- Medidas de alturas positivas (terraplén) ó negativas (desmonte).
- Colores distintivos en las distintas estaquillas.
- Aislamiento de afectación por las máquinas.
- Alineación, vértices.
- Otras consideraciones como pasillos, si fuera posible.

Los puntos de referencias son aquellos, que bien por emplazamientos singulares o bien creados y señalados convenientemente, lejos de cualquier posibilidad de ser destruidos por el movimiento de las máquinas, podemos tener siempre presente en cualquier momento como referencia de líneas, cotas, etc., para el control de la ejecución de la obra.

1. 8. Puntos de líneas de trabajos.

Sea cual fuere la planta de la balsa, puede ser representada con una línea de trabajo auxiliar, como referencia para ser llevados a donde nos interese y que suelen colocarse, fuera de la zona de trabajo, para ser llevadas en sus referencias a los puntos de interés constructivo (solera del vaso, pasillo, etc.).

Esta línea de trabajo deberá de ser conservada hasta el final de la obra.

1.8.1. Puntos de interés constructivo.

Señalan partes de la forma de la balsa y al mismo tiempo, las cotas de referencia del desmonte, del terraplén y la línea neutra entre desmonte y terraplén.

Es bueno que se puedan diferenciar, poder distinguirlos, aislarlos de la posibilidad de alcance de las máquinas para perdurar su utilidad y sí es posible, con distintivos de colores según nuestro criterio, por ejemplo, azules los del vaso, rojos los que aluden al comienzo de la construcción del terraplén, amarillos los del pasillo, etc.

Si por cualquier circunstancia no se pudiera completar todas las esquinas del polígono de la planta descrita en el plano, lo tendremos en cuenta para posteriormente cerrarla, conforme podamos.

1.8.2. Puntos de interés de referencias de medidas.

A veces nos interesa realizar una alineación de estaquillado fuera de todo el área y desde éstas realizar el rescate de los sucesivos puntos de interés constructivo. Suele ser efectivo cuando el área del vaso no posee líneas regulares.

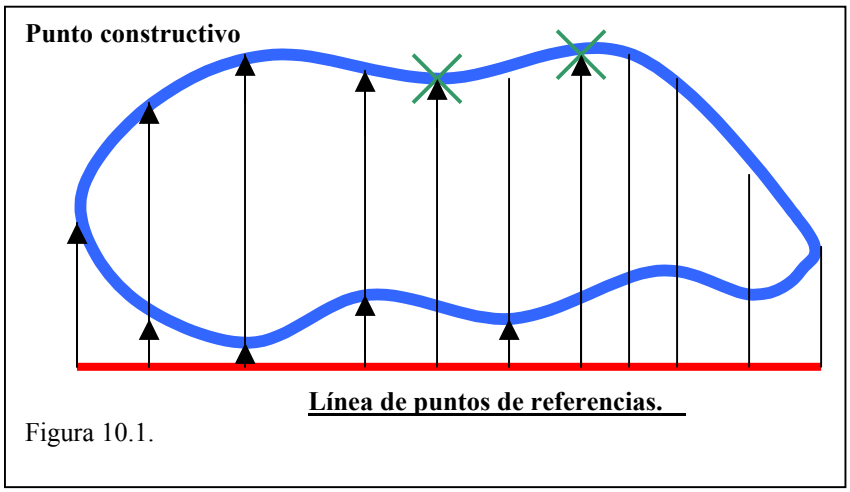


Figura 10.1.

1.9. Modos de llevar a cabo el replanteo.

Lo primero es despejar la zona de obstáculo, incluso limpiar el desbroce y la zona de trabajo para tener visión total, sí es posible, señalando sólo los límites externos de tal limpieza.

Una vez despejada la zona, localizamos la línea de trabajo para llevar a cabo la línea auxiliar donde nos apoyaremos para señalar los puntos de interés.

Puede ser necesario a veces crear sobre ésta línea de trabajo, puntos de referencias de alineaciones para ser llevadas con facilidad, tendremos que colocarlas cercana y referenciadas a tales puntos, por ejemplo, si es el punto 9, señalamos el de apoyo como el "9-a".

En un principio podremos realizar aproximaciones de estaquillado con simple cinta de medir, útil para realizar la escuadra en el campo de la siguiente manera: Estaquillamos el punto y tomamos los extremos "0" y "12" de la cinta (Fig. 10.2). Dos personas tensan la cinta tomando el "3" que alineamos con el "7", tensa el (0/12) y estaquilla el punto que marca la recta perpendicular a la línea del "3" y "7" donde mediremos el punto de interés, para estaquillarlo. Después verificamos topográficamente los puntos replanteados por sí fuera de interés su corrección.

Debemos localizar al menos los puntos singulares de la solera del vaso (vértices fundamentalmente), donde después podremos conseguir otros puntos de interés (pasillo de coronación). Si tenemos curvas, señalaremos los vértices, las entradas y salidas de dichas curvas y punto medio del arco, en general, al principio, no es necesario nada más que el vértice.

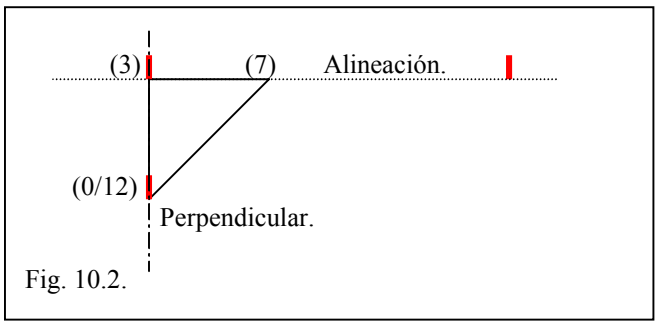
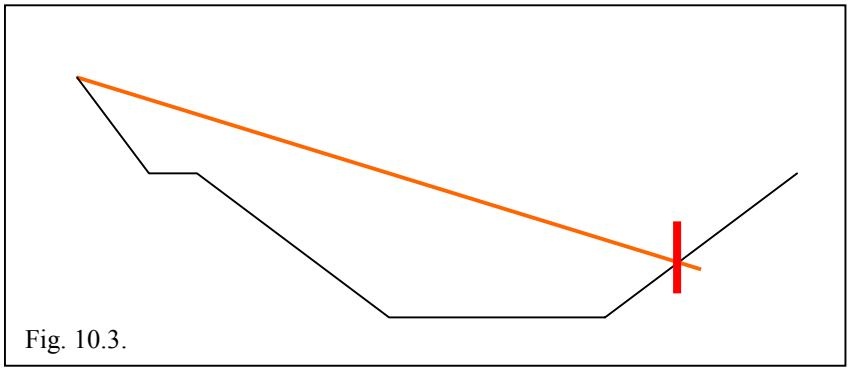


Fig. 10.2.

Uno de los puntos más interesantes son aquellos que son intersecciones entre desmonte y terraplén, llamados de transiciones o puntos medios (Fig. 10.3). Suelen darse en terrenos con pendientes.


Fig. 10.3.

Si tenemos necesidad de alinear, es recomendable en distancias largas buscar ambos extremos, más que prolongar la línea desde un extremo al otro y si hubiera dificultades en la alineación, hallarlos por el método de los tres puntos intermedios.

La forma de llevar para realizar la topografía puede ser muy variada. El sistema taquímetro es mejor realizarlo con una única estación, mediante radiación. Sí por el contrario no fuera posible y son necesarias varias estaciones, tomaremos los puntos de referencias de las distintas estaciones para compensar los cierres de la triangulación. Los actuales sistemas con GPS, siempre que se tengan los datos de más de tres satélites, utilizaremos el método de puntos definidos (no itinerantes). Sea cual fuera el sistema, tomaremos puntos suficientes del terreno, incluidos los externos que aseguren el terreno natural para después referir la construcción de los terraplenes.

2. PLANIFICACION.

El Plan de Obra puede ajustarse o no al Gant del Proyecto, puesto que se realiza de forma independiente. Son más bien respuestas a los criterios generales de la obra, sin entrar en detalles. Suele distribuirse entre producción esperada y real. Bien certificación esperada y real, según actividades.

ACTIVIDAD\TRIMESTRE.	1º. TRIM.	2º. TRIM.	3º. TRIM.	4º. TRIM.
BALSA DE 210.000 M³	180,3	270	450	120
BALSA DE 90.000 M³.	60	120	780	30
TUBERÍA IMPULSIÓN	30	180	240	180
Parcial(Miles €)**:**	**270,3**	**570**	**1.470**	**330**
Acumulado(Miles €)**:**	**270,3**	**840,3**	**2.310,3**	**2.640,3**
Total (Miles de €):				2.640,3.

Cuadro 10.2.

En general, sin llegar a crear el sistema PERT de fases críticas, sigue el siguiente esquema:

1ª. Fase: Duración aproximada: 1º-7º mes.

Mov. Tierras → Desmonte → Desbroce → Acopios.

↓ → Salida (Galería, Corrugado, tubos metálicos hormig).

→ Terraplén/conducciones.

2ª. Fase: 8º. Mes.

Refino de taludes → Drenes en solera del vaso.

Obras de Fábricas: → Colocación toma salida/entrada/derramadero.

3ª. Fase: 9º Mes.

Impermeabilización. → Geotextil → Lámina impermeable.

→ Válvulas.

→ Cerramiento.

4ª Fase: 10º - 12º. Mes.

Prueba de llenado: → Cubrir de agua hasta un metro máximo de agua y control.

Medio ambiental. → Recubrimiento talud materia orgánica → siembra.

→ Acondicionamiento de tierras sobrantes, escarificado.

Obras de fábricas: → Terminación de casetas, arquetas, etc.

→ Bordillo.

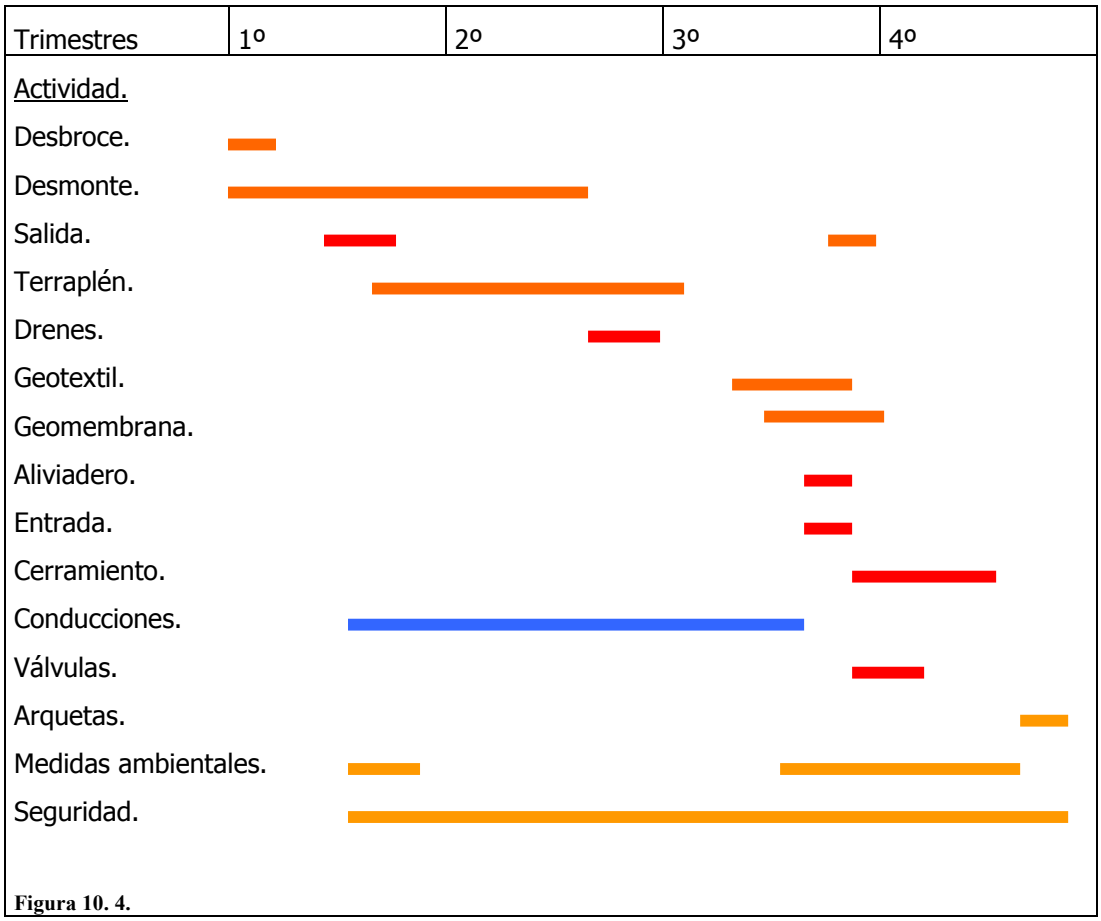


Figura 10. 4.

Colocamos barras con distintos colores, así los rojos, como urgentes, para distinguir prioridades, azules los externos, para indicar que no dependen de él, ninguna actividad.

En el diagrama hay veces que interesa distribuir los distintos trabajos que necesita la obra por maquinas, operarios y sirven para controlar la operatividad, por ejemplo.

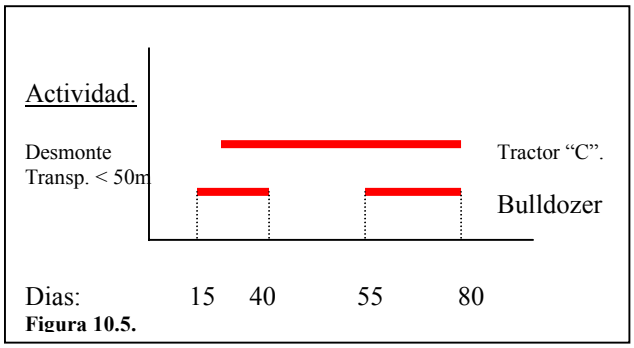


Figura 10.5.

Podemos observar en el cuadro anterior, que tendremos la necesidad de buscar empleo en el Buldózer esos 15 días que se queda sin trabajo, tanto para la maquina como para el operario.

Hay veces que resulta más económico subcontratar parte del trabajo, por ejemplo la obra de fábrica. De cualquier modo, al jefe de obra siempre le interesa realizar planificación y a la Empresa le interesa más el análisis global de varias obras similares y ver sus rendimientos en

tiempos determinados, donde es necesario un control de los volúmenes realizados y de la obra ejecutada. Estos sistemas se llaman organigramas.

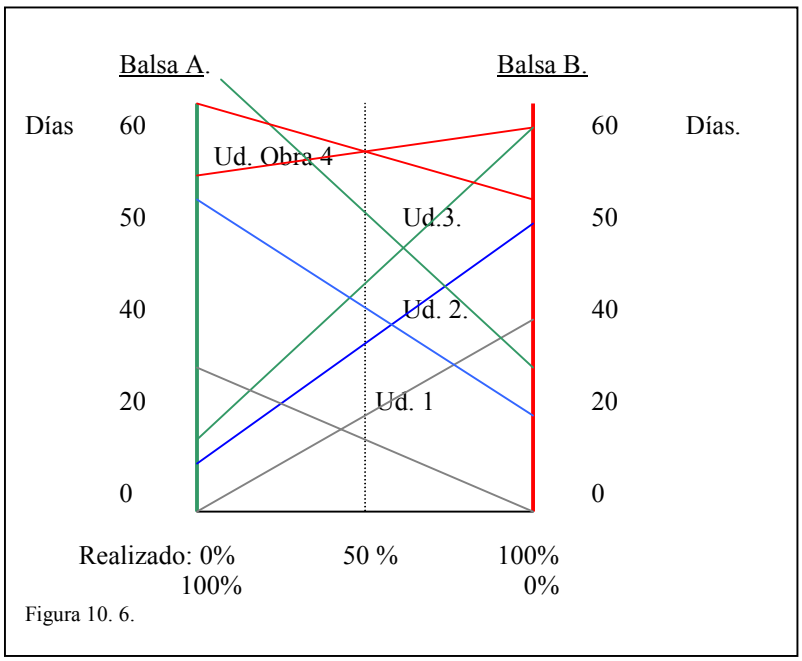


Figura 10. 6.

Podemos observar que la obra de la balsa B a pesar de haber adelantado la Ud. de obra 1 después del 50% del tiempo que la balsa del tipo A, se encuentra después en las Uds. 2 y 3 en tiempos superiores al 50 % con respecto a la A. Sin embargo la Ud. de obra nº. 4 coinciden ambas. Sólo queda a la Empresa analizar los desfases de la balsa B en las uds 2 y 3.

La planificación deberá de ser flexible y amoldarse a los cambios diarios que necesite y en general, responder al principio que dice: **"Si algo funciona bien, no lo cambie".**

Suele insistirse en que se plasme en documentos de trabajo organizados por la propia Empresa, huyendo de improvisación, sobre todo a la hora de compras de materiales. Para esto es importante tener bien identificadas las necesidades ciertas de las posibles variaciones, por ejemplo, serán ciertas las compras de hormigones, tuberías, etc., y otras cómo codos, piezas especiales deberán de aproximarse a las necesidades. También habrá que esperar a fechas previas otras necesitadas de mediciones reales, como por ejemplo los metros de vallado, metros cuadrados de geomembranas, etc., puesto que sobras o aumentos de éstas pequeñas cantidades suelen resultar más costosas que el total demandado.

Sin embargo, el asunto de interés en la planificación no es más que el control de los costos, éste es el problema fundamental, saber cuánto cuesta la obra y dirigirla para evitar sorpresas. El hecho de la valoración de costos va a veces a priori en la planificación, mediante el siguiente cuadro:

Código.	Designación del trabajo.	Tipo maquina	Cant. de trabajo.	Ud	Rend hora	Nº hora /ud. Máq.	Producción.		Costes producción.					
							Precio Unitario Adjudicación.	Producción Total.	Hora Máq.	Maquinaria	Mat. Prima.	Varios	Total	Unitario
1	2	3	4	5	6	7	8	4 · 8 = 9	10	7 · 10 =11	12	13	11+12+13 =14	14/4 =15
G	Desmonte y transporte < 50m	Bulldozer 140 CV	18560	M^3	101	184 / 1	50	928.000	4500	828.000			828.000	44,6

Cuadro 10. 3.

En el análisis de costos tenemos la valoración de la maquinaria (nº de horas x costo horario) especifico de cada tipo, las compras, la mano de obra, etc.

Una vez vistos los costos, hay que analizar las unidades de obras y en caso de desviación, cambiar maquinas, transportes, etc. Aunque los costos se ven al final como resultados consolidados (los iniciales son sólo supuestos), permiten ir comprobando dichos costos, según los días que lleve la unidad de obra definida con la planificada y en caso de desvíos, enmendarla. El seguimiento es la parte que permite evaluar la programación, con la ejecución.

Actividad \ meses	1º			2º	3º	4º
Desmonte. P.- Producido. E.- Esperado	Mes	P.				
		E.				
	Origen	P.				
		E.				
Desviación. − (Negativa) / +	Mes					
	Origen					

Cuadro 10.4.

La programación no es un "corsé" que ajusta la Empresa, sino una herramienta útil de trabajo, para el técnico de obra. Es buena en cuanto permite identificar las necesidades y dar respuesta con antelación. Hay veces que algo tan esencial como es la disponibilidad del agua para compactar, que no suele pensarse, si la necesitamos en un mes como Julio, con distancia lejana, tendremos necesidad de aumentar las unidades de cisterna de agua para no demorar el compactado, del que depende naturalmente el compactador, transporte de tierra, el arranque, etc. Es prever ésta necesidad en sitio y tiempo. Cómo nos serviremos y cual es la disponibilidad del agua, como puede ser el caso de un arroyo, cuyo caudal es variable y seguramente en esas fechas esté seco.

Los imprevistos como las averías, por ejemplo el compactador, paraliza toda la actividad del terraplén (acopio, extendido, riegos). A veces es bueno duplicar (volúmenes altos) o realizar rápidas sustituciones de éstas máquinas para disminuir la parada de la actividad.

En el plan se detallan las unidades mecánicas, modelos, rendimientos medios horarios, producciones esperadas, costos esperados, conforme la actividad a desarrollar, pudiendo mejorarse según se va trabajando para ajustarlo a la realidad (esperado y realizado).

Es adecuado realizar un croquis de situación organizada de dirección de calles y accesos a la zona de trabajo, creando al efecto un croquis para organizar los flujos de la maquinaria de trabajo y los accesos de visitas, dejando el menor espacio posible a la improvisación (no interesa que cada uno vaya por donde quiera), señalando dichas calles de un solo sentido.

En las previsiones de espacios debemos reservar la ubicación de las instalaciones necesarias para el personal (casetas del comedor, aseos, oficinas); aparcamientos de vehículos del personal; el sitio para realizar los acopios de materiales y el espacio para aparcar la maquinaria de obra. De no realizarse plan, podemos encontrarnos con una obra donde todo está mezclado y abandonado al sentido común (el menos común de los sentidos).

3. ELECCIÓN DE MAQUINARIA. ASPECTOS A CONTEMPLAR.

3.1. Ejecución en las distintas operaciones de la obra.

Tipos de trabajos:

- Desbroce.
- Desmonte.
- Terraplén.

Compactaciones:

- Plano de fundación.
- Explanación.

- Perfilados de taludes.

Trabajos relacionados:

- Construcción de cunetas.
- Refino.
- Caminos.

Trabajos auxiliares:

- Drenajes.
- Pedraplenes.
- Explanaciones mejoradas.
- Materiales "in situ" (tout venat).

3.2. Elección correcta del equipo de maquinaria.

Debemos de hablar de: → ***especificidad!!.***

Cada diseño de máquina corresponde con un trabajo determinado.

Ej. Una mototrailla sirve para arrancar y trasladar tierra. Posee un sistema de palas a modos de noria, que sirven para ayudarse en el arranque y cargar. Si el material es pedregoso, suelto, no vale, e incluso puede provocar rotura. La motoniveladora, sólo sirve para nivelar, nada más. Aunque nos empeñemos en querer otra cosa, solo sirve para perfilar, no mueve nada.

En otro orden: el rendimiento de la maquina. Interviene la velocidad, que se relaciona con la capacidad de producción. La velocidad y la potencia de la maquina es inversa, aunque la tendencia actual es el aumento de ambas.

Atendiendo a los distintos trabajos, tenemos maquinas que ejercen una sola función, por ejemplo el camión sólo realiza el transporte de materiales, la retro con martillo excava. Otras máquinas ejercen dos aplicaciones, por ejemplo el tractor de cadena, denominado Buldózer, escarifica y transporta, otras realizan ciclos completos por ejemplo, la mototrailla que arranca, carga, transporta y descarga en forma de tongadas.

Atendiendo al trabajo, éstas pueden tener distintos tratamientos.

Arranque:

- Máquina definida (retro / pala → arranca y carga).
- Tractor oruga mediante arado con 1-2-3 riper de implementos.
- Voladuras (caros, permisos, técnicas especiales).

Carga:

- Autosuficiente (mototrailla).
- Necesita otro elemento, es intermedia, como la pala.
- Combinados como D7 + trailla + topador.

Transporte:

- Hoja del empujador de Buldózer, siempre con poca distancia, de < 100 metros de distancia.
- Traíllas < 250 metros.
- Moto traílla < 500 metros.
- Camiones < 5 Km

3.3. Tipos de máquinas y su aplicación.

3.3.1.Clases de maquinas.

En cuánto su posibilidad de movimiento:
- Fijas, como molinos trituradores, plantas mezcladoras de hormigón.
- Móviles, en general, denominadas como máquinas.

Según se traslade:
- Ruedas neumáticas.
- Cadenas.

Por su trabajo:
- Excavaciones de materiales, como Buldózer, retros.
- Cargas, como palas.
- Transportes, como camiones volquetes.
- Especiales, como Moto niveladora.

Por su medio de conducción:
- Propios o autopropulsadas, como la moto traílla.
- Implementos: Traíllas, arrastradas por tractores.

Por su mecanismo:
- Mecánica, menos común, como la dragalina.
- Neumática, hidráulica.

Por su utilidad:
- Exclusivo: La Pala sólo sirve para cargar.
- Múltiple: La retro utiliza el cazo con múltiples funciones: excavación (más fundamental), explanación, carga, martillo hidráulico, caso excepcional, las mixtas, que tienen añadidas una pala.

3.3.2. Aplicación.

- tractor oruga empujador- ripper (buldózer).

  - Desbastador.
  - Desbroce o capaceo.
  - Destoconado.
  - Excavación y transporte hasta los 150 m. (limitación transporte a terraplén, a caballero).

- Tractor de rueda + traílla.
- Tractor oruga + traílla (300-500 m). + empujador.
- Moto traílla (de 6-12-16 m^3 y distancias de hasta 500 m).
- Pala cargadora de ruedas de gomas, oruga).
- retro-cargo de rueda
- Camión basculante de 2-3 ejes, 10-14-20 m^3..
- Compactación con un compactador de rodillo + rueda, rodillo-rodillo, pata-cabra, ruedas lisas. Estos pueden ser autopropulsados o no.
- Camión cisterna de agua con 10.000-14.000 litros.

Otras herramientas auxiliares (ranas, bombas, etc.).

3.4. Concepto básico de rendimiento.

Tiempo del ciclo de una maquina.

- factores que intervienen:
  1) Resistencia a la rodadura.

2) Resistencia al declive (o ayuda).
3) Tracción requerida (mover la carga).
4) Tracción disponible (utilizable).
5) Velocidad de trabajo (m/min).
6) Tiempo variable de trabajo (min).
7) Tiempo fijo.
8) Tiempo del ciclo:

→ 60 min. (tiempos del ciclo en minutos)

Eficiencia de trabajo:

- % de minoración de la producción horaria.

Ej. Máquina con 15 ciclos / h de m^3 con capacidad de 8 m^3.
Rendimiento: 15 x 8 = 120 m^3/hora. → ¡¡Falso!!.

- No se trabaja ininterrumpidamente, hay muchas causas variables de paradas (averías, clima, etc.).
- El factor de eficiencia, en horas diurnas, podría decir que son de 50 min/h (83%) para un "cadena" y de 45 min/h (75%) para un "ruedas".

Del cuadro 10.3. colocábamos un rendimiento de 101 m^3/hora de material arrancado y transportado por el Buldózer hasta 50 metros. Este cálculo proviene de un estudio teórico.

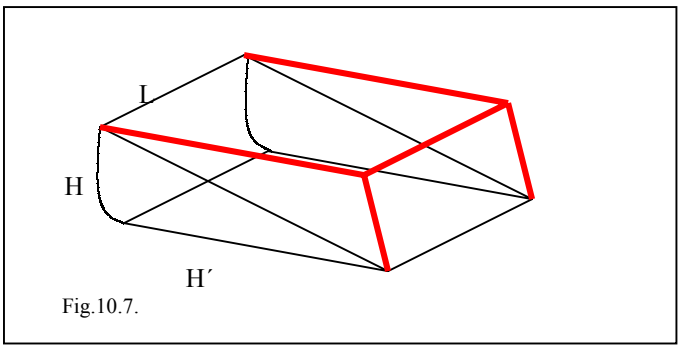


Fig.10.7.

Volumen = H · H´ (aproximada) · 0,6

El coeficiente 0,6 se coloca porque el volumen no es total y completo, ya que la parte roja caería a los lados. Este coeficiente es variable por que depende también de la pendiente de trabajo añadiendo o disminuyendo su valor, lo que da idea que no es totalmente cierta la fórmula. Además el montón de tierra arrastrado es variable, como vemos a continuación, lo que obliga a tener que añadir también otro coeficiente.

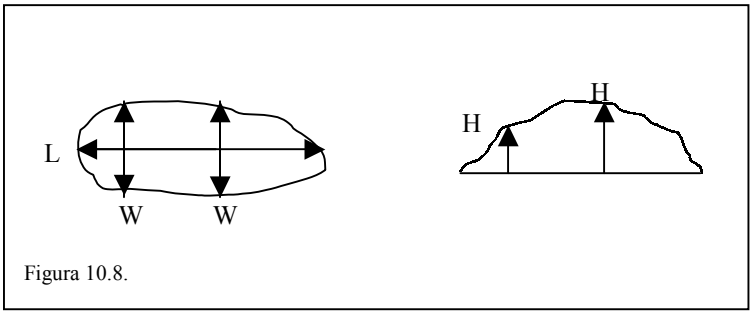


Figura 10.8.

Volumen = 0,01138 · H · w · L.

En catálogos se dan las producciones, así para un tractor de cadenas para realizar una escarificación y transporte de material a menos de 50 metros de distancia con un material duro (velocidad sísmica de 1.000 m/s) con producciones independientes, nos dicen que:

Producción escarificada es de 315 m^3 en banco / hora.

Producción empuje es de 185 m^3 en banco / hora.

Podemos averiguar el tiempo que tardaría en empujar los 315 del material escarificado en la hora.

1 hora -→ 185 m^3 en banco empuje.
X → 315 m^3 en banco / hora. → X = 1,7 horas.

La producción conjunta de escarificado más empuje para los 315 m^3 en banco / hora.

(1 + 1,7) hora → 315

1 hora → y → y = 115 m^3 en banco / hora.

Según lo anterior: Producción (esc + emp) = [P esc · P emp / P esc + P emp]

La producción general de la maquina es P = C · Nº.

P = (f.ll) · C · [60/t.c.] f.h.

P = [C/t.c.] · 60 · f.h. · (f.ll).

Donde P = Producción.
C = Carga o capacidad.
Nº = Número de ciclos, veces que repite el trabajo.
f.ll. = Factor de llenado.
f.h. = Factor eficiencia horaria.
t.c. = tiempo del ciclo.

Volviendo a nuestro tractor, hemos observado que en la obra el avance lo hace a 2 km/h y el retroceso en marcha atrás a 4 km/h, siendo el tiempo fijo de 0,05 minutos.

Ajustamos nuestra producción:

Empuje: 30 / [2 · 1000/60] = 0,9 minutos.
30 / [4 · 1000/60] = 0,6 minutos. → Tiempo variable 0,9 + 0,6 = 1,5 minutos.
Tiempo ciclo (t.c.) = 0,05 + 1,5 = 1,55 minutos.
Según la hoja de especificaciones y con hoja de 7S, tenemos un volumen de empuje:

V = 60/100 · ancho hoja 7S · (altura hoja)^2 = 0,6 · 3,66 · 1,27^2 = 3,54 m^3/suelto.

1,55 minutos → 3,54 m^3/suelto.
50 minutos → X → X = 114,2 m^3/suelto a la hora.

En nuestro escarificado el avance es de 1 km/h y retroceso de 4 Km/h. El tiempo fijo observado es de 0,08 minutos.

Tiempo variable (T.v.) = 30/[1 · 1000/6] + 30 / [4 · 1000/6] = 1,2 + 0,6 = 1,8 minutos.

T.c. = T.f + T.v. = 0,08 + 1,8 = 1,88 minutos.

Según hoja de especificaciones para el desgarrador, el volumen escarificado es:

V = Largo de la viga · Profundidad de penetración del rejón · Distancia empuje.

V = 2,21 · 0,5 · 0,3 = 33,15 m^3 banco.

1,88 min → 33,15 m^3 banco.
50 min. → X m^3 banco. → X = 881 m^3 banco.

La producción conjunta es P = [114,2 · 881] / [114,2 + 881] = 101,1 m^3 . b. /h.
Se ha supuesto que el rendimiento en empuje sea en banco (el más desfavorable) para éste último cálculo.

La productividad.

- Depende del equipo empleado.
- Tiempo de los ciclos.
- Distancia.
- Material.
- Clima. , etc.

Medición y abono:

Mediante perfiles transversales y m^3. En banco, suelto, compactado, según proyecto.

3.5. Influencia del material constructivo en las máquinas.

3.5.1. Peso:

- Diferentes consistencias y densidades de los materiales.
- Un metro cúbico varia de peso según material.
- Relación directa peso con carga (capacidad volumétrica).

Ej. Moto traílla de 6 m^3 de capacidad y 9.000 Kg de carga.
Si cargamos:
* tierra vegetal → El límite es su volumen por su escaso peso.

* de arena → El límite es su peso, puesto que 1 m^3 de arena pesa 2.000 Kg, debiendo cargar un máximo de 3 m^3, aunque su capacidad es mayor.

- En resumen:

El peso de los materiales afecta directamente a la eficacia de la maquinaria para cargarlos y transportarlos. Hay otras consideraciones como la humedad y la plasticidad, como ocurre con las arcillas, que entorpecen la labor de descarga.

3.5.2. Volumen.

1) En el banco (estado natural).
2) Sueltos (arrancado, suelto, normalmente se habla de carga).

3) Compactado (ubicación final → después de compactado).

Medida en banco (m^3) = medida suelta (m^3) x coeficiente de carga.

Coef. Carga = 100/100 + % hinchamiento.

o también:

% hinchamiento = Peso banco / peso suelto. (kg/kg).

Coef. volumétrico: 1-% hinchamiento

Medida compacta: M^3. Banco = m^3 compact./coef. Consolidación.

En general, si el proyecto no dice lo contrario, se entiende el desmonte como banco y el terraplén como medida compactada. El transporte como material suelto con la aplicación del coeficiente de hinchamiento o esponjamiento (valores entre 1,15 a 1,3) del material.

4. DESBROCE.

Al inicio del trabajo de la maquinaria se lleva a cabo un ligero escarificado para retirar la capa de materia orgánica (m.o.. Esta se suele acordonar en la parcela y se carga sobre camiones en una ubicación próxima, extendiendo de nuevo éste depósito mientras dura la obra.

Este sistema permite dos logros:

a) Evitar la incorporación de m.o. en el proceso constructivo.

b) Permitir su incorporación posterior en el talud exterior del terraplén y facilitar su protección con matorral de la zona.



Foto nº. 10.1.

Este material de capa herbácea, se dejará extendida en una altura inferior a 50 cm, al objeto de facilitar su aireación y su poder germinativo natural, siendo paulatinamente incorporada a la parte del talud externo según se construye o bien al final de la construcción del terraplén.

Este sistema se diseña en el anejo ambiental y constituye el mejor resultado para tapizar con plantas autóctonas el talud exterior. En la siguiente foto se muestra aspecto de

tapizado a los seis meses (Octubre → Marzo) donde la obra aún no se había terminado en plazo de ejecución.

5. DESMONTE.

Definimos como "desmonte" aquella que se refiere a una gran excavación de volumen donde se emplea el arado para realizar una remoción sobre una basta superficie. Empleamos la palabra "excavación" cuando se refiere a una zona delimitada, lineal como zanjas para tuberías, o puntual para obras de fábricas o cimentación de zapatas.

Suele establecerse de forma escolástica, sin mucho fundamento práctico, la diferencia de los mismos según diferentes suelos y así, existe una tradición en formalizar los precios de éstos según la dificultad de la maquinaria empleada en terrenos de tipo franco, es decir, ligeros, terrenos tipo tránsito, entre franco y roca y por último, roca.

Esta clasificación en los Proyectos de la Administración, crea un enorme problema a la hora de identificar las fronteras de la roca y el franco, puesto que el contratista querrá siempre la parte más ventajosa. Excepto la roca que está clara, algunos Proyectistas y Directores de Obras lo solucionan creando un precio único, designando un solo tipo de desmonte, colocando la siguiente definición: "toda clase de terrenos".

Es normal, que parte de raíces de arbolados vayan saliendo después de retirar la masa vegetal, puesto que se dan por debajo de los 30 cms de profundidad. Habrá que ser cuidadoso con la retirada de éstos elementos de restos vegetales para no ser incorporarlos en la construcción. La única forma de separarlos, es la manual, constituyendo zonas de depósitos y desalojos, tanto en su escarificado como en su depósito en la zona del terraplén. Estos trabajos requieren de un personal en los primeros días de remoción, para recoger éstas raíces.



Foto 10.2. D-9 trabajando un terreno difícil (un solo arado)

La excavación que se realiza en la zona del desmonte puede ser del propio vaso o de préstamo y será la considerada en el Pliego de Condiciones. Esta situación es totalmente irrelevante si lo exigido es una teoría de materiales. Deberán de ser analizados con procedimientos de las costumbres los distintos materiales que van saliendo y determinar su

forma de trabajo. Exigir lo irreal, es permitir un desarrollo falso y poco responsable, aunque se considere un tono legal de normativas. Si existen piedras en la excavación y el trabajo es de carga de pala y transporte, llevará parte de éstos elementos al terraplén. Es más fácil exigir que la carga se haga con criba desarrollando un sistema de trabajo coherente con el material para evitar que se depositen estos materiales no deseables en la compactación y constituir pedraplenes en los bordes inferiores del talud externo.

Si la balsa se realiza en medio de una zona de escasa altura, por ejemplo en terreno llano, lo normal es considerar que poseemos materiales finos que pueden ser arenas, limos o plásticos, regulares y carentes de granulometría adecuada, por tanto, tendremos terraplenes inestables y deducimos por lógica una altura inferior a los 5-7 metros.

Si la zona es intermedia, podremos comprobar la existencia de consistencia de los taludes naturales y conforme se presenten estos, podremos aventurarnos a pensar en el estado de los que vamos a realizar, según nuestro Proyecto.

En las zonas intermedias puede abundar los materiales plásticos, pedregosos e inclusos variados como ocurre con los cercanos a los terrenos primitivos del Primario, donde suelen aparecer paquetes de diferentes formas, dependiendo de las zonas, siendo incluso mezclas tan variadas como arenas, yesos, calizos, etc., según éstos el calado puede ser importante.

Los materiales plásticos no siempre presentan el grano fino, pueden tener pequeñas formaciones de "lajas" en formas de pizarrillas como los esquistos, que dependiendo de la inclinación del sinclinal, pueden ser removidos mejor o peor siendo las perpendiculares, difíciles de trabajar.

Hay formaciones heterogéneas, con algunos paquetes dolomíticos de $(CO_3)_2CaMg$, donde suelen presentarse problemas.

Algunas de éstas composiciones pueden ser fáciles de entender con sólo ver las máquinas como desarrollan su trabajo, así los terrenos flojos, se desprenden con facilidad y los difíciles, necesitan del empleo del arado, pudiendo ser de tres, dos o un rejón (central), cuándo esto no es posible e incluso incrementando la potencia del tractor, se recurre al martillo percutor de retro (500/1000), si se puede fracturar y en caso extremo, se recurre a explosivos.

Estos materiales del desmonte o del préstamo que van a ser empleados en la construcción del terraplén, serán estudiados en los ensayos de laboratorio, tantas veces como varíe los estratos excavados, para aproximar el control de seguimientos de las densidades.

Aunque se suele conocer el problema que presenta la interpretación de los distintos materiales, se sigue practicando la diferenciación clásica, que conviene tener presente.

5.1. Excavación en roca para grandes volúmenes.

A veces es más barato construir de forma aérea la balsa, con materiales aportados de zonas cercanas a la ubicación de la balsa, que insistir en terrenos rocosos a base de explosivo. Si existiesen características de rocas donde la máquina (F 10.3) no puede con ella y el volumen es considerable, habría que plantearse un nuevo diseño Es una barbaridad emplear explosivos a gran escala para realizar una balsa.



Foto nº. 10.3 . Voladura controlada.

En general, el tipo de roca "explosionable", es aquella que presenta caras macizas como el granito o constituyen elementos cementantes con otros minerales que la hacen impracticable de fraccionamiento, sino es con la ayuda de explosivos.

No obstante, si éste no presenta un volumen considerado, puede decirse que podemos emplear un sustituto en el martillo rompedor, barrenadora, etc., con volúmenes sueltos y que son practicados para ahorrar trámites complicados de voladuras (simplicidad administrativa).

5.2. Desmonte en tránsito.

Son parte de materiales formados por rocas descompuestas, tierras muy compactas y que no necesitan de explosivos, pero precisan de máquinas con escarificadores profundos y pesados.

5.3. Desmonte en terrenos francos.

Son los demás materiales no incluidos en los apartados anteriores y que son de fácil remoción.

5.4. Desmonte en préstamo.

Cuando se hace necesario la utilización de préstamos por ser impracticables el material excavado del vaso o bien, ser insuficiente.

5.5. Material constructivo.

Habrá de cumplir lo especificado en el Pliego de Condiciones del Proyecto y cumplir con los ensayos oportunos para su aceptación, vistos en el Capítulo 2 (materiales) y considerar la validez de éstos para la construcción, aparte de considerar los precios de la remoción en el desmonte, en la excavación, en función de la maquinaria aplicada (potencia). Los materiales constructivos pueden proceder de:

- Vaso.
- Préstamo.

Una vez determinado el tipo de material existente en nuestro terreno, procederemos a realizar las envueltas necesarias hasta conseguir una granulometría adecuada para constituir una compactación aceptable, sabiendo que los áridos constituyen el esqueleto de nuestro entramado cuerpo del terraplén y que debemos obtener el máximo posible de su densidad, es decir, construir con el adecuado cuidado de homogeneidad ideal de granulometría, humedad

convenida, altura de tongada, sistema de compactación idónea y números de pasadas, para obtener el resultado del mayor peso por volumen, la mayor densidad posible.

5.6. Acopio del material excavado.

Cuando la distancia es mayor a la recomendada en el arrastre por Buldózer, se suele acopiar para cargar con pala y transportar con camiones el material, permitiendo en algunas ocasiones su clasificación. Resulta de gran interés saber manejar los distintos elementos y organizar en definitiva los lugares y sitios del material donde lo queremos situar evitando acopios intermedios que sean innecesarios y que encarezcan la obra.

Si el material fuera a ser llevado al vertedero por ser de sobras o material inadecuado, tendremos previsto dichos lugares con antelación. Se estudiaran los volúmenes y la forma de acopio que deseamos realizar sobre los mismos (extendidos, apilados, amontonados, etc.), según el destino final de tales materiales.

5.7. Carga y transporte.

La forma de realizar éste proceso puede hacerse de forma simultánea con una sola máquina como sucedía con las traíllas arrastradas por Buldózer (actualmente apenas si se utilizan por los problemas mecánicos de los cables), sustituidos por la moto traílla (más rápida). Los rendimientos óptimos suelen situarse en los 350 metros de distancia y mejoran sus resultados si se les aplica un "topador", que es otro Buldózer que ayuda a cargar mejorando rendimientos hasta los 500 metros de distancia. El inconveniente que tiene ésta última es su llenado que se realiza con una serie de paletas en forma de noria y no admite piedras en su carga, ya que estropean el mecanismo.

Lo normal en la carga y transporte es que se encuentre diferenciado en dos máquinas: una pala (en casos extraordinarios, también retro) y camiones. Los rendimientos son mayores por la velocidad de carga y su transporte.

En general, los materiales plásticos como la arcilla, presentan el problema que al estar muy húmedos, se pegan en el cazo y caja, teniendo que suspender ésta actividad hasta que la humedad sea adecuada.

6. TERRAPLÉN.

Debemos tener presente las siguientes definiciones:

6.1. Plano de Fundación.

Es todo el espacio del terreno que se dispone para construir. Comprende el espacio destinado al arranque de todo el desmonte y la base la construcción del cuerpo del terraplén. Si el terreno posee un desnivel, terrazas de nivelación por estar abancalado, encauzamientos naturales de lluvias, habrá que considerar todo el conjunto de necesidades para desarrollar la obra.

La parte comprendida como base del terraplén, aparte de retirar la tierra vegetal, no debe ser desdeñada de compactar por considerarse que al ser un terreno natural posee ya una compactación adecuada. La mayoría de los proyectos de balsas se limitan a un análisis de sus condiciones físicas, características de los materiales para la extracción, desdeñando la

situación de soporte, debemos en caso de materiales finos, realizar un CBR, sobre depósitos de arrastres de lluvias, buscando una buena base de cimentación. El plano de fundación a veces necesita ser modificado con material granulado para permitir transmisiones hidráulicas.

En el caso de poseer características no deseables, se vaciarán estos terrenos hasta encontrar suficiente firmeza en la cimentación para comenzar el arranque de la construcción del terraplén.

Durante la ejecución el movimiento de la maquinaría modificará constantemente la estructura del suelo. Deberemos preservar la humedad adecuada, para no alterar el estado de compactación, dando abundantes riegos por la zona de tránsito de la maquinaria.

6.2. Partes del terraplén.

Comprende tres zonas diferenciadas:

- Cimentación.
- Cuerpo ó dique (núcleo en otros casos)
- Coronación.

6.3. Explanada.

Entendemos como explanada la zona dispuesta para ser utilizada como soporte de un material constructivo previamente compactada. Recibe una compresión estática por el peso vertical y que transmite a la capa inferior debiendo ser mínimos los asientos diferenciales.

En el comportamiento del soporte juega un papel trascendente la granulometría y el espesor de la tongada, es decir, la altura del material compactado, así como la uniformidad del piso.

La forma de transmitirse las presiones se realizan en forma de pirámide y se produce en cada capa de tongadas una diferenciación de densidades.

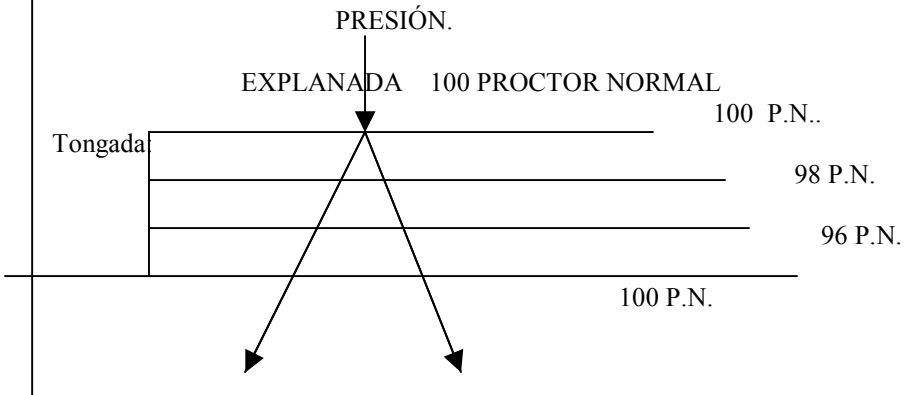


Fig 10.9. Transmisión de presión.

Los materiales naturales del cimiento, del desmonte o del préstamo que van a ser empleados en la construcción del terraplén, formando parte de sucesivas explanadas serán

estudiados en los ensayos de laboratorio, tantas veces como varíe los estratos excavados, para aproximar el control de seguimientos de las densidades.

La construcción del terraplén es observada de forma rigurosa en aquellas balsas que realiza la Administración para las diferentes Comunidades de Regantes. Sin embargo en muchas que realizan los particulares, suelen realizarse sin constituir diferentes planos de explanadas constituyendo su solidez, al cabo de años. Esta ausencia de compactación se va realizando con el tiempo de forma natural, produciendo irregularidades en los terraplenes. Son asientos diferenciales por compresión del propio material.

La explanada estará preparada lo más uniforme posible, sin sobresaltos ni desigualdades excesivas, comenzando en el principio con vibración suave y posteriormente, mayor vibración. Al final de 3/5 pases, se terminan con poca vibración para no romper la estructura ya compactada. Si el material es excesivamente permeable, las reposiciones de agua son permanentes.

Si la altura del terraplén es importante (mayor a 10 metros de altura), suele escarificarse la explanada terminada, para incorporar el agarre de la siguiente y no crear diferenciación de compactaciones que suelen ser inevitables.

6.4. Compactación del terraplén.

En los pases que se analicen para conseguir > 95% Proctor Normal, hay que considerar la granulometría, la humedad, la velocidad y la altura de la tongada. Una velocidad alta es síntoma de menor presión.

La fórmula teórica que analiza los metros cúbicos compactado por hora es la siguiente:

$C / h = A (m) \cdot V (Km/h) \cdot E (mm) / P$

Donde A = Ancho que cubre.

V = Velocidad.

E = Espesor tongada.

P = Número de pases.

El Proctor es una prueba de laboratorio del material de ensayo de nuestra muestra, con un sistema de envuelta en agua y presiones de caídas de un peso determinado todos ellos estandarizados y que son referencias después para conseguirlas en el campo.

La forma de compactar es relación directa con la clasificación del suelo según su granulometría y plasticidad. Buscamos el máximo de su compacidad que nos dará su máxima densidad y por lo tanto su máxima resistencia. Todas esta serie de conceptos están entrelazados.

En la compactación del terraplén, dependiendo del esfuerzo, distinguimos:

- Peso estático o presión: Sometidos a un peso (Pata cabra).
- Amasamiento: Manipulando el material para echar fuera el aire.
- Percusión o golpe violento: Vibración y repetición de golpes.
- Sacudida.

Estos sistemas de compactar obedecen a las necesidades de los materiales, donde la arena, arcilla y roca, son difíciles de compactar.

Las clases de compactadores pueden ser:

- Ruedas:
- Patas de cabras: Peso estático más alto que el rodillo liso y amasa al mismo tiempo el material. Indicado para materiales plásticos.
- Rodillo liso con vibración: El más utilizado, con variaciones de amplitudes de vibración, según la resonancia del terreno. Existen tablas de resonancia de los distintos materiales, así la arena gruesa debe realizarse de 1.000 a 1250 vibraciones. En general la respuesta de vibración del terreno debe coincidir con el siguiente golpe de modo armonioso, sin resquebrajar el suelo.
- Pata de cabra + vibración.
- Neumáticos pesados.
- Tampín arrastrado: Pisones, parecidos al de pata de cabra.
- Tampín de alta velocidad.
- Raigón: Ruedas de neumáticos con bandas metálicas de pisones

Un defecto en la compactación con arcilla (hay que evitar excesos de agua, de charcos) es el exceso de humedad en la tongada anterior donde se puede formar una bolsa que actúa de colchón cuando pasa el rodillo, conocido como "blandón". Este defecto puede pasar desapercibido y cuando pasa los camiones se les nota las rodadas.

Los distintos tipos de compactación que podemos tener son:

- COMPACTACIÓN DE MATERIALES FINOS:
- COMPACTACION DE MATERIALES GRANULARES.
- COMPACTACIÓN HETEROGENÉA.

6.5. Compactación de materiales finos y plásticos. Sistemas estáticos.

Los suelos finos con suficiente coherencia (unión del material por su plasticidad), se les da la humedad coincidente con el índice de su plasticidad (formamos muñequillas) y la aportamos con un poco de exceso, para tener asegurado su valor. Las capas serán inferiores a los 25 cms, pecando de finas y compactamos con el rodillo conocido como "pata de cabra", con peso suficiente (llenos de agua), rodillos lisos, de neumáticos, con una presión entre 4 y 7 Kg/cm^2, vigilando la humedad adecuada del amasado homogéneo y el secado posterior, a la consistencia seca, pudiendo humedecerse ligeramente para unir con la nueva capa.

Son materiales difíciles de compactar y a veces se recurre a añadir arcillas si es falta de plasticidad, o bien a la adición de cal para cambiar la repulsión de las arcillas y disminuir el contenido de humedad para poder trabajar mejor.

A modo de orientación en los terraplenes con materiales arcillosos suelen necesitarse una media de 8 pases por tongada media de 25 cm de altura con un peso en el rodillo liso de 10 t. y una velocidad de 25 m/minuto. La humedad suele ser poca (6-8 %) pero muy exigente en su envuelta, en su homogeneidad. A veces es difícil de conseguir y se presentan zonas secas en el interior de la capa y con excesiva humedad en superficie, por lo que insistimos en su perfecta homogeneidad, a veces con ayuda de gradas de disco que lo envuelvan.

6.6. Compactación de materiales granulares. Sistemas dinámicos o de vibración.

Los materiales granulares, se compactan con rodillos vibratorios y necesitan un menor número de pasadas que en los anteriores. Las presiones empleadas son de 0,5 y 1 Kg/cm^2, debiendo de tenerse cuidado en no romper la estructura anterior, ya compactada, dando el consiguiente agrietamiento del piso. El espesor es mayor que el anterior, 40/100 cms y la humedad superior, en torno un 15 – 20 %, vigilándose el estado de humedad mientras se compacta para reponerla en la fase constructiva. El nº de pases es consecuencia del espesor y del material.

La forma de ejecutarse es empezar por el borde interior del terraplén y seguir compactando solapadamente entre la capa anteriormente compactada y la siguiente sin compactar, con una pendiente positiva hacia el borde exterior.

6.7. Compactación de materiales heterogéneos. Sistemas mixtos.

No siempre es posible trabajar con materiales homogéneos, siendo lo normal encontrarse margas que se componen de arenas y arcillas en porcentajes que oscilan el 18%. Todo es variado, a veces rodales muy buenos de zahorras, con otros de materiales plásticos (arcillas), otros con restos de fragmentaciones de piedras con mayor o menor volumen. Todo esto debe resolverse en un equilibrio adecuado de intereses, que son manejados por el Director Técnico de acuerdo con un criterio inteligente.

La forma de compactar es mezcla de ambos, siendo el rodillo quien algunas veces se utilice con vibro y otro de pasada sin vibrar, según material.

6.8. Control de alineaciones y anchura de explanada.

Mantener las alineaciones del cuerpo del terraplén según se va subiendo en altura reponiendo las señales e insistiendo en alineaciones correctas, donde al mismo tiempo se pondrá la altura, que se corresponde con un ancho determinado de explanada.

Ejemplo: 10 metros de altura del terraplén. Talud interior 2,5:1 y talud exterior 1:1. Pasillo 5 metros de anchura. Si llevásemos 3 metros de altura la anchura de la explanada será $7 \cdot [2,5 +1] + 5 > 29,5$ m.

La compactación debe ser "horizontal y plana" en cuanto altura de cota, subiendo uniformemente la superficie del terraplén e incorporando la parte de altura del terreno que se va ganando en altura. Debe ser suficiente en demasía de anchura para evitar problemas de fallos de anchuras y falsos rellenos posteriores, que nunca se podrán compactar con seguridad.



Foto 10.4.

La formación del terraplén deberá de ser completada en niveles de cotas uniformes, tongadas uniformes, hasta conseguir la altura total del pasillo de coronación, sobre todo en las balsas construidas en terrenos de laderas. La realización de forma arbitraria, resulta negativa para los arranques y sucesivos seguimientos de anchuras. Los rellenos posteriores son en el caso de los taludes interiores, desastrosos, pudiendo provocar deslizamiento del material por el interior de la lámina impermeable y producir bolsas, desgarro, punzamiento, fisuras, etc., de graves consecuencias.

6.9. Control de la compactación.

En el Capítulo 2 describimos los dos sistemas de análisis que se realizaban en la compactación, sin embargo por la importancia de éste concepto, redundaremos un poco más.

En cualquier tipo de obra puede existir peligro de su deficiencia constructiva, pero en una balsa, los resultados de una rotura, son de tal consideración que suele ser noticias de primeras páginas en los periódicos locales.

A esta altura de lectura sabemos que debemos evitar dos aspectos:

- Asientos del terraplén.
- Pérdida de estabilidad de talud.

Todo lo anterior se consigue con la compactación. La estrella más importante del escenario y como segundo actor los materiales empleados en el mismo, de no menor talla en importancia con el primero, formándose "el matrimonio", es decir: **Buena compactación sobre buenos materiales.**

Alcanzar la máxima densidad, que como sabemos en los terrenos arcillosos es de 1,45 a 1,7 t/m^3 (menos de 1,45 son peligrosos), los limo - arcillosos de 1,6 a 1,85 y los areno – arcillosos (margas) de 1,75 a 2,15.

Antes de iniciar cualquier movimiento de tierras, tomaremos muestras de los distintos materiales que tengamos y prepararemos en el laboratorio, las pruebas representativas de los ensayos de Proctor, que nos dará la capacidad del terreno para ser compactado (densidad máxima y humedad óptima de compactación).

El seguimiento se realiza por altura de tongada con los dos métodos vistos, el de arena o normal o el nuclear, en cualquier caso se detallan en un croquis el sitio de la explanada realizada, con referencia de altura del terraplén.

El sistema normal, más laborioso consiste en una botella con volumen predeterminado de arena que se rellena en el hueco de la muestra obtenida y por fórmulas de pesadas obtenemos la densidad. Suele tardar horas o un día en obtener su resultado. En el sistema nuclear es instantáneo.

Los resultados obtenidos si son bajos a los esperados aconsejan cambios en la fórmula de trabajo elegida, es decir, del sistema de compactación (estático / vibrante); número de pases, velocidad, humedad, altura de tongada, etc.

En cada tongada levantada, se tomaran las muestras de campo por el método de la arena o bien por la determinación de emisiones radiactivas que son más eficaces en el tiempo, aunque presentan problemas si el material no es suficiente homogéneo, es decir, contiene algunas piedras que pueden falsear los datos de la exploración realizada.

En general se constituyen ambos modelos sobre las bases de los análisis realizados en el laboratorio de curvas de humedad y densidad óptima, adaptando sus datos al de arena o radiactivo como base de los mismos, en caso de variar el material, ha de realizarse una nueva muestra y análisis del laboratorio.

7. MOVIMIENTO DE TIERRAS.

7.1. Desmonte y terraplén al mismo tiempo.

El movimiento de tierras es el conjunto del desmonte y del terraplén, efectuados durante la construcción de la balsa. Ambos trabajos son contrarios, es decir, se practica un hueco de tierra para realizar con ese material un relleno. Los tiempos pueden ser coincidentes, desmonte y terraplena al mismo tiempo. Es el terraplén el que marca el ritmo de la obra, mediante la aplicación de "tongadas", desde la frontera de ambos trabajos.

El material desmontado lo volvemos a consolidar, asegurando su estabilidad. La compactación marca las necesidades del desmonte.

La compactación se debe de extremar en las obras de fábrica, donde a veces, el espacio a compactar es reducido, por ejemplo, los flancos de los marcos prefabricados, tuberías corrugadas, metálicas, etc. donde no permiten el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando. Para realizar estas compactaciones es conveniente realizarlos con maquinas de menor entidad, compactar con medios adecuados para el caso, de forma que las densidades que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto del terraplén. Estas se suelen realizar, mediante rodillos y bandejas vibrantes, que son manejadas de forma manual.

Cuando el terraplén haya de asentarse sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficial o subálvea, se desviarán las primeras o captarán y conducirán las últimas, fuera del área donde se vaya a construir antes de comenzar su ejecución.

De la forma del movimiento de tierra, podemos extraer los siguientes casos:

- El peso del material, fricción, cualidades cohesivas, dureza, aspereza, inclinación de los estratos, composición del material (esquistos, pizarras, etc.).
- Remoción: Importante la elección de la maquinaria para removerlos y el estado de la humedad natural.
- Si la remoción es fácil → La carga también es fácil. (En el proyecto puede especificar la forma de trabajo, según el material).

Los materiales empleados, dependerán del tipo del suelo donde vamos a construir la balsa, donde vendrá impuesto. Esto lo podemos clasificar en:

suelos:

- Inadecuados.
- Tolerables: < 25% piedras < 15 cms. ll < 40 ó bien: ip > (0,6ll - 9). Densidad máxima será mayor de 1,45 kg/dm^3.. índice C.B.R > 3 y cantidad m.o. < 2 %.
- Adecuados: sin sobrepasar los 10 cm. de tamaño máximo y cernido tamiz 0,08 une inferior al 35% en peso. ll< 40, densidad máxima > 1,75 kg/dm^3. C.B.R. > 5, hinchamiento < 2%, m.o. < 1%.
- Seleccionados: tamaños < 8 cms., Cernido 0,08 une < 25% en peso; ll< 30%, ip < 10, el C.B.R. > 10, sin hinchamiento, exento m.o.

Empleo: según pliego de Prescripciones Técnica Particulares.

En la coronación de terraplenes deberán utilizarse suelos adecuados o seleccionados.

También podrán utilizarse suelos tolerables, estabilizados con cal o con cemento.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará el tipo de suelo a emplear en cada caso.

En núcleos y cimientos de terraplenes deberán emplearse suelos tolerables, adecuados o seleccionados. Cuando el núcleo del terraplén cumpla la especificación de la impermeabilización, sólo se utilizarán suelos adecuados o seleccionados con la plasticidad adecuada y exigida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Los acopios del material y clasificación, si proceden del propio vaso para construir el terraplén, se harán de acuerdo con la granulometría adecuada, pudiendo clasificarse con criba, si fuera necesario. Resulta de gran interés saber manejar los distintos elementos y organizar en

definitiva los lugares y sitios del material donde lo queremos situar, evitando acopios intermedios que sean innecesarios y que encarecen las obras.

Hay que considerar cuales son los aspectos débiles de la obra y tomar medidas adecuadas:

- Tapados de zanjas compactada.
- Tapados de zanjas compactadas con tierras procedentes de la excavación, que no son zahorras.
- Tapados de zanjas, sea cual fuere el material, con pendientes pronunciadas.
- Excavaciones de zapatas, cimentaciones, pendientes de hormigonar.
- Materiales del terraplén, sin compactar.
- Tongadas en el terraplén mal extendida.
- Puntos de concentraciones de desbordamientos en terraplenes.
- Anegaciones en la excavación.
- Escorrentías de taludes interiores del vaso, sin proteger de lámina.
- Anegación de agua en el vaso, sin salida terminada.
- Anegación del vaso en fase de construcción, con salida.
- Anegación del vaso, en fase de recubrimiento del plástico.
- Accesos de obras, deteriorados.

En cualquiera de éstos puntos, tendremos que evaluar la forma de evitarlo y si se producen, de corregir de forma conveniente, asegurando la debilidad acontecida, con total seguridad. En cualquier caso, hay que considerar el estado débil de algo que está en una fase de construcción y lo difícil que resulta a veces, la protección del mismo.

No debemos de perder de vista, en aquellas balsas que se ejecutan con materiales poco plástico, que la zona de la capa compactada y la nueva que se ha echado, existe una diferenciación importante de compactación (Fig 10.9). Estas capas poseen una parte muy compacta con otra que es menor y pueden servir de aberturas en caso de fugas de agua por el terraplén. Se recomienda una vez compactada la tongada, realizar un escarificado para adherir la nueva tongada.

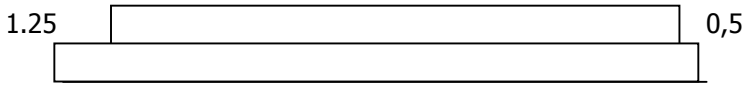
Si la obra, coincidiera en la fase del movimiento de tierra con épocas de lluvia, hay que extremas todas las medidas posibles, puesto que se encuentra en un estado muy débil de asentamiento y consolidación (generalmente durará incluso algún tiempo después de acabada) y hay que evitar posible escorrentías por los taludes, arrastre de los finos, excesos de humedad (blandones), todo esto debe considerarse durante la ejecución, mediante construcción de la explana con pendientes hacia el interior, formación de salida (preferibles por el tubo final del drenaje), etc.

Hay que prever las incidencias de la lluvia durante la ejecución de la obra. Una vez sucedida, evaluarla y dejar que la humedad de trabajo sea la adecuada para seguir trabajando. Dar soluciones y ejecutar con seguridad, teniendo en cuenta que estamos en la fase de "obra" y por tanto, de tomar decisiones que liberen incertidumbres para evitar problemas en la fase de explotación. Corregimos, no precipitamos nada, intervenimos en lo ejecutable (achiques, por ejemplo), evaluamos opiniones con los distintos miembros que intervienen en la obra y faenamos en la dirección correcta para consolidar la obra. Sentido de responsabilidad "compartida". Al obrar de éste modo, participando todos sus miembros de una obra "bien hecha".

7.2. Extendido de la tongada.

Una vez preparado el cimiento del terraplén, se procederá a la construcción del mismo empleando materiales que cumplan las condiciones establecidas anteriormente, los cuales serán extendidos en tongadas sucesivas (inferior a 40 cms.) de espesor uniforme y sensiblemente paralelas una a otras, constituyendo explanadas uniformes en toda la superficie de su anchura, para evitar diferencias de compactación. El espesor de estas tongadas será lo suficiente reducido para que, con los medios disponibles, se obtenga en todo su espesor el grado de compactación exigido. Los materiales de cada tongada serán de características uniformes, y si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con maquinaria adecuada para ello. Cuando la tongada subyacente se halle reblandecida por una humedad excesiva, no se efectuará la extensión de la siguiente.

Cada nueva tongada, creará un escalón de la altura convenida en la tongada y que estará presente hasta el final, por ejemplo, una tongada de 0,4 metros de altura, como el talud interior es 2,5:1, tendríamos un escalón de una anchura en la horizontal, con respecto a la anterior de 2,5 x 0,5 = 1,25 metros y en el talud exterior de 1:1, sería de 0,5 metros.



En el control geométrico de las secciones, las dimensiones de la anchura, no deben diferir en +/- 5% de las especificadas en los planos, con respecto a la altura en que se está realizando el control, que debe realizarse cada dos metros de altura y medidas de tramos longitudinales de 30 metros de distancia.

Durante la ejecución del extendido, la superficie de las tongadas deberá tener una pendiente transversal necesaria para asegurar la evacuación de las aguas de lluvia, hacia el talud interior, el de más anchura en escalón y que posteriormente hay que recortar, evitando concentraciones de regueras que produzcan erosiones.

No se acopiará, hasta tener asegurada por las pruebas de laboratorio, la compactación deseada de la tongada anterior.

Para cada tipo de material se tendrá en cuenta su coeficiente de esponjamiento a fin de determinar el volumen suelto por unidad de longitud de la obra.

Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación del terraplén hasta alcanzar una densidad igual, o superior a la establecida en el Pliego de Prescripciones Técnicas de la actuación y superior en todo caso a la que corresponde al noventa y cinco (95%) de la obtenida en el Ensayo de Proctor Modificado (normalmente material grueso).

En la coronación de terraplenes la densidad que se alcance no será inferior de la correspondiente al cien por cien (100%) de la obtenida en el ensayo Proctor Normal.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores, progresando hacia el centro y solapándose en cada recorrido.

La humectación del terraplén durante la construcción requiere precauciones especiales, sobre todo en cuanto a la homogeneidad de la distribución del agua, por lo que deben emplearse cubas de riego con barras o aspersores que permitan una buena regulación. Si la explanada es muy drenante puede compactarse perfectamente con exceso de agua sobre la óptima del Proctor Modificado, pero hay que tener en cuenta el terraplén subyacente que puede resultar dañado parcialmente por el exceso de agua; por ello es preferible usar en la mayoría de los casos una cantidad de agua igual a la del óptimo del Proctor Modificado menos 1% o 2%.

Cuando el material se encuentre excesivamente húmedo por lluvia, será extendido sin compactar y se volteará hasta que por aireación e insolación recupere la humedad adecuada.

En cuanto controles, llevaremos en la inspección visual a lo largo de la ejecución, la ausencia total de raíces, tierra vegetal, tamaño de los elementos gruesos inferiores a la mitad

de la altura de la tongada levantada, es decir, 40 cms, altura, no visualizando ningún grueso de más de 20 cms.

Sobre los datos del laboratorio, durante la ejecución, controles sobre el Límite líquido inferior a 65, Índice plasticidad menor de 0,6 x LL -9. En los de campo con el método de la arena o el nuclear, la densidad mayor del 100 % Proctor Normal en cinco puntos aleatorios de 7.500 m2 de explanada compactada.

7.3. Perfilado de taludes.

El talud es la parte más importante en su comportamiento estable, lo que hemos definido como el éxito de la granulometría, de la homogeneidad del reparto de la mezcla de sus componentes. Normalmente suelen proyectarse en los interiores de forma tendidas, suaves, como 3:1; 2,5:1 y en el talud exterior 1,5:1 ó bien 1:1.

A modo de orientación los terrenos clasificados en A-2-4 y A-4, permiten buenas terminaciones de taludes siempre que su densidad de Proctor sea superior a 1,75 t/m^3. Permeabilidad superior a 10^{-6} m/s.

La forma de llevarlo en el talud interior al tener escalones realizados de suaves pendientes, podemos efectuarlo con Buldózer manejado por un buen profesional y posteriormente, de forma manual, empezando por su parte superior. Hay que eliminar cualquier piedra que pueda dañar la lámina plástica.

En los taludes exteriores poseemos dos clases:

- Provenientes del desmonte.
- Talud exterior

El primero se relaciona con el vaso en un plano superior y su inestabilidad puede afectar a la seguridad de la balsa por deslizamiento de masas superiores. En algunos casos se precisa de muros, gaviones (Foto 10.5), pedraplenes, que estabilicen el terreno excavado. Deben cuidarse estos detalles para evitar problemas de aterramientos. La practica de cunetas revestidas suelen realizarse para evitar deterioros de su base si se encuentran con pendientes.



Foto nº. 10.5. Protección desmonte con gaviones.

En el segundo caso suele ser beneficioso en el talud de agua abajo, realizar con las piedras excavadas del vaso una escollera con piedras (si es que las hubo), para evitar en aquellos puntos de caídas comprometidas menores de 45º (es una barbaridad, pero a veces existen por tener que respetar un paso, por ejemplo), el que pudiera haber un desprendimiento de masa por falta de caída. En el talud exterior interesa no tocar los diferentes escalones practicados durante su construcción, para utilizarlos de base de la tierra vegetal que después incorporaremos para su vegetación natural. Si fuera necesario, mediante retro conforme se va subiendo el terraplén (cada 3 metros de altura).

La excavación de los taludes se realizará de forma que no comprometa su estabilidad final. Si fuera necesario aportar material por tener fallos con necesidad de corregir (deberían de evitarse) se trabajan con la maquina de abajo hacia arriba, mojando y compactando con bandejas vibrantes, de forma manual.

Para realizar un acabado perfecto de pendiente puede ser de utilidad ayudarse con tiradas de cordel, estaquillando sus extremos y crear un paralelismo del cordel y el talud deseado. También puede ser de utilidad crear un molde del perfil de talud, mediante una escuadra metálica y ayudado con un nivel de agua, donde apoyando en el talud se establecen su caída.

Sería interesante crear un molde o ejemplo sobre una zona de talud de modo perfecto, con máquinas precisas, como es la retro-excavadora, ayudados con soportes de elementos precisos de nivel de agua, donde seguimos su orientación en la zona colindante.

A veces, aunque caro, se realiza con retros de brazos largos y un tipo de cazo ancho, de más de un metro de anchura y poca profundidad. Este tipo de tarea es lento y costoso y de cualquier manera, necesita del auxilio de peones que de forma manual, ayudados de azadas, rastrillos, complementan el trabajo.



Foto nº. 10. 6.

El pasillo de coronación, deberá de estar perfectamente nivelado antes de efectuar los recortes. Suele acondicionarse bastante bien, con la ayuda de un tractor con traílla, donde

empareja y uniformiza todo el pasillo, sobre todo las aristas interiores del vaso, para evitar diferencias a la hora de taluzar. Si la tierra del talud no está suficientemente compactada, se evitará taluzarlo con cadenas, puesto que provocarían arrastres de materiales hacia la solera, provocando socavones en el talud del terraplén, perjudicando su uniformidad.

En caso de tener materiales pedregosos sobre estos taludes, se procederá a recubrir con una capa de arena (> 5 cms), preferible con un poco de plasticidad, en un estado seco, distribuyéndolo de forma uniforme y si es posible, regamos para pisarla con un pisón o rana vibrante de forma manual.

La época de realizar el perfilado y refino del talud, será próxima a la del recubrimiento de la lámina, para evitar que puedan erosionarse y sobre todo, sin riesgo de posibles lluvias, donde la escorrentía arruinaría el taluzado realizado.

La parte de la solera de la balsa no deberá contener nada de restos de raíces, ni piedras con aristas y salientes puntiagudos, ángulos punzantes, realizando un tamizado si fuera necesario y aportando materiales finos, con la pendiente requerida en el Proyecto y compactación correspondiente, para evitar que pueda rasgar la geomembrana.

Si en la solera o taludes, nos encontramos con la certeza o la duda de la existencia de paquetes de calizas con cimas, tobas o travertinos, paquetes de yesos, etc. que pudieran ceder, provocando asentamientos diferenciales en la lámina, se procederán a realizar paños suficientes de lozas de hormigón armada con cuadriculas de 15x15 de 8 mm de sección, con un espesor no inferior a los 12 cms, y rematados en sus bordes laterales en forma de bisel (siempre en todas las obras de fábrica, cercana a recibir láminas) y recubierta con una capa de arena que las separe de la cara del hormigón con la lámina (textil o geomembrana).

7.4. Cubicaciones del movimiento de tierras.

Es el cálculo efectuado para conocer el volumen de materiales movidos o transportados en su estado natural o compactado.

Los sistemas de cubicaciones clásicos son:

- Cuadrícula.
- Secciones horizontales.
- Sistemas de perfiles.
- Programas de Diseños gráficos (Autocad, Varin, etc.).

Estas medidas se realizan en diferentes fases: previas a la ejecución, durante la obra y a la terminación de la misma. Sirven para realizar seguimientos de la obra y del proyecto.

8. OBRAS DE FÁBRICA.

En general, están constituidas por un conjunto de unidades que definen tal obra. Estas unidades unitarias de precios simples, vienen a formarse con los siguientes conceptos:

8.1. Excavación.

Es el trabajo realizado por una máquina o bien manualmente y que posee medidas cúbicas (volúmenes), contemplando las características del terreno. Estas excavaciones pueden ser puntuales o lineales, caso de tubería.

En esta unidad se tiene en cuenta si necesita entibación, achiques, relleno y apisonado de material, profundidad de la excavación, donde se llevan los materiales excavados, tapado, etc.

8.2. Hormigones y morteros.

La puesta en obra, la necesidad de bombeo, etc, suelen determinarse conforme a normas EHE.

Nomenclatura de hormigones EHE: T – R / C / TM / A

T. Tipo

HM para hormigón en masa.
HA para hormigón armado.

R. Resistencia característica expresada en N/mm^2 (Newtons por mm^2). Es la resistencia en kg/cm^2 dividida entre diez.

Se recuerda que por prescripción de la EHE no puede ser menor de **20 N/mm^2 para HM y 25 N/mm^2 para HA.**

Ejemplo. H-250 antiguo => f_{ck} = 250 $kg/cm^2 \approx 25$ N/mm^2 => HA – 25 / ...

C. Consistencia del hormigón. Según el asiento con ensayo con cono de Abrams es:

Valor de **C**	Consistencia	Asiento en cm
S	Seca	0 – 2
P (Normal)	***Plástica***	***3 – 5***
B	Blanda	6 – 9
F	Fluida	10 – 15

TM. Tamaño máximo del árido medido en mm.

A. Ambiente de exposición del hormigón (apart. 8.2.1. de la EHE). Se resume a continuación la tabla 8.2.2 de la misma. El tipo de ambiente es fundamentalmente relevante para aspectos de la corrosión de las armaduras. Al hormigón propiamente dicho, prácticamente sólo le afecta para las limitaciones en cantidad mínima de cemento y de relación agua / cemento máxima (Artículo 37 de la EHE). Es decir, este parámetro prácticamente no afecta al precio del hormigón.

Además existen los grupos Qa, Qb y Qc referentes a la posibilidad de corrosión por sustancias químicas. Ver tabla 8.2.3. de la norma EHE.

Tipo (**A**)	Clase	Subclase	Tipo de procesos	Ejemplos
I	Sin agresión a las armaduras		Sin corrosión	- Interiores de edificios sin condensación - Hormigón en masa (**HM**) y por tanto sin armaduras
IIa	Normal	Humedad alta	Corrosión sin cloruros (sales)	- Cimentaciones - Sótanos de edificios no ventilados (condensaciones) - Exteriores con lluvia > 600 mm/año
IIb		Humedad media		- Exteriores con lluvia < 600 mm/año
IIIa	Marina	Aérea	Corrosión por cloruros	- Zonas a menos de 5 km de la costa - Elementos de hormigón fuera del mar
IIIb		Sumergida		- Elementos sumergidos en el mar
IIIc		En zona de mareas		- Elementos que se encuentran en la carrera de mareas, es decir que pasan de estar sumergidos a estar al aire
IV	Con cloruros de origen distinto al marino		Corrosión por cloruros	- Piscinas - Pilas de puentes donde se usan sales de deshielo - Cimentaciones en terrenos salinos

Cuadro 10.5. Nomenclatura hormigones EHE.



Foto nº. 10.6. Contención del talud desmontando por encima de la balsa, con HA.

EJEMPLOS

Tablero de puente en los Pirineos => HA–35/P/20/F

Hormigón para armar de 35 N/mm^2 de resistencia característica (antiguo H-350), consistencia plástica, tamaño máximo de árido de 20 mm en un ambiente con heladas y uso de sales fundentes contra la nieve.

Zapata de cimentación en terreno normal, no salino => HA-25/P/40/IIa

Hormigón para armar de 25 N/mm^2 de resistencia característica (antiguo H-250, no se puede usar un hormigón peor), consistencia plástica, tamaño máximo de árido de 40 mm en un ambiente húmedo pero sin presencia de cloruros.

El mortero se utiliza para maestrar paredes.

8.3. Encofrado, cimbras, moldes.

Es la necesidad de crear un molde para depositar el hormigón, generalmente en forma vertical para muros, donde el precio es variable en función de la unidad y altura de encofrado. Este precio contempla el desencofrado del mismo. Los de pilares, losas, vigas, suelen ser raros en éstos tipos de obras.

Hay veces que la propia excavación sirve para alojar el hormigón y otras veces interesa realizar encofrados perdidos de bloques prefabricados y rellenos de hormigón, donde una vez fraguado éste, se utiliza como "cajón de vertido".

Estos encofrados pueden ser de maderas o metálicos, dependiendo de la forma que queremos conseguir, de la perfección de acabados, etc.



Foto nº. 10.7. Detalle de embocadura con pletina de perfiles de PEAD.

Este tipo de trabajo requiere de profesionales para su ejecución, puesto que necesitan de alineación perfecta, caída de muros a "plomo" y si no está bien organizado el encofrado, puede llegar hasta reventarlo, cuando menos a deformarlo.

8.4. Acero.

El acero se emplea en las obras de fábricas para absorber tracción o compresiones de muros, losas, de acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural Artº 66. Los diferentes diámetros de corrugado, AEH-400, doblado, atado, etc, suelen detallarse en los planos de obra con suficiente detalle. Se especificaran en las mallas la retícula y diámetro del acero, así como atados, solapes, etc. Normalmente el precio es colocado en obra.



Foto nº. 10. 8. Formación de ferralla en el muro de la foto 7.9.

8.5. Prefabricado.

La utilidad y el ahorro de mano de obra en las piezas prefabricadas, empiezan a ganar un terreno indiscutible, así como el ahorro del factor tiempo. En general suelen usarse en la formación de galerías visitables, donde influye la altura del terreno soportado.



Foto nº. 10. 9. Marco prefabricado de 2 x 2 para terraplén de 12 m.

También existen arquetas prefabricadas, casetas, etc, que permiten ahorrar tiempo de ejecución. En éstos elementos hay que considerar la distancia del brazo de la grúa o lo que es igual, colocación de maniobra de colocación. La compactación de éstas unidades se realizan con rodillos y bandejas vibrantes de forma manual.

8.6. Arquetas.

Esta designada al alojamiento de piezas de control, funcionalidad de la conducción. Suelen hacerse en el terreno y en ocasiones se hacen a posteriores de la formación de los elementos que va a contener.



Foto nº. 10. 10. Formación de piezas montadas, esperando arqueta.

En éstos hay que tener previstos los tubos de fundición o pasamuros, así como elementos de piezas para conseguir su desmontaje, normalmente carretes de montajes o simples Uniones Gibault con suficiente holguras entre las uniones.

En la tapadera metálica hay que tener en cuenta la condensación interior a la que puede estar sometida, debiendo protegerse con galvanizado o pintura epoxi, así como ventilación, drenaje, pates, etc.

8.7. Obras tipificadas.

Existe tal conocimiento sobre algunos tipos de obras, que estas se dan como partidas que no necesitan detallar su composición de unidades, ni de precios, como suele ocurrir con las cunetas revestidas, caños hormigonados, etc.

8.8. Cantería.

La necesidad de aguantar terrenos flojos, lleva como consecuencia a veces a dar soluciones con obras denominadas de "cantería" como son:

- Mampostería seca: Interesa altura, forma de la piedra, distancia del transporte.
- Mampostería careada: Recogida con mortero de colocación manual.
- Gaviones (Foto 10.5).
- Mampostería hormigonada: Con máquinas.
- Otras: Albardas, chapados de piedra artificial, etc.

En éstos tipos de obras, hay que tener en cuenta la naturaleza de la piedra, distancias, así como crear sistemas de evacuación del agua del terreno, tanto más cuanto más perfecto sea el cierre, sobre todo los hormigonados (mechinales).

8.9. Compactación cercana a una obra de fábrica.

Cuando hay que abrigar con zahorra estructuras hormigonadas, hay que prestar cuidados para no romper la obra de fábrica y al mismo tiempo, compactar el terreno que acompaña dicha estructura. Esto se resuelve con vibradores manuales, bandejas, etc., como es el caso de terminación de la fotografía 7.10 y compactada en la foto 7. 14.

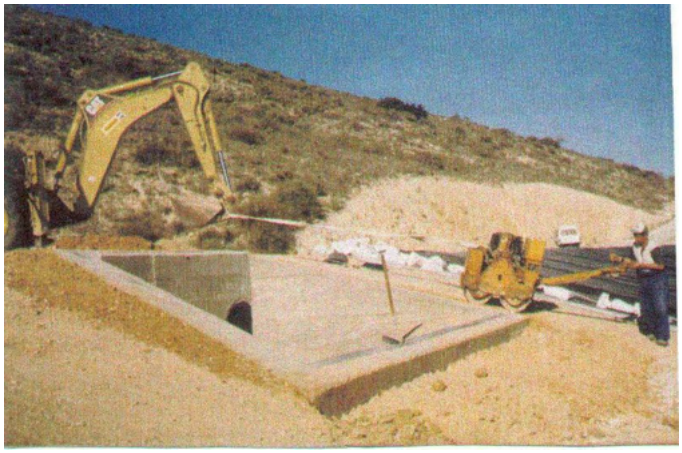


Foto nº. 10.. 11. Compactador de doble rodillo manual.

9. CONSTRUCCIONES DE DRENES.

El drén más común sea cual fuere el sistema (agua filtradas, escapes, gas), formación (solera del vaso, pie de terraplén, pasillo de coronación), distribución (lineal, perimetral, espina de pescado) empleado, necesita de la excavación que se realiza una vez ha terminado la solera del vaso, creando en éste una cierta pendiente para facilitar su evacuación.

Puede llevar una banda de geotextil que rodea toda la excavación para impedir que los finos del terreno tapen el tubo dren. Colocado el geotextil, se deposita el tubo drenante, los demás de conducción solamente, cuya función drenante la han hecho en otra zona. Luego se rellena toda la zanja de piedras del tamaño de un "puño" y puede o no cerrarse por encima con manta geotextil especial, para evitar perforación de la lámina impermeable.

El dren del fondo del vaso se continua finalmente con un tubo metálico hormigonado, que acompaña normalmente al tubo de salida. Una vez pasa el muro de la galería visitable o final del terraplén, se deja señalado en arqueta de recepción o sobre un terreno acondicionado mediante reguera, para analizar su caudal.

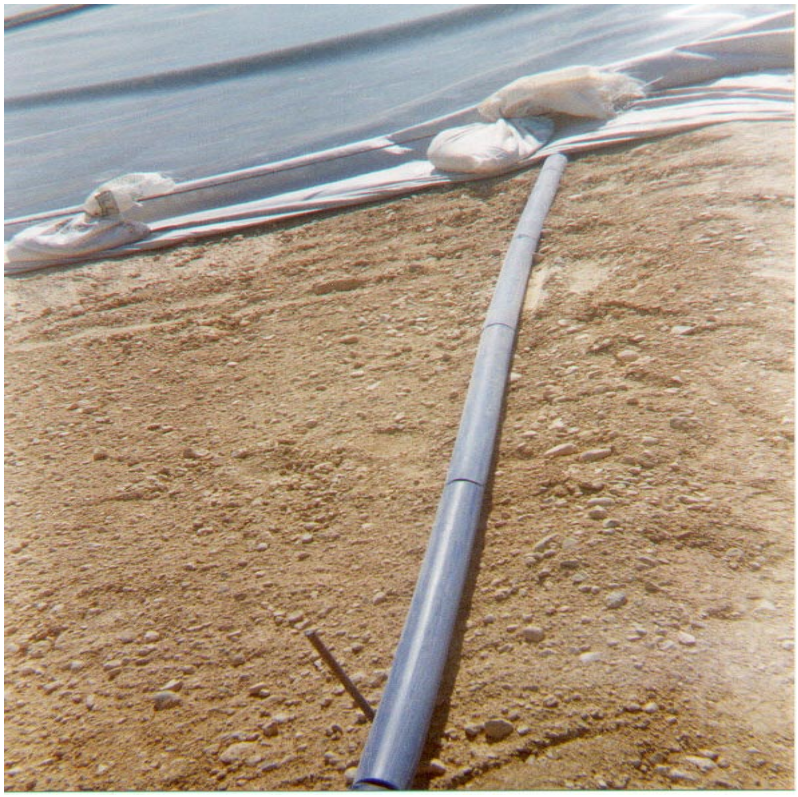


Foto nº. 10.12. Dren de gas.

Para evacuar los gases se dejan chimeneas o ventanas para eliminar los efectos de los gases debajo de la lámina en días de viento, además de prevenir succión (o sobrepresión, dependiendo de la dirección) que se facilita aún más con los gases internos y que podrían romper la lámina, en caso de encontrarse vacío.

10. IMPERMEABILIZACION.

a. Trabajos previos.

En el pasillo de coronación se realiza una excavación paralela a la arista del borde del vaso. Esta zanja perimetral se realiza con una separación de unos 50 cms de distancia de dicha arista y profundidad suficiente (40/40) para alojar el inicio de los paños. Esta faena recibe el nombre de anclaje de lámina.

Para poder trabajar en toda la balsa, se deja de forma provisional y en otros casos permanentes, una rampa de bajada de vehículos con una pendiente más suave que la del talud interior.

Es importante insistir en dejar limpio el interior del vaso de piedras. Si el terreno presenta problemas de cohesión y presenta fuertes irregularidades en su superficie, podemos sellar los huecos existentes con algún sistema que tape dichos poros y estabilice si fuera necesario con algún tratamiento de lechada, normalmente se suele extender arena.

Hay que evitar que después del refino de los taludes pase algún tiempo, ya que podría dar lugar al deterioro de la superficie y provocar erosiones, crecimiento de vegetación, etc.

Es importante el momento climático para el trabajo de la lámina. En caso de lluvia se suspenden el trabajo temporalmente. La mejor época es aquella que la temperatura es media, sobre todo para el PEAD que presenta problemas de dilataciones donde con temperaturas altas hay que suspender los trabajos. Otro fenómeno es el viento racheado que puede levantar las láminas y producir el vuelco de las mismas, debiendo lastrarse provisionalmente con sacos de tierras para evitar que se muevan.

b. Análisis del número de paños.

Hay que realizar el menor número de soldaduras posible y esto se consigue mediante láminas grandes. Recortes estudiados.

La forma de la balsa decide mucho sobre el aprovechamiento máximo de los paños, así una balsa de forma tronco piramidal, posee menos desperdicio de mantas que una circular.

En general deberá de realizarse un estudio de la colocación y aprovechamientos de láminas. En ningún caso permitiremos uniones de paños transversales en los taludes por estar sometidas a tracción. Una manta de 40 x 12 de PEAD 2 mm pesa más de 2 toneladas y la forma correcta es cubrir a lo largo del talud con los 40 metros y realizar la soldadura longitudinal desde arriba hasta abajo, dejando el resto de sobra de la manta en la solera, evitando el "cuelgue" de soldaduras transversales (parte de los 8 metros de ancho).

La longitud del paño exigido debe ser tal que la colocada sobre el talud la cubra totalmente y no necesite añadido. De no realizarse berma por su altura, evitaremos tensiones no adecuadas en las uniones de la lámina. En caso de tener que realizarse grandes caídas de mantas estas se realizarán anclándolos en el talud y realizando descansos entre ellas, como indica la figura, o bien creando las bermas.

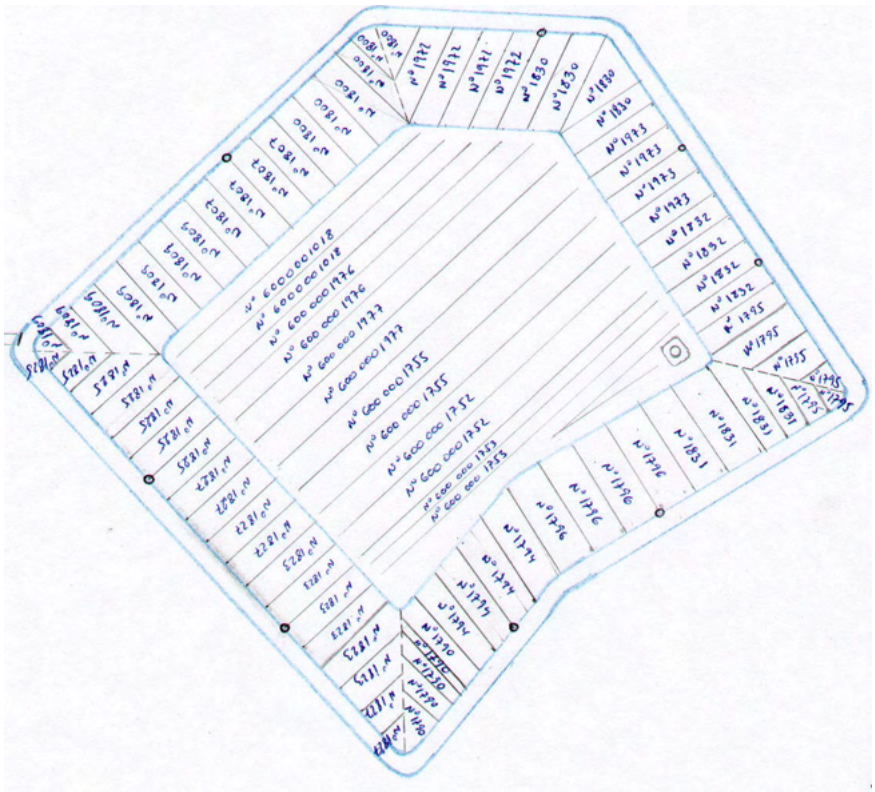


Figura nº. 10.10. Forma y número de serie del paño colocado (trazabilidad).

c. Extendido de la lámina.

La forma de transportar, almacenar en obra y distribuir en el trabajo, es importante. La lámina no debe tener problemas de perforaciones, arañados ni deformaciones de asientos que modifiquen el estado de acabado original. Los controles de su fabricación, número de series, dimensiones y fabricantes, estarán impresos en tinta imborrable para el seguimiento de su control de trazabilidad (ubicación en la balsa). Durante su manipulación se tendrá el mismo cuidado.

En general, se empieza siempre por la parte del talud contrario a la rampa de servicio, por una parte recta de su esquina. Si lleva un soporte base de geotextil en la lámina impermeable (PVC, PEAD, EPDM), se comienza ésta desde la solera hasta la zanja de anclaje del pasillo de coronación. El geotextil se puede soldar, solapándolo o dejar las juntas sin soldar. A continuación se coloca la lámina impermeable de forma inversa, se deposita parte de lámina en la zanja de excavación practicada en el pasillo de coronación, retirada de la arista del borde del talud unos 50 cms. De ésta forma, se continua con la siguiente y se comienza a soldar de forma longitudinal, desde la parte superior del talud hasta la solera. Una vez cubierta la parte de pared del talud, se continua con la solera del vaso.

En general existen dos equipos de trabajos, uno por delante colocando "mantas" y otro soldando. Una vez se ha soldado un área determinada, el equipo de colocación pasa a colocar los lastres provisionales, con sacos llenos de arena (fotografía 3.19).

El calzado de los operarios no debe de tener incrustaciones de piedras que perjudique la lámina (botas militares) sobre todos aquellas láminas como el PEBD de lámina delgada, suelen pegarse con cintas adhesivas de grandes anchuras, para después cubrirlos con grava y arena.

En la caída de láminas sobre el talud se evitaran los pliegues debido a una mala colocación del paño, lo que se denomina "descolgado" y que obliga a una detención de la soldadura para realizar un posterior parche (extrusión) como se muestra la fotografía 3.28 a punto de realizar éste fenómeno de paralización de soldadura por termofusión.

Hay que tener en cuenta que la forma de extender la lámina varía según la lámina. El PEAD es más difícil de manejar, hay que dejarlo caer desde arriba del talud y se desliza a una fuerte velocidad, luego habrá que modificar y cuadrar la manta (insistir en su peso), sin embargo otras láminas, por ejemplo el PEAD es más fácil su colocación y permite hacerlo de continuo, por ejemplo las esquinas, se recortan sobre la marcha (fotografía 3.30), mientras que en el PEAD hay que cortarlo expresamente afuera y colocar posteriormente el paño, uniendo las cuñas posteriormente de las esquinas. Es un esquema distinto. Se termina el vaso eliminando la rampa auxiliar de bajada, terminando de perfilar el talud interior.

d. Anclajes y colocación de lámina.

El anclaje de coronación se realiza en el PEAD, incluso antes de dejarlo caer, mediante sujeción de gavillas de hierro que se insertan en la lámina y se clavan en la zanja de anclaje de forma continua. Luego se tapan según diferentes normas. De existir el geotextil, éste se coloca como es natural, antes que la geomembrana, adelantándose en toda su dimensión.

En caso de PEAD, se dejará sin cubrir la parte de las soldaduras, para realizar su comprobación. Este tipo de anclaje aguanta el peso de la lámina (2000 Kg cada manta de PEAD).

El material de relleno puede ser el procedente de la propia excavación, seleccionado o no, de hormigón, aunque se comprueba que existe una difícil situación de movimientos en las dilataciones del PEAD, originando un "terreno de nadie", que podría falsear la estructura del muro o bordillo que se desea colocar encima del mismo.

Para evitar las roturas de láminas del PEAD, en balsas de grandes superficies, se aconseja realizar un pliegue en las esquinas y en el perímetro de la solera del vaso, para que no tenga problema en sus contracciones posteriores.

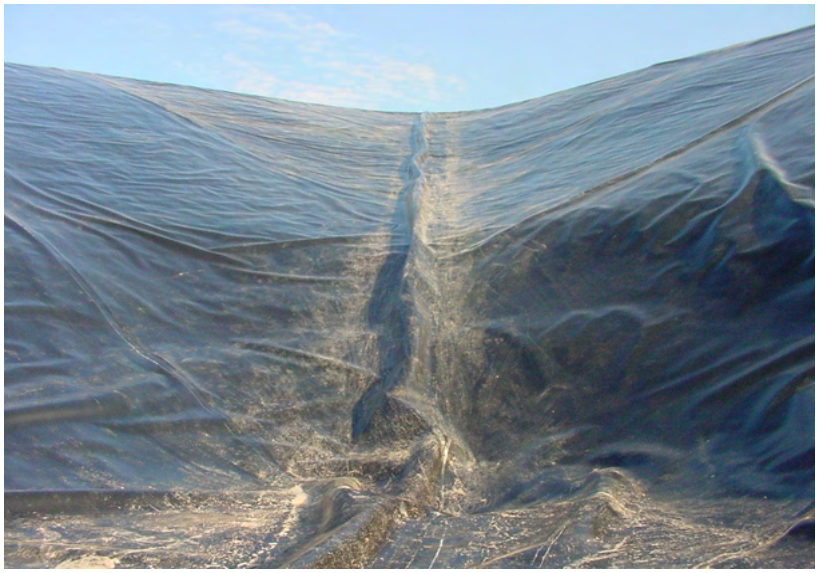


Fig. 7. 16. Arruga formada en el PEAD.

En aquellas balsas que poseen alturas superiores a 15 metros de altura de agua, se realizan bermas a mitad del talud.

Hay que diseñar los lastres del fondo, a través del talud (cuidad con el efecto pancarta). En algunos casos hace falta de enlaces especiales (pletinas).

Los rollos más complejos de trabajar son los del talud y hay que considerar un plan diario de trabajo para terminar el "tajo" de soldaduras según se van colocando los mismos y su correspondiente lastrado provisional mediante saco de arena.

Uno de los aspectos más interesante es la aproximación de la lámina con obras de fábrica de hormigones o piezas metálicas singulares como las bridas de acero, empleadas en salidas, derramaderos, entradas de agua, etc. En éstos hay que extremar cuidado de los asentamientos del terreno cercano a la obra. Estos terrenos de no estar bien compactado, darán lugar a los siguientes problemas en la lámina impermeable:

- Cortes en forma de cizalla.
- Desgarro con los anclajes.
- Grietas y deformaciones espectaculares por excesiva fricción.

La forma de evitarlo, según el orden de daño, es la siguiente:

A) Terminación del hormigón en forma de bisel.

B) Suficiente lámina de anclaje.

C) Protección con geotextil, elastómeros.

e. Tipos de uniones de las láminas.

La forma de soldadura o de pegados variará según el material y dentro de cada uno contemplar en su amplia gama de membranas, las especificaciones, por ejemplo si es de EPDM con / sin armaduras, sin/con vulcanizado, dando el tratamiento adhesivo especifico para cada caso. El uso de limpiador recomendado y los adhesivos homologados, siguiendo la norma de colocación especifica del fabricante en sus recomendaciones, practicando un buen soporte de base, sellados de solapes, anclajes, lastrados, etc.

Aunque habíamos hablado de ello en el Capítulo 3, recordar de pasada los diferentes tipos de soldaduras:

I Pegados con productos.

II Vulcanizado.

III Pegado con cinta.

IV Soldaduras por termo – fusión de los propios materiales.

VI Soldaduras por extrusión (material incorporado por un cordón externo fundido de la misma característica).

La unión mediante soldadura por termo - fusión se realiza con la ayuda de máquinas automáticas autopropulsadas que permiten controlar la temperatura, velocidad y presión de soldado. Este método realiza una soldadura de calidad extraordinaria en la que las dos láminas se sueldan mediante solapamiento, normalmente de 30 cms. La unión de soldadura es doble y está separada por un canal central sin soldar, que sirve para realizar la prueba de estanqueidad.



Foto 10.13. Torniquete que cierra el extremo del canalillo del PEAD.

De esta forma se permite la comprobación de la soldadura mediante insuflado de aire a presión, normalmente 2 atmósfera, cerrando el extremo mediante torniquete. El método permite comprobar si hay fuga en la soldadura, aplicando el aire a presión (bomba de inflado) en el canal de prueba. Caso de tener caída de presión rápida, sin mucho sostenimiento, se

procede a mojar toda la soldadura con agua jabonosa para detectar la fuga de aire. Una vez detectada la fuga se señala con pintura plástica para después proceder a su extrusado.



Foto. 10.14. Prueba de la doble soldadura en PEAD.

Con éste método es posible comprobar minuciosamente la totalidad de una junta de una sola vez. Una típica junta de 100 metros puede ser comprobada en 15 minutos.

Las soldaduras se comprueban en el laboratorio mediante tensado, realizando lectura de la tensión ejercida hasta su rotura (Fotografía 3.18). En el momento de producirse, se registra la fuerza ejercida justo en el momento en que rompe. La forma en la que parte la lámina es muy importante, debiendo de romperse por cualquier sitio, menos por la soldadura.

Tipo de rotura	Descripción de la rotura	Clasificación
Dirección de cizalla →	Fallo de adhesión.	Incorrecta
	Rotura en la geomembrana.	Correcta
	Rotura en el extremo exterior de la soldadura. La rotura puede ser en la geomembrana superior o inferior.	Correcta
	Rotura en el extremo interior de la soldadura.	Correcta
	Rotura en el principio de la soldadura después de algún fallo de adhesión. La rotura puede ser en la geomembrana superior o inferior.	Correcta

Fig. 10. 11. Rotura de soldadura de PEAD por termodifusión.

En la obra también se puede realizar aplicando a una muestra que por un lado se fija mediante atado y en el otro extremo se le fuerza a tracción con una maquina hasta romperse, también se puede emplear tensores de fuerzas que rompen las dos láminas soldadas y nos fija

la aguja en su máximo valor de tensión de rotura. Nunca debe romper por la unión de la soldadura, sino por cualquier parte de la lámina.

En las soldaduras por extrusión, existen más dudas y hay menos claridad. Existen comerciales que auguran que es una soldadura más, de igual fiabilidad y hay otro grupo que no se lo creen y huyen de someter a estas soldaduras a fuertes tensiones de tracción (recordemos que el PEAD sufre de enormes dilataciones y lo que es peor, contracciones del material).

La soldadura por extrusión se realiza mediante la aplicación de un cordón de resina en la unión de dos láminas solapadas o lámina con el perfil del mismo material. Las láminas o lámina y perfil, se funden por la acción combinada de un soplador de aire caliente y el polímero fundido, resultando una unión homogénea entre el material aportado entre las dos láminas o la lámina y parte del perfil.

Las máquinas de soldadura por extrusión son aparatos manuales que facilitan la lectura de la temperatura del material fundido y permiten el ajuste numérico de la unidad de precalentamiento (soplador del aire). Antes de realizar la unión, hay que preparar las áreas a soldar mediante lijado.

Tipo de rotura	Descripción de la rotura	Clasificación
	Fallo de adhesión. Las probetas pueden también delaminarse bajo el material extrusado y romper a través del delgado material extrusado en el área exterior.	Incorrecta
	Fallo de adhesión.	Incorrecta
	Rotura a través de la extrusión. Tal rango de roturas va de aquéllas que empiezan en el extremo de la geomembrana superior a aquéllas que atraviesan la extrusión después de algunos fallos de adhesión entre la extrusión y la geomembrana inferior.	Correcta
	Rotura en el extremo de la soldadura. Las probetas pueden romper en cualquier lugar desde el borde material extrusado/área exterior al borde área exterior/área pegada. (Aplicable a cizalla sólo).	Correcta
	Rotura en el extremo de la soldadura. Las probetas pueden romper en cualquier lugar desde el borde material extrusado-/área exterior al borde área exterior/área pegada.	Correcta
	Rotura en el lado de la soldadura. (Aplicable a pelado solamente).	Correcta
	Rotura en la lámina. (Aplicable solamente a cizalla).	Correcta
	Rotura en lámina.	Correcta
	Rotura en la lámina después de algún fallo de adhesión entre la extrusión y la lámina inferior. (Aplicable sólo a pegado).	Correcta
	Rotura en el extremo de la unión por calor para probetas que no podrían ser delaminadas en la unión por calor. (Aplicable sólo a tests de cizalla).	Correcta

Figura (10.12) Tipos de rotura y su descripción en soldaduras por termodifusión con aporte de material

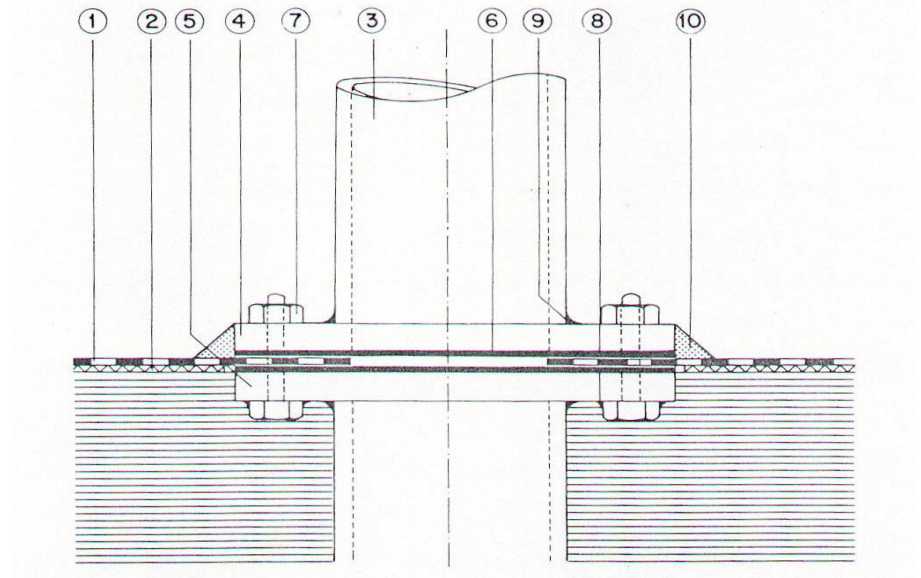
En el caso de seguimiento de pruebas en éstas soldaduras de extrusión, se realizan con un aparato denominado "chispometro". Previamente a la soldadura, hay que añadir un cordón de hilo de cobre para que se incorpore con la masa fundida del cordón de resina, tapado por el depósito derretido de la resina. El hilo debe estar suficientemente cubierto por la resina. Esta soldadura se comprueba con el aparato eléctrico que produce un "arco eléctrico" en el caso de no estar protegido el cobre por la resina, saltando una chispa eléctrica (de ahí su nombre), debiendo señalar la zona detectada para volver de nuevo a soldarla.

La norma UNE 104 421 de Diciembre de 1.995 realiza el desarrollo de la puesta en obra y la forma correcta de trabajar y controlar esta lámina de PEAD. De éste modo en las pruebas de roturas de soldaduras por extrusión, donde se aporta el material, suele darse la siguiente clasificación.

Una cosa que debemos tener claro, es que cuánto más grosor posee la lámina (buena para tracción, resistencia a rotura, etc.), peor es la soldadura. La tendencia actual en EEUU se viene utilizando más las láminas delgadas.

El polietileno es un material muy experimentado en vertederos en EEUU y se puede decir, que está muy extendido en Murcia, donde a partir de los 80 empezó a sustituir al PVC. Aunque sus resultados son satisfactorios, no suele encajar a primera vista por el defecto de sus abundantes arrugas (necesarias además) que le da una visión poco estética en su acabado. He oído muchas veces eso de "no suele entrar por el ojo a primera vista", debido a su aspecto rugoso y escuchar mentiras piadosas: - "después se quitan".

El Polietileno tiene una amplia y abundante documentación, especificaciones de normas, experiencias, etc. Curiosamente es difícil la información acerca del Propileno, del que se dice que desplazará al PEAD, al tener mayor flexibilidad y ser un material **homogéneo** (los que poseen mezclas sofisticadas, entramadas fórmulas de compuestos, no son adecuados).



1 Geomembrana
2 Geotextil antiperforación y/o drenante
3 Canalización
4 Brida
5 Contrabrida
6 Junta comprimible
7 Pernos inox
8 Soldadura continua sobre pernos
9 Soldadura continua sobre soldadura
10 Cordón elastomérico y/o extrusión con aporte de material

NOTA IMPORTANTE – En todos los ensamblamientos se evitará el paso del geotextil (permeable) bajo las juntas compresibles (juntas de estanquidad).

Figura 10.13. Unión de salidas con bridas en lámina de PEAD.

El problema del PEAD es su dureza, su falta de flexibilidad (algo menos al aplicar PEBD), sus cambios de formas, donde en los periodos fríos o bien en horas tempranas del día, el material está "tieso" y conforme avanza el día, se ponen rugoso, allí donde estaba liso, según zonas. Estas contracciones / dilataciones continuas y exageradas exasperan a sus seguidores. En cambio, el EPDM no presenta éstos problemas, aunque como no hay nada como el paraíso, éste presenta la dificultad de no poder soldarlo bien al cabo de años, con lo cual, "mi gozo en un pozo".

Otra dificultad del PEAD es el ajuste estanco del cierre y esto es muy grave. Tan complejo es que hablaremos de ello en el Capítulo 9 (drástico), por sus dificultades del cierre en la salida y de los problemas que acarrea al ser posible fuente de fugas en la impermeabilización, debido a que el PEAD es un puñetero para las "juntiñas". No hay forma de adherirlo con otros materiales y presenta el problema añadido de sus movimientos. La normativa aconseja el siguiente sistema

El EPDM goza de adeptos de gran importancia. Los resultados iniciales son excelentes y posee una amplia cantidad de balsa protegida con éste sistema en Murcia, donde organismos como Taibilla, Confederación, Consejería de Agricultura de la CARM, particulares, suelen inclinarse por éste sistema más flexible que el PEAD.

Normalmente tiene sus defensores (comerciales, como es natural) y que son especialistas en éstos materiales. Una casa de instalación de EPDM hablará mal del otro producto y contará excelencia del suyo.

La forma de construir se fue explicada en el Capítulo 3 y sólo resta decir que no poseen el problema de los aprietes en cierres que tiene el anterior. Estos son muy seguros y es difícil que produzcan problemas. No conozco métodos de comprobar las juntas o uniones de mantas, salvo las visuales o el pase con meros instrumentos romos por sus uniones, por si hubiera vacíos, huecos. Se puede hurgar con un tipo de plástico duro, para no dañar la lámina y sobre la línea de soldadura, se va pasando y se comprueba que no se introduce nada.

11. ENTREGA DEL AGUA.

Ya habíamos comentado que la forma de alimentarse la balsa podía ser de un cauce, donde mediante la construcción de un azud (parada), se lleva con un canal o tubería el agua a la balsa. El otro aspecto era el procedente de los sondeos que mediante impulsión, llegaba el agua a la balsa. También podía ser de un canal principal, caso del trasvase Tajo – Segura, de la propia Comunidad de Regante (turno de riego). Cualquiera que sea el caso, estas conducciones llevan aparejados sus sistemas de controles (llaves, desagües, ventosas, válvulas de retención, filtros, etc.) y una vez que llega a la balsa, esta se suele depositar de forma general (raramente por la solera) por la cumbrera del vaso.

La forma de entrega a la balsa suele diseñarse en forma de canal (cada vez menos) y puede ser armado todo el conjunto para tener mayor garantía. También en simple canal prefabricada cuando la pendiente del talud es poco pronunciada (3:1). En general la lámina impermeable hay que protegerla de los movimientos del canal, normalmente con otra lámina o bien con geotextil. Hay veces que se diseñan sistemas de soldaduras por extrusión o pletinas añadidas al muro, donde se suelda la lámina (presenta enormes problemas). Al final del canal, suele hacerse un pequeño cuenco amortiguador, para que el agua no golpee la base.

A veces se dota el canal con anchura suficiente para que sirva de apoyo a máquinas pequeñas que puedan llegar hasta el fondo del vaso. En algunos tipos de canales armadas, se construyen escalones paralelos para bajadas de personas. En éstos escalones se pegan a veces, azulejos con números, para indicar la altura del agua en la balsa.

La forma de la pieza metálica que enlaza la conducción de la tubería de entrega con la obra de fábrica, se suele hacer de "pico de flauta" con terminación en brida, donde "abrocha" la lámina impermeable de la misma forma que la salida. La tubería metálica se hormigonan.

La canalización ha sido causa de problemas de rotura de lámina y actualmente no se construyen para evitar dichos problemas. Se echa el agua sobre la propia lámina del vaso y a lo máximo, se realiza un "babero" para evitar el deterioro de la lámina por la velocidad constante en la caída del agua.



Foto 10.15. Entrega del agua directamente sobre la lámina.

12. SALIDA DEL AGUA.

La forma de sacar el agua de la balsa es la parte más baja de la solera del vaso de la balsa, donde se le dan pendientes para que todo el agua se sacar por dicho desagüe. Normalmente puede estar contemplados en una única salida o bien dos, una de servicio y otra de emergencia, normalmente más baja que el anterior, con el propósito de encauzar el agua con sólidos de los sedimentos depositados. Este se encauza afuera de la conducción de servicio.

En otra consideración, la toma de fondo o salida, puede ser fija o móvil.

La forma de realizarse también es muy amplia y variada. En general, podríamos realizar una primera estimación según se emplee:

- Hormigón solamente: La unión con la lámina con soldadura por extrusión a pletina o con pletinas.
- Embridadas metálicas.
- Tubo del mismo material que la lámina (PE).

Otras formas podría ser:

- Arqueta de entrada .

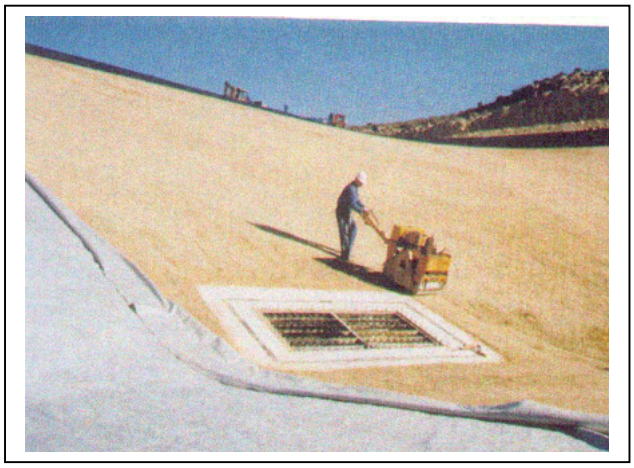


Foto 10.16 Compactación con vibro manual arqueta de salida del agua.

- Embudo de forma cónica (salida de fondo, sí existe otro elemento. Foto 10.17)
- Alcachofa (salida diferenciada en altura fija, foto nº. 10.18).



Foto nº. 10. 17.



Foto nº. 10.18.

- Flotadores muy variados y con distintas posiciones.



Foto nº. 10.19.

En general, dependiendo del diseño, las salidas pueden ser muy variadas. Si se construye con arqueta, ésta necesita de pletinas bien metálicas o del mismo material, como se observa en la fotografía anterior, donde se fija la lámina impermeable. En las otras entradas (bridas con cono de embudo fija móviles, donde la junta de lámina queda presionada entre las dos bridas. En éste caso, insistir en la diferencia de materiales de tornillo (aceros zincados) y tuerca (bronce).

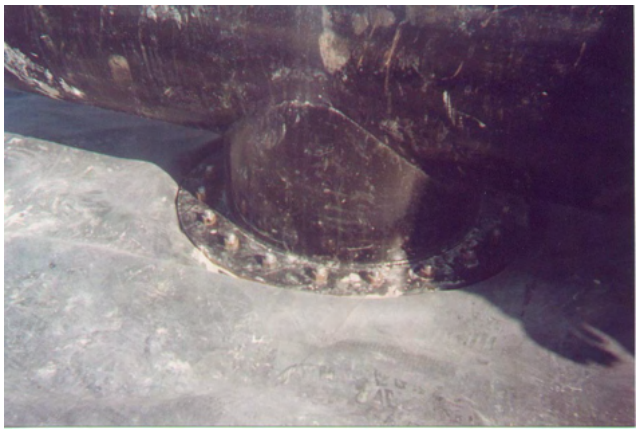


Foto nº. 10.20. Brida con tornillo zincado y tuerca de bronce. Lámina de EPDM.

En las salidas diferenciadas con alturas variables, se diferencia por la forma como se realiza el movimiento:

- Producidos por bridas locas (fotografía 10.19).
- Sistema flexible (10.21).

Si el movimiento se realiza con dos bridas locas y el conjunto es pesado, necesita de un apoyo como la arqueta diseñada para recibir la toma flotante, independizándolo de la lámina. Si por el contrario es flexible con mangueras, no necesita de apoyos, aunque generalmente se le suele diseñar para que siempre contengan parte de agua en el fondo.

El problema que presentan estos modelos son los días de vientos fuertes, donde el oleaje mueve los flotadores y transmiten los esfuerzos a lo largo de dicho sistema, hasta su base. En cuanto el medio de transmisión sea fuerte, la base puede resentirse. Desde mi punto de vista, los sistemas con flotadores son fuentes de problemas. En el caso de la manguera flexible, ésta se puede soltar y no transmitiría ningún esfuerzo a la salida. El problema es el descontrol del arrastre de los flotadores que podría llegar al talud donde golpea el oleaje y arruinar la lámina. En el caso de las bridas locas, todo el esfuerzo lo transmitirá a la base.



Foto Nº. 10 21. Salida diferenciada en altura con tubos flexibles.

En la fotografía anterior podemos observar como la zona del deposito de las mangueras se encuentra más hundida que el resto de la solera del vaso, al objeto de que las mangueras no apoyen directamente sobre la lámina en caso de vaciado.

En los casos de las alcachofas estas se encuentran fijas y filtran a una cierta distancia de la solera. Este sistema sencillo, posee menos problemas.



Foto nº. 7. 22. Apriete de tuercas en brida de alcachofa, nivelado con solera de la balsa y tapón ciego para desagüe del fondo.

La conducción de salida, en caso de realizarse con tubería de acero, soldada helicoidalmente y cubierta con hormigón y en general, cualquiera que sea el método, debe de buscarse en zonas rocosas, terreno duro, excavada, para disponer del mejor cimiento.

La toma de salida se realiza en dos fases.

La primera fase suele coincidir con el inicio del movimiento de tierras. Suele disponerse de una tubería metálica que se acompaña de hormigón. Esta tubería es de forma en "L" y se encuentra en un nivel inferior a la cota de la solera, enterrada. Puede alojarse a continuación del tabique de separación de la galería visitable o pasar todo el terraplén en una camisa.

La segunda fase corresponde al momento de la colocación de la lámina y es donde se le incorpora el complemento último del cierre con la lámina. Hay que tener cuidado con la maquina y no pisar sobre la lámina directamente, para no dañarla, normalmente se le pone otro plástico para que pise la rueda por encima de éste plástico provisional e incluso, si hay que realizar algún tipo de soldadura, se extiende arena para protegerla.

13. REBOSADERO.

El rebosadero o comúnmente conocido como aliviadero, es también de los últimos elementos de ejecución. Pueden realizarse en hormigón con forma de badén, pontones, tubos, etc., o con lámina plástica. La forma de terminarse la lámina puede ser como base del hormigón, anclada a un estribo de la losa, soldada a una pletina o perfil de PEAD si fuera de éste tipo la lámina, etc. El rebosadero de hormigón debe fundirse armada y si se existe continuidad en forma de canal, seguirá armado todo el conjunto, para evitar la separación del conjunto. No debe de fracturar a lo largo de todo su recorrido.

En aquellos casos que el rebosadero se realiza con tubos, hay que colocar hormigón al terreno donde descansa y todo el conjunto, para evitar problemas.

Los derramaderos que son de caídas considerable, hay que dimensionándolos teniendo prevista la fuerza de velocidad en la caída del agua y las características de los tubos. No se puede consentir que sean de hormigón vibrados con junta de mortero dejados caer en un talud de 45º porque por propia lógica, en el primer golpe de agua que salga, arruinara la balsa. Si se construye en losa, toda armada. Este elemento es a veces desdeñado desde su aspecto constructivo y no se evidencia su necesidad hasta que tiene su protagonismo.

En cualquier circunstancia, siempre en la parte del terreno más duro de la obra y de menor altura, teniendo asegurada la salida del agua a un cauce o desagüe natural del terreno, evitando el que produzca daño el agua al ser evacuada de la balsa.

14. LASTRADO.

La necesidad de sujetar la lámina del efecto del viento, hace necesaria una serie de obras que se depositan encima de la lámina como es el l lastrado. Consiste en colocar un peso encima del plástico, para que éste no se mueva. Aquí en ingenio también ha sido muy variado, siendo la más corriente las clásicas maestras de hormigón sobre el talud. Estas consisten en dos tablas de 20 cm de alto con separación de 70 CMS y apoyadas en geotextil para evitar se claven en la lámina, todo ello armado desde el pasillo de coronación hasta la solera. En general el requerimiento en la solera es menor al poseer siempre parte de agua. Este lleno último, realiza la función de lastrado.

Existen bloques, tuberías rellenas de hormigón del mismo material que la lámina (PE), neumáticos viejos que se rellenan de hormigón y se les deja un cordón de PVC para atarlos

unos a otros, etc. Todo ello siempre hay que pensar en el problema que pueda acarrear a la lámina el apoyo de éste peso.



Foto nº. 10 23. Lastres formados con neumáticos viejos, rellenos de hormigón.

15. BORDILLOS, MURO PERIMETRAL.

En la zona del anclaje de la lámina, bien rellena con tierra procedente de la excavación, como de hormigón, se construye un bordillo perimetral a todo alrededor, al objeto de aumentar la seguridad del oleaje y la caída accidental de personas o animales.



Foto nº. 10. 24.

El bordillo puede ser de muy variado, con diferentes forma (lisos, acunados, etc), naturaleza, altura, etc.

La forma de trabajar es colocarlo con masa de hormigón en su base y alineados, todos nivelados.

A veces se confeccionan muros para sustentación de láminas de sombreo o bien colocar la valla del cerramiento, encima del muro.

16. CERRAMIENTO.

El cerramiento, según la ubicación, puede ser:

- Encima del muro perimetral.
- Borde externo del pasillo de coronación.
- Borde de taludes de la balsa.

En general se construyen de mallas de alambres de > 1,5 mm, con simple torsión en la retícula, galvanizada y plastificada de color verde, de 2 metros de altura (también de 1,5 m), tomados con postes de 32 mm de diámetros, de 3 metros de longitud, con bayonetas de 50 cms para colocar tres hilos de alambre de espino en su parte superior. En su parte recta de los 2.5 m tendrá 3 pestañas distribuidas de forma equidistantes para pasar tres hilos donde se engancha la malla de 2 metros de anchura (normalmente 25 metros de largo, donde se "cose" con la siguiente malla). Estos hilos se pasan por tensores cada 25 metros donde se les da la tensión del cable, enganchando mediante grapas, la malla. Los tensores se aprietan mediante rodillos donde se "pilla" el extremo del alambre y se somete a torsión, quedando alojado en el cuadradillo del tensor. En las esquinas, cambios de dirección, distribuciones lineales largas, se apoyan postes de sustentación, también hormigonados en los "pies de amigos"·.

Cada 4 metro se realiza un hoyo de 50 cms. De profundidad, donde se apoya el poste y se llena de hormigón con masa plástica, alineando y dando caídas de "aplomo" de todos los postes colocados. Una vez fraguado se colocan en primer lugar los espinos con guantes especiales (engorrosos) y después los hilos de la malla, una vez tensados, se desenrolla la malla colocando las retículas deformadas (mejor si son pequeñas) y se extiende sobre los tres hilos, empezando a tensar y grapar por un extremo, así hasta coser con la siguiente.

Hay que realizar un croquis de planta para averiguar las necesidades de situaciones de esquineros, refuerzos de los pies de amigos, así como la ubicación de la puerta de acceso, etc., Con estas medidas se confecciona el pedido de material necesario, aumentando un pequeño porcentaje de incertidumbre menor a un 2 %.

17. CONDUCCIÓN DE ENGANCHE, DISTRIBUCIÓN.

La tubería añadida a éstos Proyectos de balsas suelen disponerse como de suplementarios a las necesidades de "enganchar" las situaciones demandadas en la entrada y salida de la balsa.

No entrando en sus características de los distintos materiales, matizar la necesidad de hormigonar las piezas que se encuentran sometidas a esfuerzos de presiones mayores, como son los codos, reducciones, donde estarán previstos tales apoyos.

La preservación de pendientes > 2 %o, se ejecutan en la solera de la excavación mediante rasantes manuales, con regla metálica donde se añade un nivel de agua, para después realizar la cama con materiales finos, con arena no plástica. Las embocaduras se dejaran sin apoyar en el terreno duro de la excavación (debe pasarse la mano por debajo de la embocadura, libre de apoyos), tapando el tubo en un principio sobre la mitad, para realizar las pruebas de presión y estanqueidad.

Las pruebas deben realizarse sobre tramos no superiores a los 500 metros, taponando en los extremos y llenando por su parte superior toda la tubería, ésta se suele dejar en carga durante un día, para el siguiente añadir diferencia y mediante bombín, proceder a llenar con bombín de presión, la requerida. Una vez llegado a la presión de prueba, se cierra con llave de esfera la entrada y se ve en un manómetro de glicerina, la caída que experimenta en media hora. En los extremos, apuntalando los tapones, se realizan los llamados "muertos" que son bloques de hormigón donde se apoyan los puntales, que se acuñan en los extremos para aumentar su presión de apriete en el tapón ciego de un extremo y el de prueba en el otro.

Durante esa media hora de espera, se pasea la tubería y se analizan las juntas de los tubos. Queda prohibido el vaciado de aire en la junta mediante aplicación de la espátula roma que se introducen en la junta de goma.

Una vez realizada la prueba, se vaciara y se unirá al siguiente tramo probado para su llenado completo. Esta fase permite el tapado de toda la zanja, excepto si se quiere probar las últimas uniones. A la hora de tapar se cuidara de no dejar caer piedras sobre la tubería. Lo mejor es el recubrimiento con material seleccionado.

En la salida o bien a lo largo de la conducción, son necesarias una serie de arquetas de controles.

Arqueta de control de la salida.

Suelen llevar diferentes piezas, siendo común en ellas:

- Al principio una válvula de compuerta (queda fija por un lado de la tubería y puede permitir quitar el otro extremo, además tiene toda la abertura de paso libre).
- Filtro atrapa-piedra, en caso de riesgo de entradas de materiales sólidos.
- Ventosas de diferentes sistemas, con posibilidad de evacuar parte de agua en llenados o vaciado de la tubería. Su función es la comunicación de la tubería con el exterior, para permitir su llenado o vaciado.
- Contadores ultrasónicos, venturi, caudalímetros, electromagnéticos. Comúnmente el más utilizado es el caudalímetro, generalmente de hélice llamados Woltmann. Estos contadores están tabulados sobre volúmenes de paso de agua y presiones que soportan. En general, hay que evacuar el aire, evitar fuerte velocidades (estrechamientos obligados de tuberías de mayor diámetro que el paso del contador, CUESTIÓN NORMAL). Influencia de otros flujos (derivaciones en Y) que no se contabilizan por este contador, influencia de fluctuaciones de la conducción (vaciados, llenados parciales, aire por la conducción). Lo bueno es que éste siempre bañado, alejado de cualquier influencia (flujo de aguas ajenas al contador, aire).
- Manómetros, piezómetros eléctricos, etc.
- Salida de los drenes.

De cualquier modo, sea como fuere, una arqueta donde exista una ventosa, una válvula hidráulica de control (reductora, sostenedora de presión, anticipadora de onda, control remoto por solenoide) está sometida a una fuerte condensación de vaporización de agua, debida a los drenes, ventosas, salidas de alivio de los pilotos de controles, filtros, etc.

Esta atmósfera cargada de humedad produce una fuerte oxidación en todos los elementos metálicos, deteriorando su mecanismo (sobre todo el eléctrico), debiendo tener previsto la arqueta diferentes sistemas de protección:

- Chimeneas (caso de galerías visitables).
- Ventanas de aireación (tapadera metálica, arqueta).
- Canales de evacuación de líquidos mediante drenes.

A pesar de tener en cuenta la aireación, las diferentes piezas se protegerán mediante la oxidación mediante tratamientos de galvanización, pinturas de plomos, epoxi, etc. Tornillos de aceros inoxidables, zincados. Los espárragos zincados si fuera necesario cortarlos, se pintaran.

Tubería de salida con acero nodular y ajuste de goma elástica en la campana, para evitar los problemas de rotura en soldaduras, oxidaciones y debilidad del material.

En todas las piezas montadas, siempre se cuidará de tener previsto el desmontaje de las mismas, mediante carrete de montaje o bien uniones con holgura suficiente entre ambas piezas, para comenzar a desmontar. Los pasos de tornillos con aceites minerales, ayudan pasados los años, a su desenrosque, evitando tener que cortarlo por su oxidación. En caso de desmontaje, es conveniente pensar en la forma y necesidades de maquinas, a veces las tapaderas de dichas arquetas deben permitir su retirada para poder manipular en su interior con una grúa.

18. REVESTIMIENTO DEL TALUD, SEGUIMIENTO AMBIENTAL.

Por último, el revestimiento del talud exterior, se realizara en las fechas adecuadas a la plantación, cuando la planta está "dormida". Se regaran en sus primeros días y se les hará una seguimiento de las marras defectuosas para reponerlas.



Foto nº. 10.25. Terminación exterior de una balsa.

Capítulo 11.

TÉCNICAS EMPLEADAS PARA DISMINUIR LA EVAPORACION EN LAS BALSAS.

Estos días azules y este sol de la infancia,
Ultimo verso, hallado en el bolsillo de
Antonio Machado, tras su muerte en Colliure.

1. **INTERES DE ESTUDIOS SOBRE LA EVAPORACIÓN.**
2. **APLICACIÓN DE TÉCNICAS PARA REDUCIR LA EVAPORACIÓN.**
3. **CONSTRUCCIÓN DE UN SOMBRAJE SOBRE LA BALSA.**
   - **3.1. Pantalla tipo carpa.**
   - **3.2. Pantalla estática.**
     - 3.2.1. Descripción general de la estructura de sombreo.
     - 3.2.2. Tipos de ensayos.
   - **3.3. Pantalla dinámica.**
4. **SOPORTE EN EL MURO PERIMETRAL.**
   - **4.1. Cálculo de esfuerzos sobre el muro.**
     - 4.1.1. Peso del muro.
     - 4.1.2. Comprobación de la resistencia de los cables de apoyos de la malla.
     - 4.1.3. Comprobación de la seguridad al vuelco.
     - 4.1.4. Comprobación de seguridad al deslizamiento.
   - **4.2. Armado del paramento vertical.**
   - **4.3. Armado del cimiento.**
   - **4.4. Comprobaciones de que no se alcanza el cortante de agotamiento.**
   - **4.5. Comprobación según Norma NBE, sobre la malla de sombreo del**
5. **SISTEMA DE APOYOS EN POSTES.**
6. **CONSTRUCCION Y COLOCACIÓN.**

6.1. Instalación de alambres, sobretensiones y amarrados de soporte.

6.2. Tensiones de roturas.

6.3. Extendido y cosido de malla.

6.4. Cierre del sombreo.

6.5. Mantenimiento y conservación.

7. ANÁLISIS ECONÓMICO.

7.1. Costos de instalación medio.

7.2. Rentabilidad.

1. INTERES DE ESTUDIOS SOBRE LA EVAPORACION.

Al estudiar el número tan considerable de balsas existentes en Murcia, podrían cifrarse sin caer en un número exagerado la superficie de agua libre embalsada similar a unas mil quinientas hectáreas. La tasa de pérdida por evaporación teórica en la Región de Murcia es de 1.600 litros/m^2/año (según datos del evaporímetro clase "A"), lo que supone una **pérdida de 24 Hm^3 de agua**. Esta cantidad de perdida de agua es muy importante si tenemos en cuenta que zonas como Aguilas, poseen una precipitación de media de 150 mm/año. Si a esto añadimos que la mayoría de los sistemas de los acuíferos están agotados, esquilmados y con graves entradas de agua de mar en aquellos cercanos a la costa, tendremos una situación de incertidumbre para el futuro por lo que exige el análisis sobre aplicación de nuevas tecnologías, para evitar tales pérdidas.

De acuerdo con Milla Riera los recursos de la cuenca del Segura se encontrarían en la tercera y última fase, donde la demanda dentro de la unidad geográfica resulta superior a las disponibilidades de recursos propios. En esta fase se comienza el desplazamiento urgente de las aplicaciones, sustituyéndose unos usos ya concedidos y en explotación, por otros que se consideran entonces prioritarios. Es necesario incorporar nuevas fuentes de recursos facilitados por los avances tecnológicos en depuración y reutilización de aguas residuales, desalaciones de aguas marinas, trasvases de otras cuencas y control de la evaporación de la lámina de agua de las balsas. Esta última constituye el objeto del presente Capítulo.

Las medidas que se adoptan en ésta fase son:

a) Mejor aprovechamiento de las técnicas de distribución, técnicas de riegos, etc. Nada nuevo se podría aportar al interés de controlar el uso del agua existente con sistemas operativos de telegestión, autómatas programables, etc.

b) Propuesta del PHN del Trasvase del Ebro: Posee el costo de inversión prevista de los 3 billones de pesetas para el abastecimiento de los 1.000 Hm^3, aparte de los gastos de explotación pendiente de tramitar en el Parlamento y de su ejecución.

c) Desaladoras: Para producir 1.000 Hm^3 de agua por el sistema de la desalación, es necesario el empleo de un consumo energético de 2.800 GW año (un GW igual a un millón de KW). En España se produce 166 TWh, de los cuales un 14 % es de origen hidroeléctrico, 53% de centrales térmicas clásicas y un 33 % de centrales termonucleares.

Al igual que el trasvase, necesita de una infraestructura de transporte, al ser producido en la costa y tener que llevarse hacia el interior. El costo vendría a ser (incluyendo amortización de la planta) entre 0,5 y 0,7 €/m^3, más los derivados del transporte (> 1 €/m^3).

d) la minimización de la evaporación en balsas, que desarrollaremos a continuación.

2. APLICACIONES TECNICAS PARA REDUCIR LA EVAPORACIÓN.

Las tecnologías aplicadas para evitar pérdidas por evaporación en los embalses de agua, coinciden con aquellos países que poseen un alto índice de evaporación, tales como EEUU (Arizona), Australia e Israel, pudiendo distinguirse cuatro grupos de técnicas, según Brown, en el Symposium celebrado en Canberra, en Febrero 1.988.

a) Métodos químicos. Basados en la aplicación de sustancias que forman una película sobre la superficie libre de agua.

b) Métodos físicos. Modifican las propiedades físicas del agua.

c) Métodos estructurales. Consiste principalmente en la cobertura de la superficie libre de liquido mediante estructuras que interceptan la radiación solar.

d) Otros métodos. Se refieren a técnicas de diseño y manejo en las balsas.

Desarrollaremos cada uno de estos grupos, con mayor detalle:

a) Métodos químicos: hace referencia a la aplicación de sustancias sintéticas menos densas que el agua, con el fin de conseguir una película de pequeño espesor que flote sobre el agua y disminuya las pérdidas por evaporación.

Los trabajos pioneros en esta materia fueron realizados por Manfield (1.956) en Australia, continuándose posteriormente en Estados Unidos e Israel. Los resultados obtenidos con la aplicación de estas sustancias suponen una disminución de la evaporación entre el 10 y el 20%. Estos bajos porcentajes, junto con los numerosos problemas que plantea su aplicación y mantenimiento, indican que estos métodos son de poca utilidad para los fines perseguidos. A partir de los años 70 apenas aparecen referencias sobre su utilización.

b) Los métodos físicos alteran las propiedades físicas del agua almacenada, como por ejemplo la temperatura superficial o el color, con el fin de disminuir la tasa de evaporación. Pueden clasificarse en tres grupos:

1. El primer grupo incluiría aquellos que se basan en la desestatificación térmica del agua en los embalses mediante un sistema de agitación. Estos métodos pretenden disminuir la temperatura superficial del agua y, consecuentemente, la evaporación.

   Este método fue inicialmente experimentado por Koberg y Ford (1.965) en California, obteniendo disminuciones en la tasa de evaporación de hasta el 15%. Posteriores aplicaciones han sido desarrollas, obteniéndose tasas de disminución de la evaporación siempre por debajo del 30%. La aplicación de esta técnica es más eficiente cuanta mayor diferencia de temperatura existe entre los estratos superficiales y profundos de la balsa. En caso de balsas de riegos, de escasa profundidad, esta diferencia de temperaturas suele ser muy pequeña, por lo que la aplicación del método ofrece pocas posibilidades.

2. El segundo grupo de técnicas consiste en la aplicación de coberturas flotantes. En este caso se disminuye la superficie de contacto entre el agua y la atmosfera y, por lo tanto, la evaporación. Además, si se emplean materiales de colores claros, puede disminuir la cantidad del agua en la balsa. Cooley (1.983) experimentó diversas coberturas flotantes de elementos esféricos durante más de 10 años en Phoenix y Arizona (EEUU), obteniendo reducciones en la evaporación entre el 78 y el 95%. El principal inconveniente de esta técnica son los daños producidos por el viento, que origina el desplazamiento de los elementos flotantes. Laing (1.981) estudia el empleo de placas de polietileno arriostradas mediante elementos flexibles, eliminando el problema anterior.

3. El tercer grupo hace referencia al empleo de tintes en el agua, con el objetivo de cambiar su color y por tanto su albedo de la superficie. Los escasos estudios sobre esta técnica (Cooley, 1.975) indican que la disminución de la tasa de evaporación es muy escasa, por lo que su uso no debe ser considerado. Además, los tintes empleados pueden suponer inconvenientes a la hora de emplear el agua en el riego.

c) Los métodos estructurales hacen referencia al empleo de estructuras con el fin de minimizar la acción de la radiación solar y el viento sobre la superficie de agua de la balsa. El primer grupo de técnicas dentro de esta clasificación consiste en la cobertura de la balsa mediante estructuras de sombreo. El empleo de coberturas de acero laminado ha sido ampliamente empleado en balsas y depósitos para el suministro a poblaciones en Australia, obteniendo tasas de disminución de la evaporación del 90 %. Sin embargo, el elevado precio de estas estructuras y las grandes dimensiones que llegan a alcanzar las balsas de riego hacen que esta solución no sea aconsejable. Cluff (1.975) experimenta el empleo de láminas de plásticos reforzados sobre una estructura de cable de acero, obteniendo tasas de disminución en la evaporación del 90%, pero también plantea los numerosos problemas ocasionados por el efecto del viento. En los últimos años son numerosas las publicaciones que mencionan el empleo de mallas de sombreo permeables a la lluvia, ligeras (principalmente el polipropileno) sobre estructuras de cables de acero, con más de diez años de antigüedad, dando posible solución al problema de la evaporación, aunque no existen índices de efectividad de esta técnica.

Otro tipo de técnica estructural consiste en el empleo de cortavientos formados por vegetación para disminuir la velocidad del viento sobre la superficie de agua, y por tanto disminuir la evaporación. Crow (1.963) y Cooley (1.975) han estudiado estas técnicas, obteniendo tasas de disminución de la evaporación en torno al 10%.

d) Por último, en otros métodos se incluyen estudios aislados sobre la influencia de diferentes aspectos de diseño y manejo de balsas de riego en la evaporación, entre los que podemos destacar:

- Los estudios relacionados con la influencia del diseño de la balsa (forma, profundidad, inclinación de los taludes) en la relación entre el volumen embalsado y la superficie de la lámina en contacto con la atmósfera.
- Empleo de "balsas de arena", donde no existe contacto entre el agua y la atmósfera, desapareciendo casi totalmente la evaporación. En el mismo sentido se encontraría en empleo de acuíferos subterráneos como embalses.
- Empleo de "balsas dobles". La operación conjunta de dos balsas nos permite minimizar la superficie de lámina libre en contacto con la atmósfera.
- Empleo de torres para la toma de agua de las balsas de riegos que permitan usar el agua superficial (más caliente) antes que la profunda.

En los seguimientos de varios embalses, llevados a acabo en distintas zonas, con mismos sistemas de estudios durante 1.965, figura EEUU sobre una superficie de lámina de agua de 2.400 has, analizadas con medias anuales, se obtuvieron reducciones del agua evaporada en un 9; 14 y un 8 %, Australia con 850 Has, la reducción fue de un 37 % (la más alta) durante las 14 semanas de observación, seguida de España (Almería) con el 35 % de reducción sobre una superficie de lámina de agua observada de 12 Has, en un test de 7 semanas de duración.

Sin embargo, la evolución de estudios sobre técnicas para minimizar las perdidas por evaporación en España son escasas. La primera referencia la encontramos en el año 1.994 y consiste sobre un estudio mecánico para realizar una estructura de

sombreo en la balsa de almacenamiento de agua proveniente del último tratamiento de la planta de ozono, de 400.000 metros cúbicos de capacidad en la Comunidad de Regantes de las Cuatro Vega (Almería), al que haremos mención más adelante. En otro apartado tenemos el realizado por un alumno de Orihuela (1.999) en un Proyecto de Fin de Carrera sobre el empleo de bandejas de plantones hortícolas utilizadas como pantalla flotante protectora contra la evaporación, concluyéndose que la técnica no era satisfactoria como consecuencia del viento sobre la pantalla flotante. En 1.999 el Instituto del Agua de la Universidad de Granada redacta un Plan para la reducción de perdidas por evaporación en balsas de riego, en el que se analizan otros efectos negativos de la evaporación en las balsas entre los que, además de las pérdidas de agua destacan:

- La disminución de la calidad del agua embalsada.
- La disminución de los rendimientos que se producen en los cultivos debido al aumento de salinidad del agua embalsada.
- El aumento del consumo del agua en general durante el cultivo.
- Obstrucciones a los sistemas de riego por goteo.
- Riesgos de corrosión en elementos metálicos de los sistemas de riego.

Actualmente, la Universidad de Cartagena se encuentra en fase de realizar un estudio y desarrollo de técnicas para la reducción de la evaporación, mediante financiación de programas de investigación convocados por CICYT, Fundación Séneca, con un plazo de estos objetivos en un período de dos a tres años, dirigidas por Victoriano Martínez y Alain Baille.

Sobre ventajas indirectas mencionadas anteriormente, añadiría algunas más de las relacionadas por la Universidad de Granada:

- Protección de la lámina de la geomembrana que está expuesta continuamente a la radiación solar, prolongado sin ser su objetivo, la vida útil de la misma.
- Menor temperatura del agua para ser utilizada en el riego.
- Condiciones de control de medidas volumétricas de salida, mas uniformes, al poseer temperatura constante.
- Disminución en caso de cavitación, de mayores inconvenientes de presión, en aquellas piezas de cambios de sección.

Actualmente existen constancia de efectividad en la técnica de estructuras de sombreo con malla de rafia (reducción de evaporación, algas, polvo, etc) y su precio medio, estimando soportes, sobre las 1.000 ptas/m^2, siendo su limitación las luces (< 150 metros). Hay que considerar que el desarrollo de ésta técnica se empezó a realizar a la sombra de la técnica de construcción de invernaderos de tipo "parral", en balsas de pequeñas dimensiones en Almería, de forma práctica, carente de cálculos técnicos, luego se realizaron balsas de mayor tamaño, de 220 x 100, donde las superaciones de ésta dio origen a roturas de los soportes del sombreo.

Transcurridos los años, se dotó con cálculos que permitiesen su optimización de forma satisfactoria, mediante fórmulas empíricas de las solicitaciones del viento y de la acumulación del agua de lluvia. Los cálculos teóricos, orientativos, reflejaron resultados correctos, aunque hubo que introducir algunas correcciones para su acercamiento con la realidad. Parece que lo más importante es evitar el peso del agua acumulado tras la lluvia sobre el sombreo, de forma que aligere el tiempo de permanencia (máximo 10 minutos), lo que se consigue disminuyendo la densidad de la malla, mayor número de

huecos entre el hilado, menor sombraje y por tanto menor efecto sobre el resultado esperado de la evaporación (40 % del valor total evaporado al aire libre). Hablar de un 100% de eficacia sobre la evaporación de la lámina del agua libre, es hablar de otra técnica, no de un sombraje de malla.

3. CONSTRUCCION DE UN SOMBRAJE SOBRE LA BALSA.

El objetivo es cubrir la balsa, con una esterilla de rafia de sombreo sobre parte del área superior de la balsa, aislándolo del exterior para evitar la evaporación y de forma indirecta, evitar la formación de algas (problemas de filtros en los goteros), al no recibir la luz.

La forma de su estructura es réplica de la empleada en los invernaderos del sureste español. El sistema de sombreo se compone de tres elementos básicos: La estructura de alambres sustentadores, la propia malla de sombreo y los elementos de anclaje.

La esterilla del sombraje debe al mismo tiempo evitar formar bolsa de agua por lluvia, por lo que su impermeabilidad no debe de ser absoluta, filtrando en ésta cubierta en menos de 15 minutos, debiendo ser traspasada el agua caída en su totalidad.

Las experiencias de cubrir balsas en España, son recientes y se concentra en el Levante, exceptuando la de Iznájar (Córdoba) para agua potable. Son balsas reducidas (200 · 100) y destinadas a riegos. En Almería sobrepasan la decena, algunos con más de diez años de existencia. En cuanto a Murcia, existen pequeños recubrimientos de particulares (no podía ser de otro modo) como los realizados por la Empresa "El Ciruelo" de Alhama de Murcia, ubicado en el término de Totana, cuyas características técnicas son mínimas al reunir condiciones de abrigo natural a los vientos, según muestra la fotografía, adjunta.



Foto 11.1. Balsa cubierta en el término de Totana.

La forma de proyectar el sombraje responde a dos cuestiones básicas:

1) Pantalla dinámica.
2) Pantalla estática o fija.
   a) En balsa construida.
   b) Nueva construcción.

3.1. Pantalla carpa.

Consiste en apoyos intermedios en el interior de la balsa donde de forma cenital, como la carpa de un circo, mediante postes, se apoya los paños de lonas y transmiten de forma vertical las cargas al suelo, aliviando el problema que acompañan las grandes luces.

La práctica existente es de balsas con menos de 30 metros de longitud en sus extremos. No existe experiencia de construcción en grandes balsas, aunque sus defensores (comerciales), les propician un gran futuro.

La facilidad que poseen ante los impactos (no acumulan peso del agua de lluvia) es su mejor presentación.

El estado más comprometido que poseen las mallas de sombreo es el agua que proviene de lluvia y que sostiene durante minutos sin traspasar, esto se debe a la forma de la tupida que tenga la malla, lo que condiciona la eficacia para evitar la evaporación.

Si una densidad del 90 % de entramado, supongamos que retiene durante 10 minutos 30 litros de lluvia caída por metro cuadrado, esto supone 30 Kg de peso por metro cuadrado y si la superficie tiene 20.000 m^2, estaremos hablando de 600 toneladas. Esto es una realidad.

La disposición de apoyos intermedios en el interior de las balsas mejoraría notablemente el comportamiento estructural de la cubierta descrita, pues gran parte de las cargas que actualmente soporta el anclaje perimetral pasaría a ser soportado por los elementos de cimentación que transmitirían cargas verticales al terreno. Si realizamos una retícula de pilares de 100 · 100 m permitiría, desde un punto de vista teórico, aumentar luces de la superficie máxima de la cubierta. Dichos pilares, igual si fueran muros lineales de fábrica, no deben experimentar tensiones horizontales en su extremo superior, sólo tensiones verticales.

3.2. Pantalla estática.

Esta pantalla se forma en la técnica usada en invernaderos, conocidos como "parrales".

Las limitaciones de su instalación se deben a las siguientes consideraciones:

- Luz máxima entre el bordillo del perímetro más crítico, situación que no debe superar los 250 metros de línea.
- Consideración de vientos locales (pasillos, valles, ubicaciones altas, corrientes permanentes en lugares costeros, etc.)
- Zonas de riesgos frecuentes de pedriscos, granizos, etc.
- Diferencias de niveles acusados en los bordes (escalonadas).
- Riesgo de lluvias torrenciales.

Los requerimientos de solicitudes del soporte se deben justificar por las necesidades del viento y de lluvias fuertes, puesto que el peso de la rafia y alambres no son significativos. De todas las consideraciones la masa de agua de lluvia depositada y soportado por el sombraje el que más limita, seguido del aire.

En las consideraciones económicas se contemplan:

- Apoyos de los soportes (muros, vigas).
- Alambre.
- Malla.

Los costos referidos en metros cuadrados de recubrimiento, rondarían:

- 2/2,5 € Poste/soporte.
- 1/1,2 € alambrada.
- 0,6/0,9 € malla rafia colocada.
- 1,2/1,8 € Colocación.

_____

4,8/6,4 € costo m^2 de sombreo tipo parral.

_____

3.2.1. Descripción general de la estructura de sombreo.

A) Malla: Normalmente se proyecta en rafia que es de PE, con un porcentaje de sombreo del 40 % mínimo, colocado en capas simples o dobles. En la simple puede tener un 80 % de sombreo. El interés que tiene el grado de porosidad de la malla está con relación al drenaje como hemos visto, puesto que la acumulación de agua genera tensiones indeseables en los apoyos, así como permeabilidad al viento.

B) Disposición de alambres: Se ha optimizado un marco de 0,5 x 0,5 m. Se suelen alternar cada metro cordadas dobles y simples. Se disponen dos capas de estructuras de alambre, una por encima de la rafia y otra por debajo, a modo de "sándwich". La malla inferior es la que tiene la función predominante resistente, mientras que la malla superior se coloca para minimizar los daños que el viento podría ocasionar sobre la rafia. El alambre de la malla inferior es de un diámetro de 6 mm, mientras que en la superior es suficiente con un diámetro de 2,5 mm. Los cables se tensan con unos valores de 800 – 1.000 Kg, que son necesarios para que la flecha producida sea mínima, ofreciendo una superficie final muy horizontal, con una flecha inferior al resguardo de la balsa, que permita el montaje de la malla por especialistas y reparta las cargas de lluvia en toda la superficie.

Cabe señalar que los cálculos que rodean este tipo de estructuras y las hipótesis que consideran son ciertamente discutibles, y existen diversas opiniones sobre la veracidad y exactitud de los mismos. La descripción anterior hace referencia a la justificación mecánica habitual de la solución adoptada, pero no significa que sea precisa ni óptima.

3.2.2. Tipos de apoyos.

Según apliquemos las tensiones sobre los apoyos, serán las dimensiones que pueden realizarse sobre dos sistemas:

- Muro.
- Pilotaje.

a) Muro: Las tensiones generadas en los apoyos se reparten en un muro perimetral de hormigón armado capaz de resistir dichos esfuerzos. Según croquis adjunto:

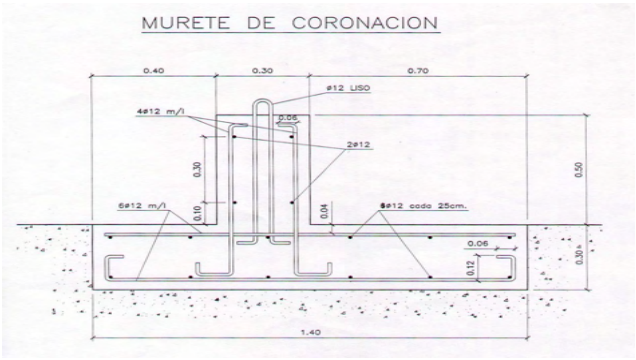


Fig. 11.1. Croquis de muro.

b) Pilotaje: La otra solución es anclar perfiles IPN hincados y enterrados en el terreno, donde tras varios ensayos (tipos de perfiles y profundidad), se optó por la solución de IPN – 120, hincados a 3 metros y dejando un sobresaliente de 17 cm.

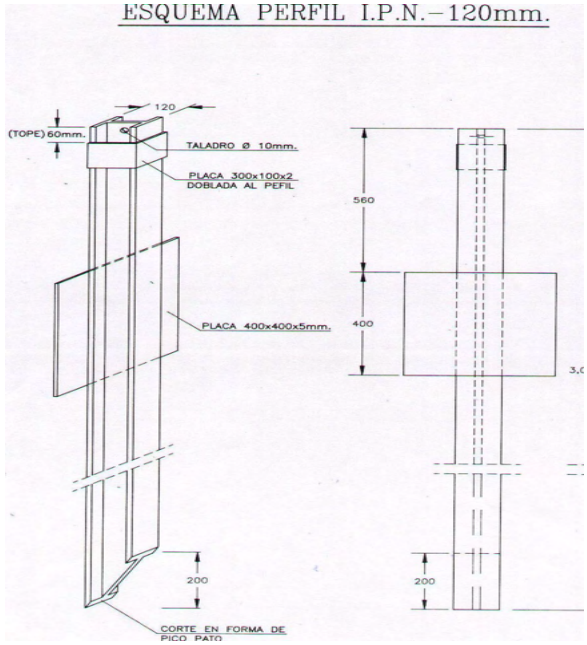


Fig.11.2. Anclaje con pilotaje.

Esta opción es la que ofrecía menores desplazamientos. El anclaje de los cables, se realiza sobre un refuerzo en la cabeza sobresaliente del perfil, para evitar deformaciones del alma de los perfiles. Esta solución se completa con la fijación de una

placa de 40 x 40 cms sobre el perfil, para mejorar la resistencia del IPN a las tracciones de los cables. Se puede observar un diseño de éste sistema en el esquema adjunto. Los IPN se disponen perimetralmente con una separación aproximada de 2 metros entre perfiles y a unos 5 metros del borde de la balsa.

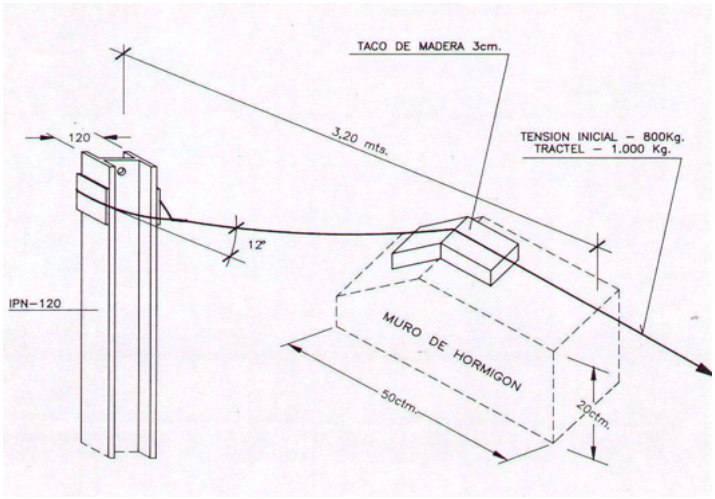


Fig.11.3. Disposición de los anclajes

La solución de los IPN se ha mostrado como más eficaz, puesto que los muretes de hormigón han sufrido roturas y desplazamientos, ante la acción de cargas imprevistas. Su inconveniente es la anulación del paso sobre el pasillo de coronación.



Foto 11.2. Balsa de la Comunidad de regantes Cuatro Vegas. Almería

4. SOPORTE EN EL MURO PERIMETRAL.

El soporte del sombraje puede variar, según distintas técnicas y modos de resolver la demanda de solicitud del peso. Ésta puede ejecutarse con postes, losas, muros, etc, dependiendo de la luz, del proyecto (muro o losas) o por el contrario, de sus circunstancias, como la de añadirse a la balsa después de su ejecución (postes).

4.1. Cálculo de esfuerzos sobre el muro.

La malla de rafia negra se apoya en una cuadricula de 0,5*0,5 m de alambre acerado.

- Peso de los cables:

Tomaremos en un primer lugar la superficie de malla de sombreo total, dado en m^2.

Sustentación malla por m^2 es igual a 4 metros de cordada principal y 4 metros de cordada de llaneo.

Diámetro de la cordada principal (1*2*0) alambre acerado de 6 mm.

Diámetro de la cordada secundaria (1*1*0) alambre acerado de 2,5 mm.

Peso por m^2 de las cordadas: $3{,}141 \cdot (0.01^{2/4} + 0.0025^{2/4}) \cdot 7.85 \cdot 2 = 5{,}209 \cdot 10^{-4}$ Tn/m2.

- Peso de la malla.

Consideramos cómo máximo un peso de 72 g/m2.

- Peso del agua de lluvia.

La lámina la consideramos impermeable como máximo 15 minutos. La intensidad de lluvia a considerar es la de una lluvia torrencial de periodo de retorno de 5 años (daños producidos por rotura de la malla). Se considerará que la duración de la lluvia torrencial no superará los 15 minutos.

Se utiliza la siguiente fórmula: $I = 260 \cdot n^{0.62} \cdot t^{-0.52}$.

Donde n = periodo de retorno en años.

T = duración del aguacero en minutos.

I = intensidad de lluvia (l/s y ha).

$$I = 260 \cdot 50{,}62 \cdot 15^{-0.52} = 172.5 \text{ l/s y Ha.}$$

El peso del agua sobre la malla transcurridos 15 minutos desde el comienzo del aguacero

$I = 172.5 \cdot 60 \cdot 15/10.000 = 15´525$ Kg/m^2 = 0.0155 Tn/m^2.

Dado el perímetro del muro de la balsa = XXXX metros, la solicitación para un ml de muro es: $[0.0155 + 5.209 \cdot 10^{-4} + 7{,}2 \cdot 10^{-5}] = 0.0161 \cdot$ Sup. Base mayor / Metros lineas del perímetro.

- Tensión de los cables.

En cada malla se va a realizar un pretensado de los cables de 800 Kg para minimizar la flecha.

800 Kg/cable · 2 cables/ml = 1.600 Kg/ml = 1,6 t/ml.

Dado que colocaremos un trenzado formado por dos mallas la tensión total soportada por los cables será de: $1.6 \cdot 2 = 3{,}2$ t/ml.

- Efecto del trenzado.

Los cables cada 0,5 metros se cruzan y se mejorará el apoyo de un cable sobre el otro mediante cocas, con lo que podemos considerar que se encuentran apoyados mediante múltiples apoyos elásticos. Por esta razón reduciremos en un 5 % la tensión de los cables.

- Efecto del viento.

Suele considerarse en tensión de los cables un 20 %: posteriormente comprobaremos la veracidad de ésta hipótesis.

De los dos apartados anteriores, deducimos que es necesario aumentar en un 20% la tensión de los cables para considerar la situación más desfavorable: 3,2 · 1,2 = 3,84 t/ml.

- Empuje de los terrenos.

Consideramos que el ángulo de rozamiento interno del terreno es de 30º y una densidad de 1,65 Tn/m3.

Coeficiente de empuje activo $Ka = tg^2 (45-0/2) = 0,333$

Coeficiente de empuje pasivo: $Kp = 1/Ka = 3$

Empuje activo: $Ea = 1.65 \cdot 0.3^2 \cdot 0.333/2 = 0,025$ t/ml.

Empuje pasivo: $Ep = 1.65 \cdot 0,3^2 \cdot 3/2 = 0,223$ t/ml.

La resultante de empuje es $R = Ep - Ea = 0,198$ t/ml.

- Contracción de los cables por efecto térmico.

Debido a los cambios de temperatura los cables sufrirán tanto una dilatación como contracción, siendo favorable la dilatación (produce una fuerza que disminuye la tensión de los cables) por lo que **no** la tendremos en cuenta.

Variación de temperatura = proponemos una media de 15º C. Coeficiente de dilatación térmico = 10^{-5} ºC^{-1}.

Longitud de los cables de la malla: pongamos por ejemplo 225 metros (longitud máxima).

$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta T = 0,03375$ metros

$E = 2.1 \cdot 10^6$ Tn/m^2.

$\varsigma = 3,1416 \cdot 0,003^2$ m^2.

$N = E \cdot \Delta l \cdot \varsigma / L = 0.0089$ t.

Como existen dos cables por metro lineal el valor que toma el efecto de la contracción es de: $2 \cdot 0.0089 = 0.0178$ t/ml.

La situación más desfavorable será aquella en la que todas las cargas están actuando a la vez.

Solicitación total = 0.574+3.84+0.0178-0.198 = 4.2338 t/ml.

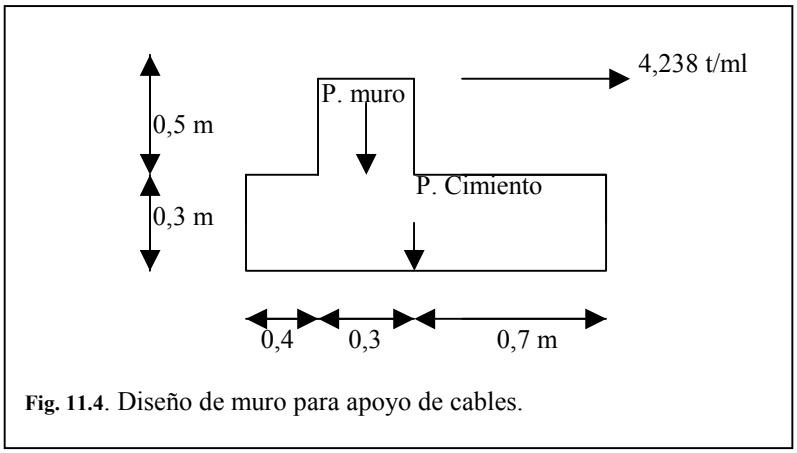


Fig. 11.4. Diseño de muro para apoyo de cables.

4.1.1 Peso del muro.

Tomamos una densidad para el hormigón armado de 2,5 Tn/m3.

Peso del muro: 2,5 · 0,5 · 0,3 = 0,375 t/ml.

Peso del cimiento: 2,5 · 1,4 · 0,3 = 1,05 t/ml.

Paso total = 1,425 t/ml.

De este modo las fuerzas actuantes sobre el muro son:

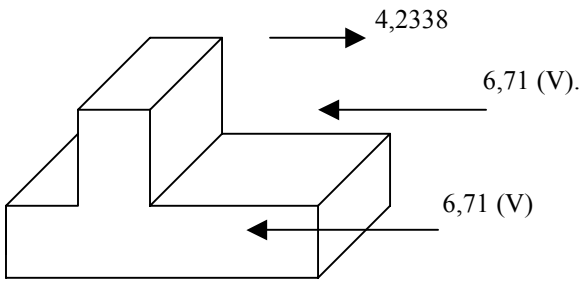


Fig. 11.5. Deslizamiento y vuelco.

4.1.2. Comprobación de la resistencia de los cables de apoyo en la malla.

Los cables que soportarán toda la carga son los inferiores (cordada principal) que con una densidad de 2 cables por ml están solicitados a 2,119 t/cable en su punto de conexión con el muro.

La carga de rotura del cable acerado (1·2·0) de hilo = 3 mm y diámetro total de la cordada = 6 mm es de 4.523,89 Kg, que es superior a los 2117 Kg que deberá soportar en la peor de las circunstancias.

Coeficiente de seguridad = 4.523,89/2.117 = 2,14.

4.1.3. Comprobación de la seguridad al vuelco.

Para tener en cuenta la continuidad del muro hemos determinado el cortante que desarrolla un metro lineal de muro, para ello imponemos un coeficiente de seguridad al vuelco de 1,5.

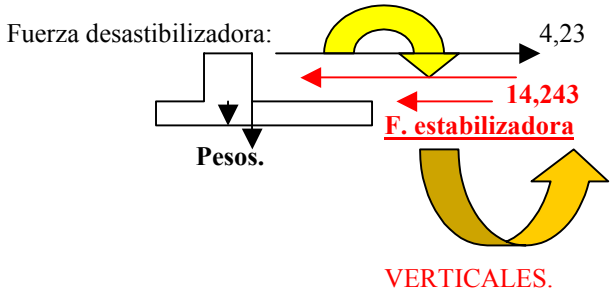


Fig. 11.6.

Momentos del vuelco: 4,2338 · 0,8 = 3.387 t/ml.

Momentos estabilizadores = 2 · V · 0,30 + 0,375 · 0,85 + 1,05 · 0,7 = 0,6 · V + 1,054 t/ml.

Cv = Mom. Estabilizadores / Mom. Volcadores = 1,5;. (0,6 · V + 1,054) / 3,387 = 1,5.

V = 6,71 t. Que es la cortante desarrollada por el muro en cada una de sus secciones.

Posteriormente comprobaremos que no se alcanza el agotamiento de la sección.

4.1.4. Comprobación de seguridad al deslizamiento.

Las solicitaciones a la que está sometido un ml de muro son:

Fuerzas estabilizadoras = Fuerza de rozamiento + 2 V = N · tgω + 2 · V.

F. est = (0,375 + 1,05) · tag 30 + 2 · 6,71 = 14,243 ML/ml.

Fuerzas desestabilizadoras = 4,2338 t/ml.

Coeficiente de seguridad al deslizamiento = F. Estab / F. Desest.

Cd = 14.243 / 4.2338 = 3.36.

4.1.5. Armado.

- Hormigón.

Resistencia característica: fc = 200 Kg/cm^2.

Nivel de control: normal.

Coeficiente de seguridad: γc = 1,5.

- Acero de armado.

Límite elástico: fyk = 4100 kg/cm^2.

Nivel de control: normal.

Coeficiente de seguridad: γs=1,15.

Coeficiente de mayoración de cargas.

Permanentes: 1,6.

Variables: 0,9.

4.2. Armado del paramento vertical.

Solicitaciones = 1,6 · (5,209 · 10^{-4} + 7.2 · 10^{-5} + 0.9 · 0.0155) = 0,0149 Tn/m2.

Carga horizontal por ml. de muro = 0,0149 · 20230,56 / 567,41 = 0,5312 t/ml.

Otras solicitaciones = 1,6 · 3,2 + 0.9 · (0,0178 + 0,2 · 3,2) = 5.712 t/ml.

Total carga por ml = 6,2432 t/ml.

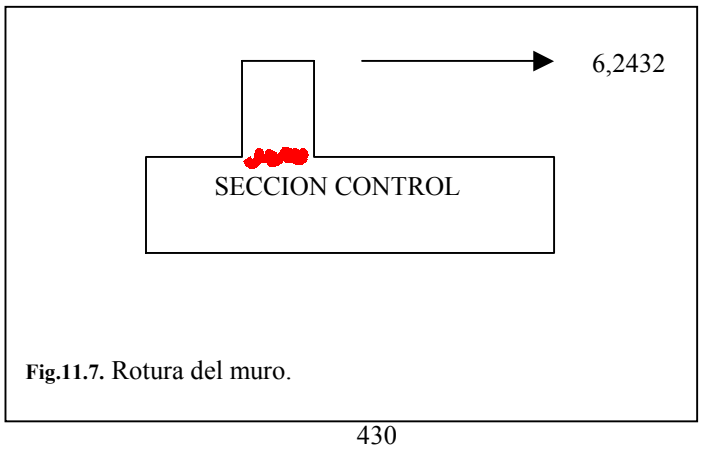


Fig.11.7. Rotura del muro.

a) Armado a flexión.

D = 26 cm.

B = 100 cm.

Fck = 200 Kp/cm2.

Fyk = 4.100 Kp/cm^2.

Nc = 0,85 · 0,8 · b · fcd · 0,9 · X = 8.160 · X = Kp.

Md = 8.160 · x · (26 - 0,4 · x) = 3,12 · 10^5 kp/ml.

X = 1,505 cm.

Nc = Ns = As · fyd.

As = 2,61 cm^2. (Menor que la cuantía exigida por la norma).

Cuantía mínima de acero exigida por la EH-99.

As = 0.04 · fcd · Ac/fyd = 4,487 cm^2.

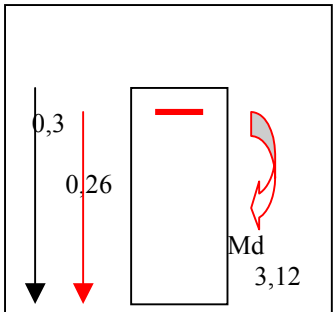


Fig 11.8.

El armado que colocaremos será por tanto de cuatro corrugados de diámetro 12 mm. Cada metro supone 4,5 cm^2 que es mayor a la mínima que exige la norma para armadura vertical de muros.

Por simetría, en la cara opuesta se colocará idéntica armadura.

b) Armado a cortante.

El esfuerzo cortante que agota el hormigón es:

Vu_1 = 0,3 · fcd · b · d = 104 T.

Vu_1 >> Vd.

104>>6,2432.

El esfuerzo cortante de agotamiento del hormigón por tracción es:

Vu_2 = Vsn + Vcn.

Vcn = 0,5 · $fcd^{1/2}$ · bw · d = 15 t.

Como Vcn >> Vd no es necesaria armadura transversal de cortante y se colocará por ello la mínima que exige la norma: 2 por mil del área del hormigón = 4,04 cm^2/ml.

Se colocarán cuatro cercos de diámetro 8 mm por ml en vertical del muro.

4.3. Armado del cimiento.

Resistencia del terreno.

σ = N/ς + 6 · M/a + b^2 = Tn/m^2.

N = 1,425 ML/ml.

M = 2,061 Tm/ml

B = 1,4 m.

A = 1 m.

σ_{min} = -5,2091 Tn/m^2.

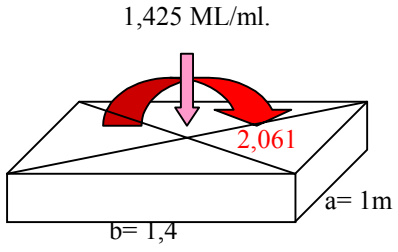


Fig. 11.9. Cimiento

σ_{max} = 7,327 Tn/m2.

Considerando una resistencia admisible del terreno de 10 Tn/m^2 se aprecia que es muy superior a las 7,237 Tn/m^2 que soportará en las condiciones más desfavorables.

a) Armado a cortante.

Suponemos una carga con el valor medio de tensión que solicita al cimiento de 1,018 Tn/m^2.

Vd_{max} = 1,4 · 1018 = 1,4252 t.

El esfuerzo cortante de agotamiento del hormigón por compresión es:

V = 0,3b · fcd · b · d = 104 T.

VN_2 = Vsn + Vcn.

Vcn = 0,5 · $fcd^{1/2}$ · b · d = 15 T.

Vcn >> Vd_{max}.

15 >> 1,4252 t.

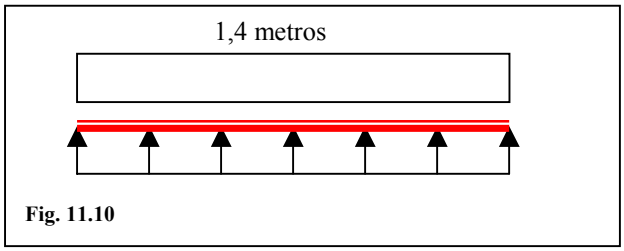


Fig. 11.10

→ **No necesita armadura de cortantes.**

b) Armado a flexión.

Md = 1,018 · 0.4^2 / 2 = 2,036 t/ml.

$2,036 \cdot 10^5 = 0.85 \cdot 0.8 \cdot fcd \cdot b \cdot x \cdot (26 - 0,4 \cdot x)$.

X = 0,88 cm.

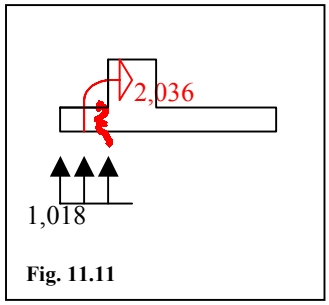


Fig. 11.11

Nc = Ns = As · fyd.

As = 1,69 cm^2. (menor cuantía mínima exigida por la norma).

Cuantía mínima de acero exigida por la EH-99.

As = 4,87 cm^2.

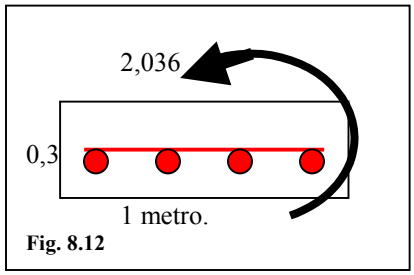


Fig. 8.12

Se dispondrán cuatro corrugados de diámetro 12 mm cada metro, lo que suponen 4,5 cm^2 , cantidad mayor a la mínima exigida por la norma.

De esta forma ortogonal a ellas y siguiendo el perímetro de la balsa, se colocarán igualmente cuatro corrugados de 12 mm.

4.4. Comprobación de que no se alcanza el cortante de agotamiento.

Calculamos el esfuerzo de agotamiento último por cortante que es capaz de soportar el muro en su sección más desfavorable (la de menor ancho).

B = 0,3 m.

D = 0,72 m.

$Vd = 0,5 \cdot fcd^{1/2} \cdot b \cdot d.$

Vd = Esfuerzo de agotamiento último por cortante = 12,47 t.

Queda demostrado que la fuerza estabilizadora (6,71 t) considerada en los cálculos del coeficiente de seguridad al deslizamiento y vuelco es admisible, ya que la sección del hormigón es capaz de desarrollar un cortante máximo de 12,47 t.

La fuerza de 6,71 t considerada, se ha obtenido por equilibrio de una rebanada de muro (de 1 metro de profundidad), teniendo en cuenta que el muro no está aislado, pero ésta, no es sólo una fuerza de equilibrio, sino que es el cortante que desarrolla el hormigón para ser estable. Sabemos que esto ocurre porque hay muros construidos con la misma forma elíptica, dimensiones, e incluso armado, y llevan varios años desde su puesta en servicio, sin haber ocasionado ningún tipo de problema, tanto al deslizamiento como al vuelco.

4.5. Comprobación según Norma NBE, sobre la malla de sombreo del viento en la zona media de Murcia.

Sobrecarga del viento sobre un elemento superficial: $p = c \cdot w$.

W = Presión dinámica (Kg/m^2).

C = Coeficiente eólico de sobrecarga.

Al encontrarnos en una zona media, influida en un radio de 35 Km.. cercana a la costa, podríamos desarrollar una media de presión dinámica en valor de 100 Kg/m^2 (tabla de datos de vientos de tabla nº 5.1 Capítulo V NBE-AE-88. Acciones en la edificación).

Para el valor del coeficiente eólico se asemeja la malla a un casquete esférico, si bien no es una buena aproximación, la creemos oportuna por no considerar una disminución del 25% del coeficiente eólico por huecos. De este modo tomamos un valor de c = 0,2 (tabla Nº 5.3. NBE-AE-88. Acciones en la edificación).

P = 0.2 · 100 = 20 Kg/m2 = 0,02 Tn/m2.

0,02 · 20.230,56 / 567,41 = 0,713 t/ml.

Aumento de la tensión del cable por efecto de la acción del viento:

$$0,713 \cdot 100 / 3.2 = 22.28\ \%.$$

En los cálculos realizados para comprobar la estabilidad del muro y su armado, hemos considerado un incremento de la tensión de los cables por efecto del viento de un 25% que es mayor que el realmente producido, estando por tanto del lado de la seguridad.

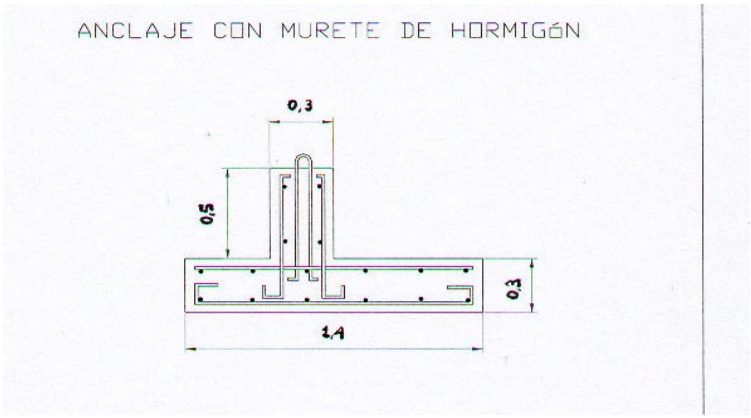


Figura 11. 13.

5. SISTEMA DE APOYOS EN POSTES.

También podríamos realizar el atado a postes metálicos como se dan en la construcción de invernaderos y parrales y que suelen denominarse en Murcia como "muertos". Estos consisten en dos perfiles metálicos del tipo IPN, hincados en el terreno del borde perimetral de la balsa, donde uno de éstos perfiles (A) se entierra hasta 2 metros de longitud y el otro perfil (B), se clava en el suelo hasta una profundidad de 3 metros, quedando fuera en su parte aérea, un sobresaliente de 12 y 17 cm., respectivamente.

La zona enterrada debe de estar perfectamente protegida de posible oxidación, bien por tratamientos galvánicos o con esmaltados o recubrimientos de pinturas bituminosas, con total seguridad de estar protegidas de oxidación.

El tipo de perfil elegido es: 57/122/57, espesor 5 mm; practicando en el alma (122 mm) en su parte libre, superior, un orificio circular de 33 mm de diámetro, sirviendo de punto de anclaje de los tirantes de la cubierta de la balsa.

Los perfiles se disponen a unos 5 metros del borde perimetral de la balsa y separados entre sí una distancia de 2,08 metros.

En la experimentación de la balsa de la Comunidad de Regantes de las Cuatro Vegas de Almería, fueron realizadas pruebas de ensayos el 8 de Julio de 1.994 por el laboratorio de geología, comprobando el comportamiento ante el "tiro" teórico de resistir la tensión de 3.000 Kg, que se preveía como valor máximo teórico, a alcanzar por los tirantes de sujeción de la cubierta de la balsa, anclados a los perfiles, en función de los vientos máximos previstos en la zona.

La forma de "tiro" es perpendicular a los postes desde el embalse y se inclina luego al segundo poste con 12º respecto al plano horizontal del tapado del embalse.

Los ensayos realizados consistieron en la colocación de un gato hidráulico de 20 toneladas de capacidad máxima en el poste externo y con una inclinación de 15º, equipado con un manómetro de 9 t y precisión de 0,1 tonelada, apoyados en el otro extremo sobre un soporte de suficiente capacidad de aguante al previsto.

Al mismo tiempo y por el ala del perfil opuesta a la que se transmite el empuje, la instalación de un microcomprobador, de precisión 0,01 mm, para registrar las deformaciones horizontales que sufría la zona superior del perfil sometido a empuje, durante los distintos escalones de carga a los que se iría sometiendo.

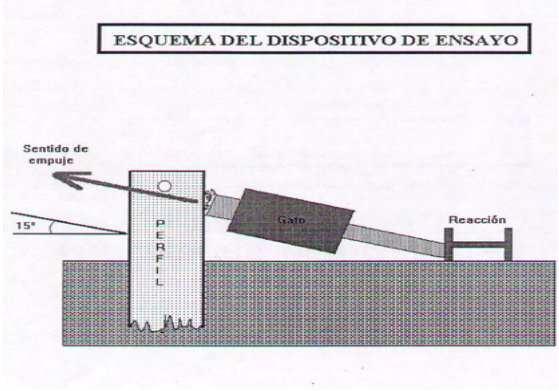


Figura nº. 11.14

Las pruebas se hicieron con escalones de carga de 1.000 Kg., mantenidos el tiempo suficiente para permitir la estabilización de las deformaciones horizontales que el "ala" opuesta del perfil sufría respecto a la vertical y al terreno.

Una vez alcanzado y mantenido el "máximo empuje", se descargaba, bruscamente, el dispositivo de ensayo, registrándose, mediante el microcomparador instalado, la "deformación residual" horizontal que persistía en la zona superior del perfil, una vez que cesaba el empuje ejercido.

El "máximo empuje" efectuado en cada ensayo fue de 5.000 Kg.

La prueba efectuada sobre el perfil empotrado hasta 2 metros de profundidad, ha sido denominada "prueba A", mientras que la realizada sobre el empotrado hasta 3 metros, se ha llamado "prueba B". Los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos, fueron los siguientes:

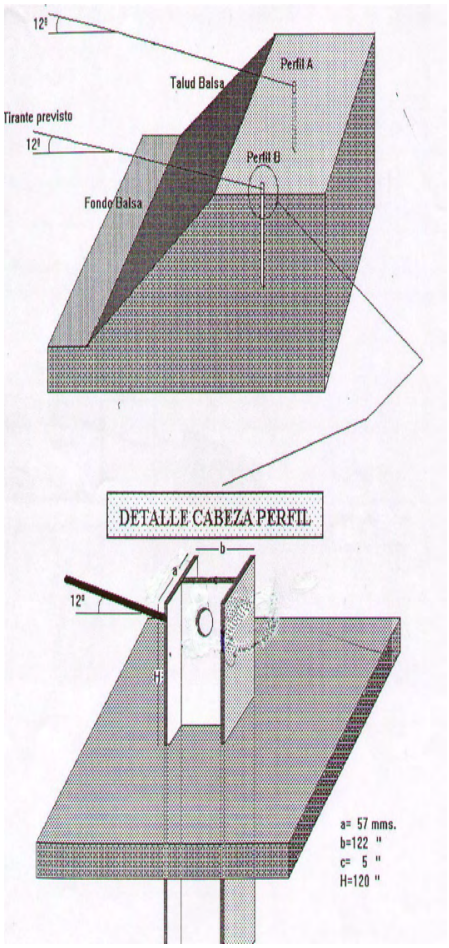


Figura nº. 11.15.

Prueba a).Profundidad de empotramiento: 2 metros.

Carga (Tonelada)	Deformación (mms).
1	2.34
2	3.98
3	5.82
4	7.85
5	9.6
0	2.32 (deformidad residual).

Ensayo b). Profundidad de empotramiento de 3 metros.

Carga (Tonelada)	Deformación (mms).
1	0.74
2	1.54
3	2.27
4	3.16
5	3.92
0	1.17 (deformidad residual).

A continuación se representa un gráfico con las curvas EMPUJE/DEFORMACION, obtenidas en cada ensayo.

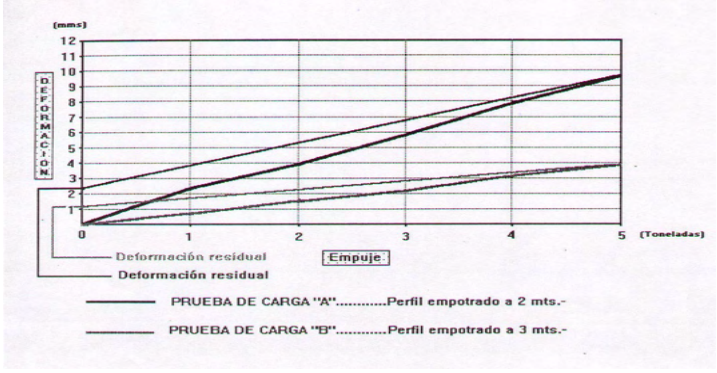


Figura nº. 11.16.

ESTADOS A MEJORAR:

Durante la realización de las pruebas de cargas efectuadas, se observaron una cierta deformación del "alma" de los perfiles metálicos, debida a los empujes soportados. Por tanto, se vio necesario realizar un refuerzo de dicha "alma", al menos en los 5º cm finales de la zona superior del perfil en donde se va anclar el tirante correspondiente, al mismo tiempo, dicho refuerzo, servirá para evitar daños importantes en la cabeza del perfil, durante su fase de hinca.

También se vio recomendable variar la posición del hinca de los perfiles, en vez de realizarlo en posición vertical, darle un cierto grado de inclinación en sentido contrario al del "tiro" previsto, aumentándose de esta forma su seguridad frente al arrancamiento", así como una mayor estabilidad general del perfil frente a los esfuerzos a los que se verá sometido por el tirante anclado en él.

6. CONSTRUCCION Y COLOCACIÓN.

6.1. Instalación de alambres, sobretensiones y amarrados de soporte.

Dependiendo del tipo de soporte, una vez construidos, pasaremos los cables del apoyo inferior por el correspondiente sistema del amarre, dando la forma y apriete requerido.

6.2. Tensiones de roturas.

Los cables se llevaran a apriete mediante medidas de tensómetros, asegurando la corrección del mismo.

6.3. Extendido y cosido de malla.

Una vez obtenida y afianzada la base, procede el extendido de la rafia y cosido. La balsa se encontrará con agua y se adoptarán medidas para caso de caída de persona, mientras se constituye el extendido y cosido de la malla sombrero.

6.4. Cierre del sombreo.

Al mismo tiempo que se extiende y cose, se va procediendo a colocar los distintos cables del cierre, para evitar que vuele y modifiquen su posición.

6.5. Mantenimiento y conservación.

En general no necesitan de cuidados especiales y la experiencia existente en Almería es de una duración mayor de diez años. En el caso de roturas o desgarros, bastará solamente con volver de nuevo a incorporar parte del material deteriorado.

7. ANÁLISIS ECONÓMICO.

7.1. Costos de instalación medio.

El coste de cubrir una balsa, independiente del soporte utilizado, viene a ser en números redondos, de 3,75 €/m^2 (1,2 € de alambre, 0,9 de rafia, 1,65 colocación mano de obra).

7.2. Rentabilidad.

Supongamos que la balsa posee una cierta entidad, por ejemplo 30.000 m^2 de superficie máxima de lámina de agua libre con 12 metros de altura. Su capacidad en volumen máximo de agua, de 235.000 m^3 . Se ha practicado un estudio de las pérdidas anuales de evaporación en un periodo amplio de tiempo y se ha estimado en 45.000 m^3 de agua que se pierde. Esta Comunidad realiza una explotación de un sondeo y llevar el

agua le supone un costo real de 0,25 €/m^3. Las perdidas anuales en el año de comienzo son de 10.818 €.

La Comunidad ha pedido oferta para realizar el sombraje de la balsa y los resultados de la inversión son de han sido favorables por la forma alargada que posee. El presupuesto del sombraje es de una inversión de 108.182 €, que piensa en financiar con un banco de la localidad.

El proyecto se subvenciona en una cantidad determinada en el porcentaje invertido (32.455 €) y los prestamos son del tipo normal (8/10), devueltos en 10 anualidades. La duración mínima de la utilidad de la inversión, se considera de 15 años.

Esta evaluación económica, puede cifrarse en una T.I.R. de más del 40 %.

Capítulo 12.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE BALSAS

Adopta el paso de la naturaleza: su secreto

es la paciencia.

Ralph W. Emerson.

1. INTRODUCCIÓN A LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

2. ANTECEDENTES

3. PRINCIPALES DEFICIENCIAS DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

4. ¿PORQUÉ ES NECESARIO LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL?

5. LEGISLACIÓN VIGENTE EN EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

6. PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Proyectos relacionados con construcción de balsas y que están sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental en la Región de Murcia.

7. PRINCIPALES IMPACTOS OCASIONADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE UN EMBALSE.

8. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1. Identificación de impactos.

8.2. Identificación de las acciones susceptibles de producir impactos.

8.3. Identificación de las acciones concretas.

8.4. Valoración de los impactos ambientales.

8.4.1. Tipos de valoración

8.4.2. Caracterización de los impactos ambientales

8.4.3. Determinación del índice de incidencia

8.4.4. Determinación de la magnitud

8.4.5. Totalización de los impactos

8.5. Prevención del Impacto Ambiental: Medidas correctoras.

8.6. Medidas preventivas habituales en balsas.

8.7. Programa de vigilancia Ambiental.

8.8. Documento de síntesis.

9. ÍNDICE TIPO DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE UN PROYECTO.

10. DESARROLLO DE UN EIA. DEL SERVICIO DE OBRAS Y MEJORAS DE LA DIRECCION GENERAL DE REGADIOS Y DESARROLLO AGRARIO DE LA CARM.

1. INTRODUCCIÓN A LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La intensificación agrícola y ganadera que ha tenido lugar en los países desarrollados en los últimos años, ha cambiado los sistemas de producción y al mismo tiempo se ha modificado el mapa de distribución de las explotaciones, pasándose de las típicas explotaciones extensivas ligadas al terreno a las explotaciones intensivas sin suelo, agravándose de manera importante los problemas medioambientales, hasta entonces casi inexistentes.

Esta nueva situación ha obligado a que se haya iniciado un cambio en los ordenamientos legislativos de estos países, para incluir normativa que preserven el medio ambiente, así como la que regula la eliminación de los residuos generados en estas.

Por otro lado, y teniendo en cuenta que la interdependencia economía-ecología tiene una dimensión global, obliga a que se lleven a cabo un conjunto de actuaciones preventivas, encaminadas a proteger el medio ambiente, que no puede ser aisladas ni locales.

Para la solución de estos últimos problemas, se viene utilizando una herramienta técnica tan útil como los estudios de impacto ambiental, que son las auditorias ambientales. En estas se opera con técnicas semejantes a las empleadas en la Evaluación de Impacto Ambiental (Ev.I.A.), si bien de forma más correcta, puesto que en estos casos si se dispone de datos reales.

La **evaluación de impacto ambiental** (Ev.I.A) es un instrumento de carácter preventivo consistente en un conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causaría sobre el medio ambiente.

La Ev.I.A. es el procedimiento administrativo que apoyado en un EIA. (presentado por el promotor) sobre las incidencias ambientales de un determinado proyecto (proyecto sustantivo, en nuestro caso, una Balsa), concurren en un proceso de participación público sobre tales incidencias. El proceso culmina con una declaración de impacto ambiental por parte de un órgano ambiental que aprobará, modificará o rechazará el proyecto.

Por todo ello, la Ev.I.A, se ha convertido en uno de los principales instrumentos preventivos para la gestión del medio ambiente. Se trata de un procedimiento administrativo para el control de los proyectos, que se apoya en la realización de estudios técnicos (EIA) y un proceso de participación pública. Tanto el procedimiento como los estudios técnicos, conforman un campo de conocimientos al que ninguna profesión puede ser ajena, y ello porque ayuda a concebir y desarrollar los proyectos de una forma más moderna, analizando los costes ambientales y porque su aplicación, requiere el concurso de equipos multidisciplinares.

El Acta Única Europea, destaca como uno de los pilares de la política ambiental de la UE, que los requisitos de protección del medio ambiente sean una componente de las demás políticas comunitarias, lo que supone integrar las consideraciones ambientales en los programas de desarrollo nacional y regional.

Al mismo tiempo se pretende que las actuaciones encaminadas a la protección del medio ambiente, contribuyan al crecimiento económico y sobre todo a la creación de empleo.

Hablaremos de auditoria ambiental, cuando se trate de hacer un diagnóstico de la situación actual del medio y el nivel de contaminación o deterioro generado por una actividad que se viene desarrollando, mientras que formará parte del impacto ambiental, cuando se trate de un nuevo proyecto a ejecutar.

2. ¿PORQUÉ ES NECESARIA LA EvIA?

El medio ambiente es el entorno vital, o sea el conjunto de factores físico-naturales, estéticos, culturales, sociales y económicos que interaccionan con el individuo y con la comunidad en que vive.

El medio ambiente es fuente de recursos que abastece al ser humano de materias primas y energía que necesita para su desarrollo sobre el planeta. Ahora bien, hemos de tener en cuenta que sólo una parte de estos recursos es renovable y se requiere, por tanto un tratamiento cuidadoso para que una mala gestión de ellos, conduzca a una situación irreversible.

Por todo ello, hay que resaltar la importancia de las evaluaciones de impacto ambiental, como una herramienta técnica con vistas a evitar los abusos directos e indirectos que sobre el medio ambiente suponen las acciones humanas.

Estas evaluaciones tienen como objetivo último el que se establezca un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el medio ambiente, sin que se llegue en ningún caso a esas situaciones a veces irreversibles, y al mismo tiempo, que ello no suponga en ningún caso un freno al desarrollo, sino un freno para impedir sobreexplotaciones del medio natural. Es en definitiva una herramienta con un carácter claramente preventivo.

En términos generales, la evaluación de impacto ambiental, es una herramienta necesaria para atenuar los posibles efectos negativos sobre el medio biofísico y socio-económico de determinadas actividades, acciones o proyectos, producidos por situaciones que se caracterizan por:

- Carencia de sincronización entre el crecimiento de la población y el crecimiento del a infraestructura y los servicios básicos que deberían destinarse a ella.

- Demanda creciente de espacios y servicios, consecuencia de la movilidad de la población y el crecimiento del nivel de vida.

- Degradación progresiva del medio natural con incidencia especial en:

- Contaminación y mala gestión de los recursos atmosféricos, hidráulicos, geológicos, edafológicos y paisajísticos.

- Ruptura del equilibrio biológico y de las cadenas eutróficas, como consecuencia de la destrucción de diversas especies vegetales y animales.

- Perturbaciones imputables a desechos o residuos, tanto de origen urbano como industrial.

- Deterioro y mala gestión del patrimonio histórico-cultural.

En la actualidad, a la hora de acometer un proyecto, se hace necesaria la realización de estudios de evaluación de impacto ambiental, por varias razones, entre ellas, podemos destacar las siguientes:

- Previenen del proceso degenerativo.
- Evitan graves problemas ecológicos.
- Mejoran el entorno y calidad de vida.
- Ayudan a la perfección del proyecto.
- Defienden y justifican una solución adoptada.
- Suponen una participación ciudadana.
- Generan una mayor concienciación social del problema ecológico.
- Porque lo exigen las disposiciones vigentes.

Podríamos añadir unas cuantas razones más, pero podemos decir finalmente que los estudios de impacto ambiental son necesarios, y con ello el responsable del proyecto también

será responsable de que se cumplan las disposiciones y normas medioambientales vigentes en el ámbito local, autonómico, nacional e internacional.

Con la evaluación de impacto ambiental se trata de recabar información, de la que se pueda deducir la capacidad de generar alteraciones por parte del proyecto, así como conocer cuál es la capacidad de acogida del medio social sobre el que se pretende actuar, para poder establecer una adecuada propuesta de medidas protectoras y correctoras que minimicen las alteraciones producidas, y un programa de vigilancia ambiental que garantice el cumplimiento de estas medidas.

El procedimiento de evaluación está integrado por dos documentos básicos:

1.- Estudio de impacto ambiental. En él se deberán identificar, describir y valorar de manera apropiada, y en función de las particularidades de cada caso concreto, las modificaciones apreciables que la realización del proyecto produciría sobre el medio ambiente, los recursos naturales o los procesos fundamentales de funcionamiento.

2.- Declaración de impacto ambiental (D.I.A.). Sobre la base del estudio de impacto ambiental, la autoridad competente de medio ambiente determina la conveniencia o no de realizar la actividad proyectada y, en caso afirmativo, formula las condiciones que deben establecerse en orden a la adecuada protección del medio ambiente y los recursos naturales.

En resumen, podemos decir que el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, es un proceso multidisciplinar que se pone en funcionamiento para servir de ayuda en la toma de decisiones acerca de la ejecución de un determinado proyecto.

3. LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

A continuación, se expone de forma breve la legislación vigente de aplicación directa en España y en la Región de Murcia sobre la Evaluación de Impacto Ambiental (Ev.I.A.), aunque hemos de señalar que la mayoría de las Comunidades Autónomas tienen su legislación específica.

Instancia Territorial	**Legislación vigente sobre la Evaluación de Impacto Ambiental**
Unión Europea	• Directiva 97/11/CE del Consejo, de 3 de marzo de 1997.
Estado	• Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental • Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del anterior. • Real Decreto-Ley 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1988, de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental
Murcia	• Ley 1/1995, de Protección del Medio Ambiente de la Región de Murcia. • Ley 4/1992, de 30 de julio, de Ordenación y Protección del Territorio. **Normativa sectorial**: • Decreto 7/1993, de 26 de marzo, sobre medidas de protección de los ecosistemas en las aguas interiores. • Ley 7/1995, de 21 de abril, de Animales Silvestres, Caza y Pesca Fluvial.

Cuadro 12.1

3.1. Definiciones.

Se entiende por Ev.I.A. el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio ambiente (R.D. 1302/1986).

Se entiende por declaración de impacto ambiental, el pronunciamiento que pone fin al procedimiento de evaluación de impacto ambiental. En ella, se refleja la conveniencia o no de realizar la actividad proyectada, y en caso afirmativo, las condiciones que deben establecerse en orden a la adecuada protección del medio ambiente y los recursos naturales.

Proyecto, es todo documento técnico que define o condiciona de modo necesario, particularmente en lo que se refiere a la localización, la realización de planes y programas, la realización de construcciones o de otras instalaciones y obras, así como otras intervenciones en el medio natural o en el paisaje, incluidas las destinadas a la explotación de los recursos naturales renovables y no renovables.

Titular del proyecto o promotor, puede ser la persona física o jurídica que solicita una autorización relativa a un proyecto privado como a la autoridad pública que toma la iniciativa respecto a la puesta en marcha de un proyecto.

3.2. ¿Qué apartados debe contener un Estudio de Impacto Ambiental?.

Un estudio de Impacto Ambiental, debe contener al menos los siguientes apartados principales, según el Real Decreto-Ley 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental:

a) Descripción del proyecto y exigencias previsibles en el tiempo, en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidad de residuos vertidos, y emisiones de materia o energía resultantes.

b) Exposición de las principales alternativas estudiadas y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.

c) Evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos del proyecto sobre la población, la fauna, la flora, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico-artístico y el arqueológico.

d) Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientalmente significativos.

e) Programa de vigilancia ambiental.

f) Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles. Informe, en su caso, de las dificultades informativas o técnicas encontradas en la elaboración del mismo.

4.- PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

Es interesante conocer el procedimiento administrativo, es decir, la secuencia de actividades y los plazos que se marcan en la Legislación de Evaluación de Impacto Ambiental.

Con objeto de facilitar la labor del estudio de impacto ambiental, durante la fase de iniciación y consultas, y cuando estime que pueden resultar de utilidad para la realización del mismo, la Administración pondrá a disposición del titular del proyecto, los informes y cualquier otra documentación que obre en su poder.

A tal efecto, la persona física o jurídica, pública o privada, que se proponga realizar un proyecto de los comprendidos en el anexo del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, comunicará al órgano de medio ambiente competente dicha intención, acompañando una memoria resumen que recoja las características más significativas del proyecto a realizar, copia de la cual deberá remitir asimismo al órgano con competencia sustantiva.

A partir de la presentación de esa memoria resumen, y en el plazo de diez días, el órgano administrativo ambiental, podrá efectuar consultas a las personas, instituciones y administraciones previsiblemente afectadas por la ejecución del proyecto a realizar, con relación al impacto ambiental, que a juicio de cada una se derive de aquél, o cualquier indicación que

estimen beneficiosa para una mayor protección y defensa del medio ambiente, así como cualquier propuesta que estimen conveniente respecto a los contenidos específicos a incluir en el estudio de impacto ambiental, requiriéndoles la contestación en un plazo máximo de 30 días.

Cuando corresponda a la Administración del Estado formular la declaración de impacto ambiental con relación a un proyecto que pueda afectar a la conservación de la flora o de la fauna, espacios naturales protegidos o terrenos forestales, será consultado preceptivamente el Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza.

Una vez recibidas las posibles contestaciones en el órgano administrativo de medio ambiente, éste en un plazo de veinte días, deberá facilitar al titular del proyecto el contenido de aquellas, así como la consideración de los aspectos más significativos que deben tenerse en cuenta en la relación del estudio de impacto ambiental.

Cuando el promotor tiene en su poder toda esta información, es cuando realmente deberá proceder a realizar la evaluación de impacto ambiental propiamente dicha y entrega de la misma. A continuación, el estudio de evaluación de impacto ambiental será sometido al procedimiento aplicable, para la autorización o realización del proyecto que corresponda, y conjuntamente con éste, al trámite de información pública durante treinta días hábiles y a recabar los informes que estime oportunos.

Con carácter previo a la resolución administrativa que se adopte para la realización o, en su caso, autorización de la obra, instalación o actividad de que se trate, el órgano competente remitirá el expediente (documento técnico del proyecto, estudio de impacto ambiental y el resultado de la información pública) al órgano administrativo de medio ambiente, acompañado en su caso, de las observaciones que estime oportunas, al objeto de que éste formule una declaración de impacto, en la que determine las condiciones que deban establecerse para la adecuada protección del medio ambiente y los recursos naturales.

Antes de efectuar la declaración de impacto ambiental, el órgano administrativo de medio ambiente, a la vista del contenido de las alegaciones y observaciones formuladas en el periodo de información pública, y dentro de los treinta días siguientes a la terminación de dicho trámite, comunicará al titular del proyecto los aspectos en que, en su caso, el estudio ha de ser completado, fijándose un plazo de veinte días para su cumplimiento, transcurrido el cual procederá a formular la declaración de impacto ambiental en el plazo establecido.

La declaración de impacto ambiental determinará, a los solos efectos ambientales, la conveniencia o no de realizar el proyecto, y en caso afirmativo fijará las condiciones en que debe realizarse. Las condiciones, además de contener especificaciones concretas sobre protección del medio ambiente, formarán un todo coherente con las exigidas para la autorización del proyecto; se integrarán, en su caso, con las previsiones contenidas en los planes ambientales existentes; se referirán a la necesidad de salvaguardar los ecosistemas a su capacidad de recuperación.

La declaración de impacto ambiental, incluirá las prescripciones pertinentes sobre la forma de realizar el seguimiento de las actuaciones, de conformidad con el programa de vigilancia ambiental.

En el plazo de los treinta días siguientes a la recepción del expediente, la Declaración de Impacto Ambiental se remitirá al órgano de la Administración, que ha de dictar la resolución administrativa de autorización del proyecto.

Si existiera discrepancia entre el órgano con competencia sustantiva y el órgano administrativo de medio ambiente, respecto de la conveniencia de ejecutar el proyecto sobre el contenido del condicionado de la Declaración de Impacto, resolverá el Consejo de Ministros, o el órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente.

La declaración de impacto ambiental se hará en todo caso pública.

A continuación, y en forma de cuadro resumen, se presenta el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, según recoge el Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre.

ACTIVIDAD	PRO.	O.A.	O.T.	PLAZOS ESTABLECIDOS
PRESENTACIÓN DE LA MEMORIA RESUMEN Para comunicar intencional Organismo Ambiental (O.A.).	**X**			
El O.A. podrá consultar afectados		**X**		10 días para consultar
Elaboración de las respuestas			**X**	30 días para contestar
El O.A. facilita al promotor el contenido de las respuestas y aspectos a tener en cuenta		**X**		20 días para comunicar
REALIZACIÓN DEL EsIA	**X**			NO SE FIJA PLAZO
ENTREGA DEL EsIA	**X**			
PUBLICACIÓN EN EL B.O.		**X**		NO SE FIJA PLAZO
INFORMACIÓN PÚBLICA El O.A. si el O.S. no lo prevé		**X**	**X**	30 días hábiles
COMUNICACIÓN DE CORRECCIONES		**X**		Dentro de los 30 días
MODIFICACIÓN DEL EsIA	**X**			Dentro de los 20 días
PRESENTACIÓN DEL EsIA FINAL	**X**			NO SE FIJA PLAZO
RESOLUCIÓN DE LA DIA		**X**		Dentro de 30 días
PUBLICACIÓN DE LA DIA	**X**			NO SE FIJA PLAZO

Cuadro 10. 2.

T_1: Representa el periodo de tiempo que tiene que transcurrir entre la presentación de la Memoria Resumen y la salida a Información Pública.

T_2. Representa el tiempo que transcurre entre la salida a Información Pública y la Resolución de la Declaración de Impacto Ambiental.

T_3: Representa el tiempo entre la resolución de la DIA y su Publicación.

De lo expuesto anteriormente podemos concluir que si todo el procedimiento se desarrollara de forma que si el Órgano Ambiental no estima conveniente realizar consultas al presentar la memoria resumen y si no se recibieran alegaciones en la información pública, si no se cree conveniente realizar correcciones en el EsIA y si la resolución fuera muy rápida, todo el proceso de EIA podría terminarse en un plazo **mínimo de dos meses**, sin contar el tiempo que se necesitaría para realizar el EsIA.

Pero la realidad y la experiencia nos dicen, que siguiendo todos los plazos previstos en la Ley y contando con las dificultades normales, podemos considerar que es muy difícil que el

proceso se resuelva en menos de **seis meses**, más el tiempo necesario para la realización del EsIA.

En concreto para la Comunidad de Murcia, podemos decir que el tiempo medio para T_1 es de 305,2 días, para T_2 unos 180 días y para T_3 38,7 días. Por ello podemos concluir que el tiempo medio para la duración de lo que es el procedimiento de evaluación de impacto ambiental es de unos 467,4 días ($T_1 + T_2$).

4.1. Proyectos de balsas, sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental en la Región de Murcia.

- Actividades sometidas a evaluación de impacto ambiental.

En el anexo I de la Ley 1/1995, de 8 de marzo, de protección del medio ambiente.

Art. 2.10.- Otras infraestructuras y proyectos de obras.

f) Presas y embalses de riego con capacidad superior a 50.000 metros cúbicos.

g) Presas de altura de diques o muros superior a 10 m.



Foto 12.1. Talud recubierto.

- Obtención de licencia de la construcción de balsa en Murcia.

Actividades contenidas en el Anexo I de la Ley 1/1995, cuyo órgano competente es la Consejería de Medio Ambiente Agricultura y Agua (C.M.A.A.A.).

Ev.I.A. (incluye el EIA.) → emite la Declaración de I.A.

Actividades contenidas en el Anexo II de la Ley 1/95, cuyos órganos competentes son los Ayuntamientos (>20.000 habitantes) y la CCAA.

Memoria ambiental y Proyecto Técnico de Actividad → Calificación Ambiental.

5. PRINCIPALES IMPACTOS OCASIONADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE BALSAS.

La construcción de una balsa, actúa sobre el medio ambiente modificando el equilibrio de los ecosistemas. Estas alteraciones medioambientales se denominan impacto ambiental (IA).

El impacto sobre el medio ambiente del proyecto futuro, es la diferencia entre la situación del medio ambiente modificado (ejecución del proyecto), y la situación del medio ambiente tal y como habría evolucionado normalmente sin la actuación. Estos impactos en el

ambiente son considerados en la Ingeniería Medio Ambiental desde la prevención a la corrección.

Los principales efectos de la construcción de balsas son:

- Sobreexplotación o utilización de recursos por encima de las tasas asumibles por el medio (desviación del cauce natural de un arroyo, mediante canalización a la balsa).

- Ocupación del suelo donde se construye o instalan sobras de tierra de la excavación (caballero).

- Inestabilidad de taludes de terraplenes y excavados.

- Alteración del micro-clima de la zona (mayor humedad).

- Modificación de las características del suelo.

- Alteración de la biocenosis (extinción de plantas, animales, nuevas colonias, por ejemplo de aves acuáticas).

- Modificación del paisaje, por deterioro estético y de la calidad visual del medio.



Foto 12.2. Terreno labrado en zona colindante, descompactada..

- Riesgos de accidentes y siniestros (rotura de la balsa).

- Modificaciones del nivel de renta y consumo.

- Efectos sobre las infraestructuras y los servicios.

- Compactación de terrenos adyacentes por el paso de maquinaría.

- Alteraciones varias como patrimonio cultural, recreativo, histórico, etc.

- Importantes pérdidas de agua por evaporación.

- Riesgo de contaminación del agua almacenada, (tratamiento mosquitos).

El medio ambiente es una fuente de recursos, que abastece al ser humano de materias primas y energía, necesarios para su desarrollo. Sólo parte de los recursos es renovable y se requiere, por tanto, un tratamiento cuidadoso para que una mala gestión de ellos, conduzca a una situación irreversible.

Hay que resaltar la importancia de la Ev.I.A , como una técnica con vistas a evitar los abusos directos e indirectos que sobre el medio ambiente supone las acciones humanas.

Estas evaluaciones tienen como objetivo último, el que se establezca un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el medio ambiente, sin que se llegue en ningún caso a esas situaciones a veces irreversibles, y al mismo tiempo, no supongan freno al desarrollo, sino un análisis para impedir sobreexplotaciones del medio natural. Es, en definitiva, una herramienta con carácter, claramente, preventivo.

6. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Consiste en dar respuesta a lo que exige el Reglamento en este sentido, en forma de una secuencia lógica de tareas concatenadas, donde conducir con orden y comodidad todo el proceso.

Hay que establecer:

a) Un diagrama de flujos: modelo del proceso metodológico a través de las cuales se va desarrollando la realización del estudio

IDENTIFICACIÓN, VALORACIÓN, PREVENCIÓN Y COMUNICACIÓN.

El diagrama es válido para las distintas tareas a realizar. Los recorridos a realizar serán distintos en función de la conflictividad ambiental del proyecto a realizar y del nivel de definición en el que estemos.

b) Un cronograma (programa de tareas / tiempo), que representa los paralelismos y solapamientos temporales entre las tareas, el consumo relativo de tiempos y en su caso, el miembro responsable de cada tarea.

6.1. Identificación de impactos.

Después de haber realizado el Órgano Ambiental, las consultas previas, las comunicaciones con el promotor (Scoping), el redactor de impacto ambiental ya tiene su punto de partida.

PRIMERA FASE: IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

- Conocer el proyecto y sus alternativas.
- Conocer el entorno.
- Determinar interacciones entre ambos.

En la identificación de impactos, en la metodología se desarrolla a través de dos líneas:

a) Identificar las acciones de éste susceptibles de producir impactos significativos

b) Identificar los factores del medio que puedan ser alterados por éstas

Ambas líneas conducen a una tarea específica, para determinar las distintas relaciones causa-efecto (técnicas adecuadas).

El proyecto deberá aportar la información del estudio de impacto ambiental:

- Objetivos del proyecto.
- Alternativas del proyecto examinadas por el promotor y razones que han llevado a seleccionar la desarrollada.
- Proceso de construcción y operación, representado en la medida de lo posible en forma de diagramas de flujo.
- Producto y subproductos y su destino probable.
- Influentes o insumos que va a utilizar en las fases de construcción y de explotación.
- Agua, energía, áridos, materias primas, fertilizantes, mano de obra, etc.

- Maquinaria para la fase de construcción como para la de funcionamiento.
- Mano de obra requerida en las distintas fases.
- Tecnología que se va a utilizar.
- Efluentes que va a generar: emisiones, vertidos, ruidos, y para cada uno de ellos, origen, tipo, cantidad, ritmos, etc.
- Localización del proyecto, de las partes de que consta y de los elementos físicos que lo forman:
    - Edificios, instalaciones, espacios libres, etc.
    - Espacio ocupado o transformado, durante la fase de construcción y funcionamiento, aclarando en ésta última, la situación de temporalidad: provisional o permanente.
    - Elementos o actuaciones auxiliares que requiere.

Si proyecto no da respuesta a los puntos anteriores, el estudio de impacto debe colaborar a la definición y aclaración de éstos, perfeccionándolo.

6.2. Identificación de las acciones susceptibles de producir impactos.

Una acción, es la parte activa que interviene en la relación causa-efecto, que define un impacto ambiental.

Tales causas, pueden residir en todas las fases del desarrollo del proyecto, en todas las partes y elementos que lo forman.

Para formalizarla y dada la complejidad de algunos proyectos, es aconsejable desagregar el proyecto en forma de árbol con varios niveles (tres niveles), el último de los cuales representará acciones simples causa directa de impacto.

A nivel práctico se pueden distinguir tres niveles:

- PRIMER NIVEL: FASES, se refieren a las que forman la estructura vertical del proyecto: estudios previos, construcción, explotación/funcionamiento y desmantelamiento.

- SEGUNDO NIVEL: ELEMENTOS, que puede identificar partes homogéneas del proyecto (zonas del vaso, de accesos, ocupaciones temporales, etc.). El elemento, pues, se refiere sin más, al segundo nivel de desagregación del proyecto.

- TERCER NIVEL: ACCIONES CONCRETAS. Una acción se refiere a una causa simple, concreta, directa, bien definida y localizada de impacto: desbroce, movimiento de tierras (excavación, terraplén), emisión de un cierto contaminante (grasas, aceites de las máquinas), obras de fábrica (derramaderos sin definir cauces), emisión de ruido por las máquinas de la obra, todos, comprendido dentro de la fase de construcción de la balsa.

6.3. Identificación de las acciones concretas. (3er NIVEL)

Las acciones que se identifiquen en este nivel, han de ser concretas y:

- Relevantes. Ajustarse a la realidad del proyecto y que desencadenen efectos notables, por ejemplo la excavación → erosión.
- Excluyentes/independientes. Evitar solapamientos que pudieran conducir a una duplicidad en la contabilidad de los impactos.
- Fácilmente identificables. Susceptibles de una definición nítida y de una identificación fácil sobre planos o diagramas de proceso.
- Localizables. Atribuibles a una zona o punto concreto del espacio en donde se ubica el proyecto (Acopio de tierras sobrantes o caballero).

Tabla nº. 12.1. Identificación de acción – impactos.

Factores. / **Actuaciones.**	**Medio Físico.**						**Medio socio-económico.**		
	Geolog	Edafol.	Hidrol.	Veget.	Fauna.	Paisaje.	Uso suelo	Prop. Suelo.	Activ. Económ.
Diseño/Realizac. Proyecto				--------	--------		--------	-----	--------
Construcción.									
Mov. Tierras.	------	------			----	-------			
Constr. Infraestruct.					------	-------			
Vertederos.	--------	--------		------					
Instalaciones anejas.		-------		---		-------			
Explotación.									
Régimen funcionamiento.									
Presencia de infraestructuras.	--------					-------			

- Cuantificables. En la medida de lo posible deben ser cuantificadas en magnitudes físicas, quedando descritas con la mayor aproximación posible en la matriz de impactos.

6.4. Valoración de los Impactos Ambientales.

Una vez tenemos identificada la matriz de impactos, hemos de proceder a la valoración de los impactos.

El valor de un impacto, mide la gravedad de un impacto cuando es negativo, y el grado de bondad, cuando es positivo. En cualquier caso, se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma, con que un factor ambiental es alterado y su alteración. Se puede concretar en términos de **magnitud e incidencia**.

La **magnitud** representa la cantidad y calidad del factor modificado (superficie de suelo de una clase agrológica afectado por…) y la **incidencia** se refiere a la severidad y forma de la alteración.

6.4.1. Tipos de valoración.

Como se ha comentado antes, el valor de un impacto dependerá de la cantidad y calidad del factor afectado, de la importancia o contribución de éste a la calidad de vida en términos de referencia, del grado de incidencia o severidad de la afección y características del efecto expresadas por una serie de atributos que lo describen.

En términos generales y esquemáticos, podemos decir que la valoración admite tres niveles de aproximación:

- **Simple enjuiciamiento**

Interpretar cada impacto identificado en los términos que señala el Reglamento: compatible, moderado, severo o crítico.

También puede emplearse otra terminología, siempre que sea significativa y de fácil comprensión por personas no iniciadas en la evaluación de I.A.

	Fase de construcción.				Fase
	Desbroce.	Mov. tierras	Obra civil.	Vert. tierras	Explotación.
Calidad aire.					
Gea y suelos.					
Vegetación.					
Fauna.					
Paisaje.					
M. socio-econ.					

Tabla nº. 12.2. Matriz de identificación de impactos.

- **Valoración cualitativa**

Consiste en situar a cada impacto identificado en un rango de alguna escala de puntuación cuyo tamaño depende del grado de confianza de que se disponga. Así, valorar en una escala de tres rangos es más fácil que hacerlo en una de cinco. La valoración puede ser:

Simple. Cuando cada impacto viene representado por un solo valor

Compuesta. Cuando se hace referencia a los dos conceptos que sintetizan el valor del impacto magnitud-cantidad del valor alterado y la incidencia-severidad.

- **Valoración cuantitativa**

Es la que sugiere el Reglamento y la que requiere más información, conocimiento y criterio del equipo evaluador. Un método válido podría ser el que se expone a continuación:

1.- Determinar un índice de incidencia para cada impacto estandarizado entre 0 y 1

2.- Determinar la magnitud, lo que implica:

- Determinación de la magnitud en unidades distintas, heterogéneas, inconmensurables, para cada impacto.
- Estandarizar el valor de la magnitud entre 0 y 1, mediante funciones de transformación (gráf. 12.1) o lo que es lo mismo, transposición de esos valores a unidades homogéneas, comparables, adimensionales, de I.A.

En el caso del Movimiento de Tierras, queremos incorporar medidas sobre el polvo para evitar la silicosis pulmonar a unos niveles adecuados. Esto nos lleva a realizar medidas del polvo en suspensión y su traslado de referencias a medidas homogéneas, entre 0/1, como la siguiente gráfica:

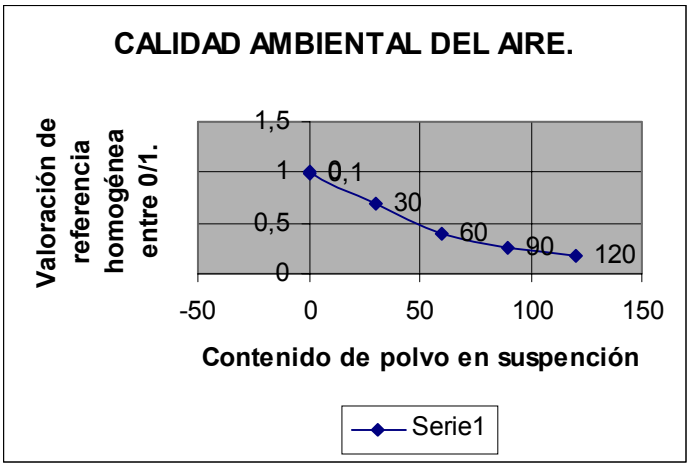


Gráfico nº. 12. 1. Función de transformación de la calidad ambiental del aire.

3.- Calcular el valor de cada impacto a partir de la incidencia y magnitud antes determinadas

4.- Agregar los impactos parciales, para totalizar valores correspondientes a niveles intermedios y general de los árboles de acciones o de factores

6.4.2. Caracterización de los Impactos.

Consiste en describir los impactos identificados y considerados significativos o notables, según una serie de atributos que el Reglamento de EIA define y exige incluir en los E.I.A. Son los siguientes:

- **Signo**: positivo o negativo, se refiere a la consideración de benéfico o perjudicial
- **Inmediatez**: directo o indirecto. Directo o primario, cuando tiene repercusión inmediata en algún factor ambiental, mientras el indirecto o secundario es el que deriva de un efecto primario
- **Acumulación**: simple o acumulativo. Efecto simple cuando se manifiesta en un solo componente ambiental y no induce efectos secundarios ni acumulativos ni sinérgicos. Efecto acumulativo es el que incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera.
- **Sinergia**: sinérgico o no sinérgico. Efecto sinérgico significa reforzar los efectos simples. Cuando la coexistencia de varios efectos simples supone un efecto mayor que su suma simple
- **Momento** en que se produce: corto, medio o largo plazo. Efecto a corto, medio o largo plazo es el que se manifiesta en un ciclo anual, antes de cinco años o en un periodo mayor respectivamente.
- **Persistencia**: temporal o permanente. Efecto permanente supone una alteración de duración indefinida, mientras el temporal permanece un tiempo determinado.
- **Reversibilidad**: reversible e irreversible. Reversible el que puede ser asimilado por los procesos naturales, mientras el irreversible no puede serlo o sólo después de muy largo tiempo
- **Recuperabilidad**: recuperable e irrecuperable. Recuperable el que puede eliminarse o reemplazarse por la acción natural o humana, mientras no lo es el irrecuperable
- **Periodicidad**: periódico o de aparición irregular. Periódico, cuando se manifiesta de forma cíclica o recurrente, mientras que el irregular se manifiesta de forma impredecible en el tiempo.

- **Continuidad**: continuo o discontinuo. Continuo el que produce una alteración constante en el tiempo, mientras el discontinuo se manifiesta de forma intermitente e irregular.

Factores.	**Medio Físico.**						**Medio socio-económico.**		
Actuaciones.	Geolog	Edafol.	Hidrol.	Veget.	Fauna.	Paisaje.	Uso suelo	Prop. Suelo.	Activ. Económ.
Diseño/Realizac. Proyecto				OIn	Oin		OIn	OIn	+Io
Construcción.									
Mov. Tierras.	Oro	OIs			ORo	OIn			
Constr. Infraestruct.					ORo	OIn			
Vertederos.	OIs	OIs		OIs					
Instalaciones anejas.		ORo		OIs		ORo			
Explotación.									
Régimen funcionamiento.									
Presencia de infraestructuras.	Min					MIs			

Tabla nº. 12.3 . Matriz cualitativa acción-impactos.

A: Carácter y magnitud: No hay posibilidad de impacto ( ). B: Reversibilidad: Reversible (R).
Impacto positivo: (+). Irreversible (I).
Impacto negativo: Compatible (O).
Moderado (M).
Severo (S). C: Posibilidad medidas correctoras:
Crítico (C). Si (s).
No (n).
No necesarias (o).

6.4.3. Determinación del índice de incidencia.

Para determinar la incidencia, conviene añadir a los atributos anteriores la **intensidad** (grado de la alteración) y ocasionalmente, la **extensión** (área de influencia del efecto en relación con el total del entorno considerado).

Una vez que hemos caracterizado el impacto, el índice de incidencia, que variará entre 0 y 1, se puede obtener de dos formas:

1.- Una de **carácter informal**, a partir de los atributos que lo describen: a un impacto cuyos atributos se manifiestan en la forma más favorable, se le atribuirá un índice de incidencia próximo a 0, por el contrario, a un impacto intenso, permanente, irreversible, irrecuperable, acumulativo, sinérgico, extenso y que produce sus efectos de forma inmediata, tendrá un índice de incidencia próximo a 1.

2.- Una de **carácter formal**, que se desarrolla a su vez en cuatro pasos:

- **Tipificar las formas en que se puede describir cada atributo**. Por ejemplo: momento inmediato, fácil recuperabilidad, etc.

- **Atribuir un código numérico** a cada forma, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable
- **Aplicar una función**, suma ponderada (u otra), para obtener un valor
- Típica: Incidencia = 3I + 2E + M + P + R (valor máximo 25, mínimo 8)
- Ponderada. Incidencia = 3I + 2E + M + P + 3R (valor máximo 33, mínimo 10)
- Simple. Incidencia = I + E + M + P + R (valor máximo 16, mínimo 5)
- Estandarizar entre 0 y 1 los valores obtenidos, mediante la expresión:

$$\textbf{Incidencia} = I - I_{mín} / I_{máx} - I_{mín}$$

6.4. 4. Determinación de la magnitud.

En unidades heterogéneas

Es en esta fase de un estudio de impacto ambiental, donde se pone de manifiesto la necesidad de un equipo multidisciplinar para abordar algunos problemas que se presentan: predicción de los cambios desencadenados por una acción sobre el clima, el agua, suelo, biocenosis, etc., y su medición.

Se requiere un conocimiento profundo y especializado, así como de la legislación que le afecta. Para ello, se pueden aplicar:

- **Modelos de difusión y dispersión atmosférica**, para determinar los niveles de inmisión, concretados en tiempo y espacio, producidos por uno o más focos emisores
- **Modelos de vulnerabilidad** a la contaminación de las aguas subterráneas, modelos de difusión y dispersión de efluentes en el agua, modelos para determinar la capacidad de auto - depuración de cursos o masas de agua, modelos para determinar el caudal ecológico, modelos para evaluar riesgos de eutrofización, etc.
- **Modelos de evaluación del suelo** y de sus diferentes funciones, modelos para determinar la pérdida de suelo por erosión, modelos para evaluar la salinización de suelos por la práctica del riego, modelos de vulnerabilidad a la contaminación de los suelos por metales pesados, etc.
- **Métodos para prever alteraciones en la biocenosis** y, en general, en los ecosistemas: modelos de simulación, esquemas de flujo energético, interacción entre especies y comunidades, indicadores de tolerancia, etc.
- **Métodos para el análisis del ruido** y modelos de dispersión del ruido en la atmósfera y otros medios, índices e indicadores y predicción de sus alteraciones, etc.
- **Métodos y modelos para inventariar** y valoración del paisaje, modelos de simulación para prever alteraciones y valoración de éstas
- **Métodos para la valoración económica del impacto ambiental**
- **Métodos de investigación social**, análisis de preferencias sociales
- **Modelos de calidad de vida**, incluyendo indicadores económicos, sociales y ambientales que la determinan, predicción de las alteraciones.
- **Predicción de efectos sobre la salud.**

Indicadores de impacto

Un indicador es la expresión a través de la cual se mide de forma cuantificada el impacto, medida que viene dada por la diferencia entre el valor del indicador "con" y "sin" proyecto.

El indicador es por tanto, un mecanismo que se adopta para cuantificar un impacto.

En ocasiones, el indicador coincide con el propio factor alterado (niveles de algunos contaminantes, nivel de ruido en un punto concreto, etc.).

En otros casos, el indicador no es tan directo y obvio, y hay que recurrir a indicadores más complejos.

Por tanto, lo primero para predecir la magnitud de los impactos es asignar un indicador cuantificable a cada uno de los identificados que lo representen lo mejor posible.

Habrá casos en los que por la naturaleza del impacto, será difícil la búsqueda de un indicador representativo, para ellos será preferible valorarlos cualitativamente.

Cuando son varias las acciones que inciden sobre un factor, puede que sea posible acumularlos sumando directamente los producidos por diversas acciones (contaminantes de varios focos)

En otros casos, esta adición simple no será posible por producirse efectos de sinergia que refuerzan los efectos, y en este caso, la valoración de cada factor deberá hacerse individualmente aunque operen sobre el mismo factor.

DETERMINACIÓN DE LA MAGNITUD (UNIDADES ESTANDARIZADAS ENTRE 0 Y 1)

Consiste en transformar la magnitud del impacto medido en unidades heterogéneas, a unidades homogéneas, adimensionales de valor ambiental, traduciéndolas a un intervalo que varía entre 0 y 1. Para ello se utiliza la técnica de las funciones de transformación

Funciones de transformación o de calidad

Se trata de relaciones entre la magnitud de cada indicador, medida en las unidades propias de cada uno de ellos, y su calidad ambiental expresada ya en unidades comparables

Se suelen representar sobre un sistema de coordenadas en cuyo eje de abcisas se dispone la magnitud del indicador ambiental y en el de ordenadas el valor ambiental estandarizado entre 0 y 1

Existen varias formas de funciones de transformación:

- **Directas** (elementos ambientalmente positivos: crece la ordenada cuando lo hace la abscisa). Ej. : biodiversidad, oxígeno disuelto en el agua, materia orgánica en el suelo, recarga de acuíferos, etc.

- **Inversas** (elementos indeseables: decrece la ordenada conforme crece la abcisa). Ej.: ruido, nivel de contaminación, salinidad del suelo, erosión, etc.

- **Otras.** La curva tiene un máximo en un punto intermedio del eje de abcisas. Ej.: pH, carga ganadera óptima, temperatura del agua, creación de empleo en relación con la población activa, etc.

Aplicando las funciones de transformación a cada uno de los factores ambientales alterados, se obtiene, por diferencia entre la situación "sin" y "con" proyecto, el valor de la magnitud del impacto ambiental sobre cada uno de ellos. Ha podido haber pérdida de valor (negativo) o ganancia (positivo).

VALOR DE LOS IMPACTOS

Reglamento (**Jerarquización de los impactos**). Como hemos determinado el valor de incidencia y magnitud, y ambos oscilan entre 0 y 1, el valor de cada impacto también variará entre 0 y 1, luego ese valor nos marca ya una jerarquía

Reglamento (**Valoración global del impacto**). Para ello tenemos que realizar una ponderación de los factores ambientales, es decir, atribuir pesos que representen la contribución relativa de cada uno de ellos a la calidad ambiental del entorno del proyecto.

- Hay impactos bien representados por un indicador de la magnitud (calidad aire, ruido, agua, etc.)
- Impactos que deben ser corregidos por la incidencia (vegetación, hábitat faunisticos, etc.)
- Impactos de carácter básicamente cualitativo, que sólo admiten indicadores aproximativos.

6.4.5. Totalización de los impactos.

El impacto total sobre el medio se calcula por suma ponderada de los impactos sobre cada factor ambiental.

Previo a ello, se debe estimar la importancia relativa de cada uno de éstos, expresada en términos de pesos o coeficientes de ponderación.

Los coeficientes de ponderación, representan la contribución relativa de cada factor ambiental a la calidad ambiental del ámbito de referencia considerado y son, por tanto independientes del proyecto sometido a evaluación.

Dichos pesos se pueden atribuir repartiendo 1000 puntos entre los factores de cada nivel o asignando otras puntuaciones, las cuales se ajustan a suma 1.000. Para ello son útiles las técnicas de investigación social o mediante encuestas tipo Delphi.

El proceso señalado nos permite expresar los resultados de diversas formas, proporcionando la posibilidad de obtener:

- Valoración de la calidad ambiental, "sin" proyecto, con tres posibilidades representativas:
- Situación actual (introduciendo en el proceso el valor de los factores ambientales en su estado actual)
- Situación óptima (asignando a los factores un valor que represente dicha situación ideal)
- Situación tendente (introduciendo valores representativos de diversas posibilidades de evolución temporal)
- Valoración de la situación ambiental "con" proyecto, introduciendo los factores ambientales según la predicción de su estado una vez alterados por el proyecto
- Valoración del impacto neto del proyecto, según las dos siguientes posibilidades:
- Por diferencia entre valor ambiental "con" proyecto y valor ambiental "sin" proyecto
- Introduciendo en el proceso descrito los datos relativos a las alteraciones producidas por el proyecto.

TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE

La Ev.I.A. tiene un carácter predictivo (reflexionar sobre acontecimientos futuros), lo que unido a los cambios culturales y de percepción social, impregna de incertidumbre la identificación de impactos significativos y la valoración de éstos.

Por ello, la utilización de una metodología sistemática, es una primera forma de tratar este aspecto, a lo que se añade el **análisis de sensibilidad** y la introducción del concepto de **confianza**.

- **El análisis de sensibilidad**. Permite analizar cómo cambia el resultado final cuando se hacen variar los valores atribuidos a los impactos, algunos de los conceptos que los forman o los pesos asignados a los factores ambientales.
- **El análisis de confianza**, supone añadir a los datos determinantes del valor final, el grado de confianza que se tiene en la estimación de la estimación introducida.

ANÁLISIS TEMPORAL

El programa IMPRO3, incorpora el factor tiempo en la valoración de los impactos.

VALORACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL IMPACTO AMBIENTAL

Reglamento: *"Se indicarán los procedimientos utilizados para conocer el grado de aceptación o repulsa social de la actividad, así como las implicaciones económicas de sus efectos ambientales"*

Aunque la aceptación o repulsa social, tiene su propio momento de manifestarse en el trámite de participación pública legalmente previsto para la EIA; sin embargo, así se considera el análisis de esta faceta de la evaluación en el estudio de impacto ambiental, porque es un elemento de juicio muy útil para decidir y porque la conflictividad social se suele considerar un factor ambiental más.

Existen básicamente tres técnicas para determinar la conflictividad social:

- Encuentras a una muestra representativa de la población afectada.
- Entrevistas con detenimiento a personas representativas.
- Consulta a paneles de expertos en el que estén representados todos los grupos de interés social afectados.

La forma de medirla, puede ser el porcentaje de personas que se oponen o aceptan el proyecto, el cual puede incluir matizaciones sobre el grado de tal aceptación u oposición.

Las implicaciones económicas de los impactos:

- Sobre las actividades económicas o los bienes materiales, se pueden cuantificar en términos monetarios.
- Sobre recursos de carácter público (los que alteran la imagen de una zona o la seguridad), resultan más difícil de cuantificar y hay que recurrir a métodos basados en la inferencia (*Azqueta, D., 1994. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraW-Hill. Madrid)*

6.5. Prevención del impacto ambiental: Medidas protectoras, correctoras y compensatorias.

Reglamento: *"Cuando el IA rebase el límite admisible, deberán preverse las medidas protectoras o correctoras que conduzcan a un nivel inferior a aquel umbral; caso de no ser posible la corrección y resultar afectados elementos ambientales valiosos, procederá la recomendación de la anulación o sustitución de la acción causante de tales efectos"*

Prevenir el impacto ambiental significa, introducir medidas protectoras, correctoras o compensatorias que consisten en: MODIFICACIONES DE LOCALIZACIÓN, TECNOLOGÍA, TAMAÑO, DISEÑO, MATERIALES, ETC.

Las medidas correctoras se pueden dirigir al agente causante del impacto para mejorar su comportamiento ambiental o al receptor para aumentar su homeostasis, su resistencia o para paliar los efectos una vez producidos

Proceso para identificar y adoptar medidas

- **Identificación de ideas / posibilidades**, partiendo de la estructura que define los impactos y sus relaciones (árbol o grafo)
- **Depurar esta lista de posibilidades**, y concretarlas, hasta definirlas con el detalle suficiente para que puedan ser evaluadas, valoradas en términos de su efecto en relación con los objetivos y con otros criterios de evaluación
- **Formar una o más alternativas,** seleccionado una o más propuestas para cada problema / objetivo.
- **Realizar una evaluación multicriterio,** de las alternativas siguiendo alguna de las técnicas disponibles.
- **Describir,** las medidas que componen la alternativa finalmente adoptada.

Orientación de las medidas

- Minimizar los insumos/influentes

- Minimizar los efluentes (priorizando: evitar, reciclar, recuperar, reutilizar, tratar). (MODIFICAR LOS PROCESOS PRODUCTIVOS, OPTIMIZAR LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO)

- Cambiar la localización del proyecto o de alguno de sus elementos.

Criterios a tener en cuenta en la identificación y adopción de medidas:

- Viabilidad técnica.

- Eficacia y eficiencia ambiental

- Viabilidad económica y financiera

- Facilidad de implantación, mantenimiento, seguimiento y control

TIPOS DE MEDIDAS CORRECTORAS

Atendiendo a varios criterios, pueden clasificarse así:

Según el tipo y gravedad del impacto

- Obligatorias, medidas aplicables a impactos corregibles y ambientalmente inadmisibles

- Convenientes, corresponden a impactos corregibles y ambientalmente admisibles

- Enmiendas a la totalidad, corresponden a los impactos ambientalmente inadmisibles, sin posibilidad de corregirlos, de modificarlos o de evitarlos, por lo que exigen un rechazo del proyecto o una modificación con detenimiento de todo él, derivándolo hacia otras alternativas

Según su carácter

- **Protectoras**. Protegen ecosistemas, paisajes o elementos valiosos evitando los impactos que puedan afectarles.

- **Correctoras**. Corrigen el proyecto para conseguir una mejor integración ambiental, para ello modifican el proceso productivo, depuración efluentes, decantadores, etc..

- **Curativas**. Prevén la intervención sobre ciertos impactos una vez producidos. Por ejemplo: recuperación de suelos contaminados

- **Potenciativas**. Favorecen los procesos naturales de regeneración. Por ejemplo: aumento de la aireación de las aguas

- **Compensatorias**. Se refieren a los impactos negativos inevitables, los cuales no admiten una corrección, de tal manera que sólo pueden ser compensados por otros efectos de signo positivo.

Atendiendo al signo del impacto

- **Dirigidas a prevenir** o corregir los impactos negativos del proyecto

- **Dirigidas a mejorar** los efectos positivos o a introducirlos cuando no los haya. Por ejemplo: utilizar actividades recreativas, pesca o lucha contra incendios, etc.

- **Dirigidas a mejorar las oportunidades** que ofrece el medio

6.6. Medidas preventivas habituales en balsas.

1) Protección del sistema hidrogeológico.
    a) Se deberá realizar las labores de mantenimiento del parque de maquinaría en lugares adecuados, alejados de los cursos de agua a los que accidentalmente pudiera contaminar; los vertidos sólidos y líquidos (aceites, grasa, filtros, etc.) deberán ser retirados por gestores autorizados.
    b) Se tomarán las medidas necesarias al objeto de impedir arrastres de materiales de escorrentía o erosión, así como vertidos o lixiviaciones de cualquier tipo, por causa de la obra.
    c) Se realizará un control estructural periódico del embalse y de la conducción de entrada/salida al mismo, con el objeto de evitar filtraciones o perdidas de volumen.
    d) Durante la explotación del embalse no se podrán utilizar productos químicos en el tratamiento de las aguas contra plagas de insectos.
2) Protección del suelo.
    a) Para evitar las pérdidas de suelo por erosión, se deberán revegetar los taludes terraplenes y superficies desnudas que hayan sido afectadas por la obra.
    b) Una vez acabada la obra se deberán descompactar los suelos afectados por el movimiento de maquinaría.
    c) Reponer las servidumbres destruidas durante la ejecución de las obras.
    d) Los aportes de materiales para la ejecución de la obra deberán proceder de canteras legalmente autorizadas.
    e) El volumen de tierras excedentes de la excavación, se deberá utilizar como zahorra en los caminos de accesos y coronación del embalse y como relleno de huecos de la propia obra, con el objeto de no crear un vertedero residual permanente. En caso de que no sea posible el empleo de todo el material en la obra, el material sobrante será retirado a vertedero autorizado.
    f) Finalizada la obra, se procederá a la retirada de todas las instalaciones provisionales, restos de obras (coladas de hormigón).
    g) Para evitar deslizamientos de taludes en las laderas del vaso, se deberán realizar las obras de drenaje, muros, estabilización con bermas, cubierta vegetal, etc.
3) Protección de la atmósfera.
    a) Durante la ejecución de la obra, se dotaran a las maquinas de medios para minimizar los ruidos y las emisiones gaseosas.
    b) No se utilizarán explosivos, al tratarse de un material ripable.
    c) Los caminos y pasos de maquinarias serán regados con frecuencia, para evitar polvo.
    d) Protección del paisaje.
    e) Los elementos metálicos que conformen el vallado deberán mimetizarse mediante pintura con colores semejantes al medio circundante.
    f) Protección de la biocenosis.

g) Antes de comenzar la obra, se procederá a trasplantar los árboles que sean posibles, si no se pudieran, se replantarían 20 unidades por cada una retirada, con una o dos savias, en caso de pinos.

h) La superficie exterior de los terraplenes se someterá a un ligero escarificado, antes de aportar la tierra del desbroce.

i) Restauración de los taludes con plantas de viveros y autóctonas.

6.7. Programas de vigilancia ambiental.

Reglamento: *"Elaborar un Programa de Vigilancia Ambiental, que establecerá un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas, protectoras y correctoras, contenidas en el estudio de impacto ambiental"*

Para satisfacer esta exigencia legislativa, hemos de añadir la conveniencia técnica de **controles que verifiquen la realidad de las incidencias del proyecto, permitiendo evaluaciones periódicas durante la obra.**

Aspectos de vigilancia

- Medidas protectoras, correctoras y compensatorias
- Impactos residuales.



Foto nº. 12. 3. Restos de plásticos, envases de colas, de una balsa de EPDM.

- Impactos detectados en el estudio
- Impactos no previsibles o de difícil estimación en fase de proyecto

Método de vigilancia. Indicadores

Hay dos fases: **definición de indicadores y seguimiento de éstos**.

- **Definición de indicadores**

Un **indicador** proporciona la forma de medir la consecución de los objetivos en diferentes momentos, y la medida puede ser cuantitativa, cualitativa, de comportamiento, etc. **La definición y observación de los indicadores, permite, por tanto, conocer el grado de integración ambiental logrado por el proyecto**

En principio, **para cada elemento sujeto a vigilancia, debe existir un indicador** en el que expresar su comportamiento ambiental. De los valores tomados por estos indicadores se deducirá la necesidad o no de aplicar medidas correctoras de carácter complementario.

El número de indicadores ha de ser lo más reducido posible, debiendo procurar que un mismo índice sirva para la estimación de varios factores. En el caso de las medidas correctoras y compensatorias, deben existir dos tipos de indicadores: **de realizaciones y de resultados**.

Ejemplo:

Medida correctora: hidrosiembra de taludes

Indicador de realización: superficie tratada

Indicador de efectos: porcentaje de superficie cubierta mediante un tapiz continuo

Umbral de alerta: presencia de calvas en un 15 por 100 de la superficie tratada

Umbral inadmisible: calvas ocupando más del 25 por 100 de la superficie tratada

Calendario de comprobación: tres veces en los tres meses de verano

Puntos de comprobación: zonas tratadas

Requerimientos del personal encargado: Técnico agrónomo o forestal

Medidas de urgencia: nueva preparación del terreno, abonado y siembra

Siempre que las características de las alteraciones lo permitan, los indicadores definidos deberían ser de tal naturaleza que la simple inspección visual, realizada mediante recorridos por la zona afectada, permitan a un técnico percatarse del grado de cumplimiento del programa.

También se pueden obtener los **indicadores de gestión**, con los indicadores anteriores. Estos pueden ser:

- **de eficacia de la ejecución**, estiman el grado de cumplimiento de los objetivos por comparación entre lo conseguido y lo previsto
- **De eficiencia de la ejecución**, relaciona la eficacia con los medios movilizados.

6.7. Documento de síntesis.

Reglamento: "*El documento de síntesis comprenderá en forma sumaria:*

a) Las conclusiones relativas a la viabilidad de las actuaciones propuestas

b) Las conclusiones relativas al examen y elección de las distintas alternativas

c) La propuesta de medidas correctoras y el programa de vigilancia tanto en la fase de ejecución de la actividad proyectada como en la de funcionamiento

El documento de síntesis no debe exceder de veinticinco páginas y se redactará en términos asequibles a la comprensión general.

Se indicarán asimismo las dificultades informativas o técnicas encontradas en la realización del estudio con especificación del origen y causa de tales dificultades".

El objetivo final de toda EvIA, es informar a la sociedad del coste ambiental de un proyecto.

7. ÍNDICE TIPO DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE UN PROYECTO.

- **1.- Presentación.**
- **2.- Equipo de trabajo.**
- **3.- Metodología utilizada.**
- **4.- Programa de trabajo seguido.**
- **5.- El proyecto a evaluar.**
- **6.- Alternativas consideradas.**
- **7.- Análisis de las alternativas.**
- **8.- Inventario ambiental.**
- **9.- Identificación de impactos:**
- **Identificación acciones (fases, elementos, acciones).**
- **Identificación factores.**
- **Identificación impactos potenciales (relaciones causa-efecto, matrices de impacto, grafos).**
- **Descripción de los impactos identificados.**
- **10.- Valoración de impactos.**
- **Cribado de impactos: significativos y no significativos. Banderas rojas. Impactos a tratar cualitativamente e impactos a tratar cuantitativamente.**
- **Caracterización de los impactos significativos.**
- **Valoración de la incidencia de los impactos. Estimación del índice de incidencia.**
- **Indicadores de impacto.**
- **Magnitud de los impactos en unidades heterogéneas: medias "con", "sin" y neto.**
- **Funciones de transformación. Criterios para su confección. Método utilizado. Resultados.**
- **Magnitud de los impactos en unidades estandarizadas entre 0 y 1.**
- **Valor de los impactos.**
- **Percepción social de los impactos.**
- **Juicio sobre los impactos: compatibles, moderados, severos y críticos.**
- **Totalización de los impactos.**
- **Coeficientes de ponderación: método de asignación. Resultados.**
- **Totalización por acciones.**
- **Totalización por factores.**
- **Conclusiones.**
- **11.- Prevención del impacto: medidas protectoras, correctoras y compensatorias:**
- **Identificación de medidas potenciales.**
- **Medidas adoptadas.**
- **Incorporación de las medidas al proyecto.**

- **12.- Programa de vigilancia ambiental.**
- **Aspectos objeto de seguimiento y control.**
- **Indicadores de seguimiento y control.**
- **Señales de alerta.**
- **DOCUMENTO DE SÍNTESIS FINAL.**

8. DESARROLLO DE UN E.I.A.

INDICE

DOCUMENTO No 1.- MEMORIA

1**.-** INTRODUCCIÓN.

2.- ANÁLISIS DEL PROYECTO.

2.1.- Descripción del proyecto y sus acciones.

2.1.1.- Localización.

2.1.2- Justificación del proyecto.

2.2.- Examen de alternativas técnicamente viables y justificación de la solución adoptada.

3.- ESTUDIO DEL MEDIO FÍSICO.

3. 1. - Clima.

3.2.- Geología y geomorfología.

3.3.- Edafología.

3.4.- Hidrología.

3.5.- Vegetación.

3.6.- Fauna.

3.7.- Paisaje.

4.- ESTUDIO SOCIECONÓMICO.

5.- IMPACTOS SOBRE LOS COMPONENTES AMBIENTALES.

A) Impactos sobre la calidad del aire.

B) Impactos sobre los suelos.

C) Impactos sobre el confort sonoro.

D) Impactos sobre la vegetación.

E) Impactos sobre la fauna.

F) Impactos sobre el paisaje.

G) Medio socioeconómico.

H) Modificaciones microclimáticas.

6. - Medidas correctoras.

7. - Programa de vigilancia ambiental.

8. - Documento de síntesis.

DOCUMENTO Nº2. - PLANOS

PLANO Nº 1. - PLANO DE SITUACIÓN.

PLANO Nº 2. - PLANTA DE LA BALSA.

DOCUMENTO Nº3. - PRESUPUESTO

MEDICIONES

CUADRO Nº 1. - PRECIOS DE LA MANO DE OBRA.

CUADRO Nº 2. - PRECIOS DE MATERIALES Y MAQUINARIA.

CUADRO No 3. - PRECIOS DE LAS UNIDADES DE OBRA.

CUADRO Nº 4. - PRECIOS AUXILARES.

PRESUPUESTO.

ANEJO Nº 1

ESTUDIO FOTOGRÁFICO DE LA VEGETACIÓN DE LA PARCELA DONDE SE UBICARA LA BALSA.

Capítulo 13.

SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.

Derrotado por la altura
la sierra se rinde al cielo.
Abatida en pleno vuelo
se refugia en nieve pura
y enarbola su blancura,
desangrándose, nevada.
Como una corza, cazada,
bajo la sierra rendida,
y entre flores, malherida,
viene a morirse en Granada.
(José Ladrón de Guevara).

1. **INTRODUCCIÓN.**
2. **CONCEPTO DE SALUD LABORAL.**
3. **RIESGOS PROFESIONALES.**
4. **EL ACCIDENTE LABORAL.**
5. **CONDICIONES DEL TRABAJO.**
6. **FACTORES DE RIESGO.**
7. **TÉCNICAS PREVENTIVAS.**
8. **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE NECESIDADES EN UNA OBRA.**
9. **CONCEPTO DE SEGURIDAD Y SALUD.**
10. **DATOS ESTADÍSTICOS.**
11. **JUSTIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE SEGURIDAD Y SALUD.**
12. **LEGISLACIÓN COMUNITARIA Y NACIONAL.**
13. **LEGISLACIÓN APLICABLE EN MATERIA DE SEGURIDAD.**
14. **CONTENIDOS DE UN ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

15. **CONTENIDOS DE UN ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**
16. **MODELO DE UN ESTUDIO BÁSICO DE S. Y S.**
17. **MODELO DE UN PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD, ELABORADO POR LA EMPRESA ADJUDICATARIA.**
18. **EVALUACIÓN DE RIESGOS.**
19. **TRÁMITES LEGALES.**
20. **LIBRO DE INCIDENCIA EN OBRA.**
21. **PARALIZACIÓN DE LA OBRA.**
22. **DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.**
23. **SENTENCIAS.**

1. INTRODUCCION.

Viene a ser normal, contemplar artículos periodísticos, reclamando una sensibilización social frente a los problemas derivados de los accidentes en el trabajo. Las cifras de siniestralidad durante el año 1.999, fueron de 1.671.004, de los que 1.572 resultaron mortales.

Las medidas adoptadas para corregir estos accidentes, se contemplan en un marco legislativo en la actual ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).

La aplicación de la LPRL, va evolucionando ante la presión sindical y los medios de comunicación, que obligan a un cambio de mentalidad en el aspecto "preventivo"

Para realizar el Estudio de Seguridad y Salud (E.S.S.), existen en el mercado una serie de programas informáticos, orientando sobre amplios aspectos de seguridad. En éstas aplicaciones se "ladean o quitan" (coloquialmente: "se machaca") lo innecesario, añadiendo aquellas partes que se considere oportuno, así como la evaluación de riesgo, en éste tipo de obra.

2. CONCEPTO DE SALUD LABORAL.

En la evolución histórica del trabajo, se pasaría de una aplicación manual a la utilización de medios mecánicos (revolución industrial S. XVIII), con una estructura jerarquizada de especialización, responsabilidad, durante la jornada laboral. Esta necesidad de tecnificación, ha llevado al concepto de salud, según la OMS, como el estado de bienestar físico, mental y social completo, y no en la mera ausencia de daño o enfermedad.

SALUD. ←--→ TRIPLE EQUILIBRIO: **FÍSICO, MENTAL Y SOCIAL.** : BIENESTAR.

Los factores que pueden **alterar** éste sistema de equilibrio/bienestar, es el ***TRABAJO***, pudiendo ejercer influencias positivas (satisfacciones de necesidades vitales, desarrollo de la capacidad física e intelectual, desarrollo de creatividad) o de carácter negativo (pérdida de la salud, accidentes laborales, enfermedades profesionales, deshumanización del trabajo).

3. RIESGOS PROFESIONALES.

Son aquellas situaciones que rompen el equilibrio físico, mental y social de la persona, mediante la aplicación en el trabajo de dos grandes grupos:

- Tecnificación: Seguridad, medioambiente, sustancias químicas.
- Organización (estrés).

En el trabajo se modifica el medio ambiente laboral, producidos por los aspectos de maquinaria, exposición al aire libre, sustancias químicas, psicosociales (estrés, incentivos a la producción), sociales, morales, etc... y. Deben ser minimizados los efectos negativos para que su influencia sobre el triple equilibrio sea lo menor posible.

4. EL ACCIDENTE LABORAL.

El accidente laboral es cualquier lesión corporal que puede sufrir el trabajador, con ocasión o como consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena (Artº. 18 LGSS). Esta definición legal, se refiere a cuando se lesiona en el trabajo o en el trayecto hacia el mismo, desde el domicilio y viceversa.

En los accidentes se da un hecho ***"causal"***, (no casual), donde intervienen causas naturales y explicables, que en ocasiones son difíciles de prever y donde pueden incidir detecciones de análisis de situaciones de riesgo, por ejemplo:

- Excavaciones de zanjas, que se les desmoronan sus paredes (necesidad de entibar, necesidad de mayor sección, prohibir paso de maquinaria cercana, etc.).
- Señalizaciones de excavación.
- Planificar el orden de trabajo, situación de las máquinas, flujo de transporte, etc.
- Cabinas no deformables con protectores de barras.
- Señalización acústica de "marcha atrás".

Sin contemplar:

- Incidentes (accidentes sin lesión) abundantes, por ejemplo, resbalones, esguinces, torceduras, etc.
- Averías de maquinaría, como anuncio de posibles accidentes, que exigen revisiones.
- Baja calidad de la producción con materiales no adecuados, deteriorados, obsoletos.
- Mal uso de la maquinaria, impropio de su función (transporte de personas en la cuchara de la pala cargadora).

5. CONDICIONES DEL TRABAJO.

El Artº. 4º de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), define ésta como "cualquier característica del mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores".

En su análisis intervienen:

- El **entorno** (medioambiente).
- La **tarea** (como la realiza y como la debería realizar para que no le afecte nada).
- La **organización del trabajo** (cómo está organizada la realización de ésta tarea).

6. FACTORES DE RIESGO.

Se puede definir como la situación que viene dada por el hecho de llevar a cabo una actuación repetitiva en el tiempo, y pueden personalizarse en un riesgo concreto.

Condiciones de seguridad:

Son aquellas condiciones materiales que influyen sobre la accidentabilidad: elementos móviles, cortantes, electrificados, químicos, etc., que influyen sobre la seguridad. Para controlar

estos elementos se estudian las máquinas y las herramientas, los equipos de transporte, las instalaciones, etc.

El medio ambiente físico de trabajo:

Son las condiciones ambientales tales como el ruido, las vibraciones, termohigrométricas, las radiaciones, etc. Estas condiciones se deben estudiar con el objeto de establecer, por un lado, unos valores que no produzcan lesiones y, por otro lado, determinar los niveles más adecuados para trabajar confortablemente.

Los contaminantes químicos:

Técnicas de evaluación y medidas correctoras de pegamentos para controlar sus efectos para la salud.

La carga de trabajo:

Las exigencias que la tarea impone al individuo que la realiza: esfuerzos, manipulaciones de cargas, posturas de trabajo, niveles de atención, asociados a cada tipo de actividad para poder determinar la carga de trabajo, tanto física como mental, de cada tipo de tareas.

La organización del trabajo:

Estudia la fragmentación del trabajo en tareas elementales, así como el reparto de éstas entre distintos individuos, la distribución horaria, la velocidad de ejecución, y las relaciones que se establecen dentro de la obra, ya que estos factores pueden tener consecuencias para la salud de los trabajadores a nivel físico y, sobre todo, en el ámbito mental y social.

7. TECNICAS PREVENTIVAS.

- Seguridad en el trabajo: Estudia las condiciones de trabajo que ponen en peligro la integridad física de los trabajadores, evitando los accidentes de trabajo (AT).
- Higiene constructiva: Estudia los contaminantes físicos (polvo de sílice en el movimiento de tierra), químicos (disolventes) presentes en el medio de trabajo, que puedan ocasionar alteraciones reversibles o permanentes, evitando las enfermedades profesionales.
- Medicina del trabajo: Condiciones que no generen daños ni enfermedades.
- Ergonomía y psicosociología: Adecuar los puestos de trabajo a las personas, haciendo cómodo y agradable la función a sus capacidades.
- Cursillos, revisiones médicas, etc.

8. CARACTERISTICAS GENERALES DE NECESIDADES DE UNA OBRA.

Prevenir los riesgos de accidentes de los movimientos de la maquinaria, señalizar los peligros por excavaciones, investigar las servidumbres de pasos, tendidos eléctricos, conducciones subterráneas, accesos a vías principales, etc. Para conseguirlo, se emplean:

* **Protección**: individual / colectiva.

* **Señalización**: puntual / general.

Dependiendo de la duración tendremos las:

- permanente.
- transitoria.

En general, estarán recogidas o no en el Proyecto de Seguridad y Salud Laboral.

La situación de un riesgo proviene del mismo trabajo en sí, por ejemplo de los desmonte con pendientes extremas, donde los materiales se remueven y pueden dar problemas de falta de estabilidad para la maquinaria (una máquina de cadenas es estable con una pendiente del 40%, pero si las condiciones de trabajo cambian, al pisar una piedra, p.e. modificando el ángulo en 60%, la maquina vuelca), posibilidad de causar desprendimientos de rocas (no trabajar en los escalones bajos), etc. A la hora de trabajar, utilizar la maquinaria apropiada (cadenas mejor que ruedas, cabinas con barras de seguridad, cabinas anti-vuelcos, etc.), prendas adecuadas, personal cualificado al puesto a desempeñar, etc., que de no ser contemplados en sí como medidas de prevención, podrían concurrir riesgos.



Foto nº 13.1. Buldózer desarbustando..

En los casos de posibles desprendimientos incontrolados del material excavado por ser un material ligero, se pueden realizar bancadas provisionales para recoger los rodamientos incontrolados.

Debemos inspeccionar los trabajos según avancemos, sin dejar piedras inestables, sueltas, que pudieran desprenderse, sobre todos los granulares o los desplazamientos en masa de los terrenos ligeros (margas hidratadas)

En cuanto al flujo de los camiones, con desplazamientos rutinarios del fondo del vaso (zona de excavación, del banco de prestamos, etc.) a los acopios, debemos señalar dichos recorridos de entradas-salidas, evitando intersecciones con otras unidades.

En resumen:

desmonte: eliminación de terrenos inestables, procurar en caso de posibles desprendimientos, crear trincheras, escalones.

Terraplenes.

9. CONCEPTOS DE SEGURIDAD Y SALUD.



Foto nº.13.2.

- **Seguridad en el trabajo**.- Es la técnica que aborda la prevención de los accidentes del trabajo. Sus niveles de actuaciones son:
  - Prevención: Evitar causas y factores de riesgos.
  - Protección: Evitar las consecuencias sobre los trabajadores aunque el accidente llegue a producirse.
  - Reparación: Remediando las consecuencias.

- **Salud en el trabajo**.- Es la técnica que tiene por objeto evitar las enfermedades profesionales. Sus niveles de actuación también son de prevención, protección y reparación.

10. DATOS ESTADISTICOS.

Análisis del Anuario de Estadísticas laborales de Enero a Septiembre de 1.997.

- Nº de accidentes con baja en jornada de trabajo.

SECTORES.	Nº. ACCIDENTES.
AGRICULTURA.	33.347
CONSTRUCCIÓN.	99.495
INDUSTRIA.	163.176
SERVICIOS.	195.275

Incidencias de accidentes mortales (1988/1996).

Indice por cada 100.000 trabajadores (Resumen Estadísticos de Siniestralidad Laboral (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales).

SECTORES \ año	1988	1.989	1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996
SERVICIOS.	10,3	11	10,4	9,5	8,8	8,3	7,3	6,6	6,1
AGRICULTURA.	10,2	11,2	13	13,5	11	7,8	9,1	9,1	8,8
INDUSTRIA.	15,7	16,7	14,8	14,3	14	12,8	12,7	10,2	12,7
CONSTRUCCION.	35,5	34,1	33,9	31,3	28	29	30,8	31,4	29,9
TOTAL.	13,9	14,7	14,2	13,4	12,1	11	10,6	10,1	9,8



Foto nº. 13.3.

11. JUSTIFICACION DE LOS ESTUDIOS DE SEGURIDAD Y SALUD.

A la hora de redactar un proyecto de balsa, deberá tenerse en cuenta, los aspectos relacionados con las posibles patologías y accidentes que se puedan derivar de la actividad proyectada. Para el proyectista "la salud o la vida de un solo ser humano vale más que nada en el mundo".

La motivación en seguridad y salud se basa en tres tipos de fundamentos:

1) Eticos: La salud es un bien fundamental de la persona y su protección y promoción son atributos de la dignidad en el trabajo. Hay que evitar el dolor físico y moral del accidentado y su familia.
2) Legal: Los accidentes suponen un deterioro social y económico para la sociedad. Para evitarlos, el Estado actúa con sus poderes.
3) Socioeconómicos: Los accidentes suponen un gran coste para:

   - El trabajador accidentado: Pérdida de la capacidad laboral, limitaciones de promoción profesional y menores ingresos.

   - La empresa: Disminución de la moral entre los trabajadores y pérdida de rendimiento en el trabajo, costes de investigación y de compensación.

12. LEGISLACION COMUNITARIA Y NACIONAL.

LEGISLACION COMUNITARIA Y NACIONAL.

Directiva Marco 89/391 → Ley 31/95 Prevención de Riesgos Laborales. → R.D. 39/97 de Reglamento de los Servicios de Prevención.

Directiva 86/654 de Lugares de Trabajo → R.D. 486/97
Directiva 89/655 Equipos de trabajo → R.D. 1215/97.
Directiva 90/269 Manipulación de cargas → R.D. 487/97.

Directiva 90/394 Materiales cancerígenos (amianto en el fibrotubo) → R.D. 665/97.
Directiva 92/57 Obras de Construcción Temporales y móviles → **R.D. 1627/97** (derogó la disposición del R.D. 555/86 de Seguridad e Higiene en los Trabajos de Edificación y Obras Públicas).
Directiva 92/58 Señalización de Seguridad → R.D. 485/97.

LEY 31/95 (DIRECTIVA 89/391/CEE).

El artículo 15.1 de dicha Ley, se refiere a los principios generales de la prevención.

1. Evitar riesgos.
2. Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
3. Combatir los riesgos en origen.
4. Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
5. Tener en cuenta la evolución de la técnica.
6. Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
7. Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
8. Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
9. Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

REAL DECRETO 1.627/97 DE S. Y S. EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

Publicado en el B.O.E. de 25 de Octubre de 1.997, con entrada en vigor a partir del 25 de Diciembre de ese mismo año.

Obligatoriedad del Estudio de Seguridad y Salud en los siguientes apartados:

a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas.
b) La duración estimada sea superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal, la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores de la obra, sea superior a 500.
d) Obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Si tenemos algunos de éstos requisitos, debemos efectuar el estudio de acuerdo con el párrafo ----- y si no es obligatorio realizar un Estudio Básico de S. Y S. Donde se incluyen un documento que recoja los siguientes epígrafes:

- Precisar Normas aplicables.
- Identificar riesgos que puedan ser evitados.
- Especificar medidas preventivas y protecciones técnicas.
- Valorar la eficacia de las protecciones.
- Tratamiento específico de los riesgos incluidos en el anexo II R.D.
- Previsión e información sobre trabajos posteriores.

La aplicación del R.D. 1.627/97, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a las obras de construcción y por tanto, a las de balsas y define los siguientes conceptos a tener en cuenta:

- Obra de construcción.- Es una obra pública o privada en la que se realicen trabajos de construcción o ingeniería civil (Anexo I del R.D.)
- Trabajos con riesgos especiales: Aquellos cuya realización expone a los trabajadores a riesgos de especial gravedad para su seguridad y la salud de los mismos (Anexo II del R.D.).
- La figura del Promotor: Administración (Organismos), Ente público o privado.
- Proyectista.
- Dirección facultativa.
- Contratista.
- Subcontratista.
- Subcontratista.
- Trabajador autónomo.
- Coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto: Es el técnico competente designado por el promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de obra, la aplicación de los principios de seguridad y salud (artículo 8). Habitualmente el proyectista.
- Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra: Es el técnico competente integrado en la Dirección Facultativa, designado por el Promotor para llevar a cabo las tareas recogidas en el artículo 9. Habitualmente, el Director de la Obra.

  Define las condiciones de obligatoriedad del estudio de seguridad y salud y del estudio básico de seguridad y salud si procede, así como sus contenidos.

13. LEGISLACION APLICABLE EN MATERIA DE SEGURIDAD.



Foto 13.4.

- **ESTATUTO DE LOS TRABAJADORES. REAL DECRETO LEGISLATIVO NUM 1/1995 (24-3-1995) y sus posteriores modificaciones**
- **PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. LEY 31/1995. B.O.E. de 10 de noviembre.**
- **DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. R.D. 1627/1997. B.O.E. de 25 de octubre.**
- **REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN. R.D. 39/1997. B.O.E. 31 de enero.**
- **ORDENANZA GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. O.M. B.O.E. 16 y 17/3/1971 (Excepto en aquellos artículos que hayan sido derogados).**
- **NOTIFICACIÓN DE ACCIDENTES DE TRABAJO. Orden 16/12/1987. B.O.E. 29/12/1987.**
- **SEÑALIZACIÓN R.D. 485/1997. B.O.E. de 23 de abril.**
- **LUGARES DE TRABAJO. R.D. 486/1997. B.O.E. 23/4/1997.**
- **MANIPULACIÓN DE CARGAS PESADAS.R.D. 487/1997. B.O.E. de 14 de abril.**
- **EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL. R.D. 773/1997. B.O.E. de 12 de junio.**
- **REGLAMENTO DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS. R.D. B.O.E. 21/7/1986 y siguientes.**
- **APROXIMACIÓN DE LAS LEGISLACIONES DE LOS ESTADOS MIEMBROS SOBRE MÁQUINAS. R.D. 1435/1992. B.O.E. 11/12/1992.**
- **MODIFICACIÓN R.D. 1435/1992 S/MÁQUINAS R.D. 56/1995. B.O.E. de 8 de febrero.**
- **REGLAMENTO DE APARATOS ELEVADORES PARA OBRA. O.M. B.O.E. 14/6/1977 y siguientes.**
- **REGLAMENTO DE APARATOS ELEVADORES R.D. B.O.E. 11/12/1985.**
- **I.T.C. MIE-AEM. 1, 2 y 3.**

- **REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN. I.T.C.s Decreto B.O.E. 9/10/1973 y siguientes.**
- **EXPOSICIÓN AL RUIDO DURANTE EL TRABAJO. R.D. 1316/1989. B.O.E. de 2 de noviembre**

*** ORDENANZA DE TRABAJO DE LA CONSTRUCCION, VIDRIO Y CERÁMICA.(Orden de 28 de agosto de 1970)**

*** ORDENANZA DE LA INDUSTRIA SIDEROMETÁLICA . (Orden de 29 de julio de 1970).**

*** COMITES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (Decreto 432/1971 de 11 de marzo)**

*** HOMOLOGACIÓN DE MEDIOS DE PROTECCIÓN PERSONAL DE LOS TRABAJADORES (Normas Técnicas Reglamentarias) (Orden del 17 de mayo 1974)**

*** REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS MÉDICOS DE EMPRESA (Orden 21 de noviembre de 1959)**

* Demás disposiciones relativas a Medicina, higiene y seguridad en el trabajo que puedan afectar al tipo de tareas que se realizan.

* Ley de prevención y riesgos laborables (Ley 31/1995, de 8 de Noviembre)

- Otras disposiciones vigentes aplicables o que puedan ser dictadas durante el transcurso de la obra.

14. CONTENIDOS DE UN ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

En general consiste en un documento aparte, o bien, incluido dentro del propio Proyecto de Balsa como anejo, que se elabora de la siguiente manera:

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.
INDICE GENERAL.

1. MEMORIA.
- 1.1. OBJETO DE ESTE ESTUDIO.
- 1.2. CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS.
  - 1.2.1. Situación y descripción de la obra.
  - 1.2.2. Presupuesto, Plazo de ejecución y mano de obra.
  - 1.2.3. Unidades constructivas que componen la obra.
- 1.3. RIESGOS.
  1. Riesgos profesionales.
- 1.4. PREVENCION Y PROTECCION DE RIESGOS PROFESIONALES.
  - 1.4.1. Protecciones individuales.
  - 1.4.2. Protecciones colectivas.
  - 1.4.3. Formación.
  - 1.4.4. Medicina preventiva y primeros auxilios.
- 1.5. PREVENCION DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS.

2. PLIEGO DE CONDICIONES.
- 2.1. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN.
- 2.2. CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCION.
  - 2.2.1. Protecciones personales.
  - 2.2.2. Protecciones colectivas.
- 2.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.
  - 2.3.1. Servicio Técnico de Seguridad y Salud Laboral.
  - 2.3.2. Servicio Médico.
- 2.4. VIGILANTE DE SEGURIDAD Y COMITÉ DE SEGURIDAD E HIGIENE.
- 2.5. INSTALACIONES MÉDICAS.
- 2.6. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.
- 2.7. PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE.

3. PLANOS.
4. MEDICIONES.
5. CUADRO DE PRECIOS.
6. PRESUPUESTOS.

1. MEMORIA.

1.1. OBJETO DE ESTE ESTUDIO.

De acuerdo con el R.D. 1.627/97, de 24 de Octubre y teniendo en cuenta que el Proyecto objeto de este estudio sobrepasa las condiciones mínimas marcadas en el R.D. es por lo que se redacta el presente Estudio de Seguridad y Salud Laboral.

Este estudio de seguridad y Salud Laboral establece, durante la construcción de esta obra, las previsiones respecto a previsiones de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1.627/97, de 24 de Octubre por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un estudio de seguridad y salud en éste tipo de obra.

1.2. CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS.

1.2.1. Situación y descripción de la obra.

Proyecto de balsa reguladora para riego con una capacidad de _____ m^3, situada en el Término Municipal de _____ ( ).

1.2.2. Presupuesto, Plazo de ejecución y mano de obra.

Presupuestos: _____ pesetas.

Plazo de ejecución:

De acuerdo con el programa de trabajo establecido el plazo previsto para la ejecución de la obra asciende a ____ meses.

Mano de obra.

Durante este periodo el número máximo de personas trabajando en obra de forma simultánea es estima en _____ .

1.2.3. Unidades constructivas que componen la obra.

- Replanteo.
- Movimiento de tierras.
- Tendido de láminas.
- Obra de toma de desagüe.
- Obra de anclaje.
- Accesos.
- Aliviadero.

1.3. RIESGOS.

1.3.1. Riesgos profesionales.

- Excavaciones..
- Desprendimientos.
- Caídas de personas al mismo y distinto nivel.
- Vuelco por accidente de vehículos y máquinas.
- Atropellos por máquinas o vehículos.
- Atrapamientos, etc.

Los carteles auxilian de los peligros, así como las cintas, vallas, luces, etc.

Cartel identificando normas, en obra.



- En montaje de tuberías y restantes obras de fábricas.

- Golpes contra objetos.
- Caídas a distinto nivel.
- En remates, señalización y recubrimiento vegetal.
- En hormigones.
- En soldaduras.
- Riesgos eléctricos.

1.4. PREVENCION Y PROTECCION DE RIESGOS PROFESIONALES.

1.4.1. Protecciones individuales.

- Cascos para todas las personas que participan en la obra, incluido visitante.
- Guantes de uso general.
- Botas de agua ...

1.4.2. Protecciones colectivas.

- En excavaciones, transportes vertidos extensión y compactado de tierras:

- Vallas de limitación y protección.
- Señales de tráfico.
- Señales de seguridad.
- Cinta de balizamiento.
- Topes de desplazamientos de vehículos.
- Jalones de señalización.
- Redes de protección para desprendimientos localizados.
- Señales acústicas y luminosas.
- Barandillas.... etc.

1.4.3. Formación.

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear.

Eligiendo el personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismos y primeros auxilios, de forma que todos los tajos dispongan de un socorrista.

1.4.4. Medicina preventiva y primeros auxilios.

- Botiquines:

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad y Salud Laboral.

- Asistencia a accidentados:

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista con los teléfonos y direcciones de los Centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de asistencia.

- Reconocimiento médico:

Todo personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo.

Se analizará el agua destinada al consumo de los trabajadores para garantizar su potabilidad, si no proviene de la red de abastecimiento de la población.

1.5. PREVENCION DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS.

Se señalizará, de acuerdo con la normativa vigente, el enlace con las carreteras y caminos, tomándose las adecuadas medidas de seguridad que cada caso requiera.

Se señalizarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocándose en su caso, los cerramientos necesarios.

2. PLIEGO DE CONDICIONES.

2.1. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN.

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en: (apartado nº 13 de éste capitulo).

2.2. CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCION.

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente) será desechado y repuesto en el momento.

Aquellas prendas que, por su uso, hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

2.2.1. Protecciones personales.
2.2.2. Protecciones colectivas.

2.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

2.3.1. Servicio Técnico de Seguridad y Salud Laboral.
2.3.2. Servicio Médico.

2.4. VIGILANTE DE SEGURIDAD Y COMITÉ DE SEGURIDAD E HIGIENE.
2.5. INSTALACIONES MÉDICAS.
2.6. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.
2.7. PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE.

3. PLANOS.
4. MEDICIONES.
5. CUADRO DE PRECIOS.
6. PRESUPUESTOS.

15. CONTENIDOS DE UN ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El objeto de la Ley es no dejar espacios de vacíos legales donde queden posibilidades de no aplicarse la norma y por ello se deja un estudio básico, en los supuestos de no cumplirse lo establecido cómo mínimo.

En general, contienen:

1) Normas.

Las normas advierten sobre riesgos concretos y ayudan y obligan a seguir pautas de comportamiento. Deben cumplir las siguientes condiciones para que sean eficaces.

- Ser necesarias.
- Obligatoriedad (autoridad que las haga cumplir).
- Publicidad (folletos, carteles y avisos).
- Concisión y claridad.
- Actualizadas.

2) Identificación de riesgos que puedan ser evitados.

Un riesgo atiende a los actos, prácticas y disposiciones materiales durante el trabajo que pueden ocasionar accidentes o enfermedades. Se debe dar un tratamiento específico a los riesgos incluidos en el Anexo II del RD 1.627/97. Durante la identificación de riesgos se deben considerar:

- Instalaciones generales: estado del local, de la zona de trabajo, etc.
- Emisiones de sustancias a la atmósfera y tiempos de exposición: vapores orgánicos e inorgánicos (gases), humos, polvo, ruidos, vibraciones, etc.
- Instalaciones eléctricas y de agua, si las hubiera.
- Manutención:

  - Manual : Transportes de cargas (formas y cargas máximas), levantamientos de cargas (frecuencia y forma), almacenamiento (sistemas y ubicación).
  - Mecánicas: maquinaria, maniobras (radio de acción).

- Maquinaria: Características técnicas, antigüedad, estado de las protecciones, sistemas de seguridad, tipos de mandos, tiempos de trabajo, vibraciones.

- Herramientas portátiles:

  - Manuales: Estado, utilización, almacenamiento.
  - Eléctricas:

- Recipientes a presión: Compresores, estado de conservación.

- Trabajos con riesgos especiales: Altura, soldaduras, manejo de sustancias corrosivas, adherentes (pegamentos, colas).

- Equipos de protección especial: Existencia, estado y calidad, adecuación al riesgo.

3) Especificar medidas preventivas y protecciones técnicas, señalando riesgos.



- Protección individual:

Casco de seguridad, guantes, chalecos reflectantes, botas, etc.

- Protecciones colectivas:

Señalización, vallas, pasarelas, etc.



- Instalaciones de higiene y bienestar: comedores, vestuarios, etc.
- Protección de instalaciones eléctricas.
- Medicina preventiva y primeros auxilios: botiquín, reconocimientos médicos.
- Formación en seguridad e higiene: cursos.

4) Valoración final de la eficacia de la protección.

Evaluación de los riesgos, de modo subjetivo, teniendo en cuenta:

Riesgo = Gravedad x Probabilidad de que ocurra.

- Gravedad: Muy grave (muerte) 9/7; Grave de 6/4 y leve de 3/1.
- Probabilidad: Altamente probable de 9/7; probable de 6/4 y poco probable de 3/1.

Consiste en comparar el riesgo inicial (RI) con el riesgo final (RF).

Eficacia = (RI-RF) / RI.

5) Previsión e información sobre trabajos posteriores.

Suponen el último recurso de la cadena de medidas de protección, a instituir como única medida cuando no se puede evitar el riesgo en proyecto, ni se puede proteger más la máquina (defensas y resguardos) ni al individuo (protecciones personales).

Es sustituir lo peligroso por lo menos peligroso, innovar en técnicas que eliminan riesgos.

La señalización siempre supone un buen complemento, bien de naturaleza óptica, acústica, dando a conocer el riesgo y atraer claramente la atención.

Las señales pueden ser de avisos, colores, balizamientos, indicar prohibición, obligación, peligro, recomendación, información, etc.

16. MODELO DE UN ESTUDIO BÁSICO DE S. Y S.

ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

1.- ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES.

1.2.- Objeto y autor del Estudio Básico de Seguridad y Salud.
1.2.- Proyecto al que se refiere.
1.3.- Descripción del emplazamiento y la obra.
1.4.- Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria.
1.5.- Maquinaria de obra.
1.6.- Medios auxiliares.

2.- RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE.

2.1.- Identificación de los riesgos laborales que van a ser totalmente evitados.
2.2.- Medidas técnicas que deben adaptarse para evitar tales riesgos.

3.- RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE.

3.1.- Relación de los riesgos laborales que van a estar presentes en la obra.
3.2.- Medidas preventivas y protecciones técnicas que deben adaptarse para su control y reducción.
3.3.- Medidas alternativas y su evaluación.

4.- RIESGOS LABORALES ESPECIALES.

4.1.- Trabajos que entrañan riesgos especiales.
4.2.- Medidas específicas que deben adaptarse para controlar y reducir estos riesgos.

5.- PREVISIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.

5.1.- Elementos previstos para la seguridad de los trabajos de mantenimiento.
5.2.- Otras informaciones útiles para trabajos posteriores.

6.- NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES A LA OBRA.

1- ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES.

1.1.- OBJETO Y AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Su elaboración ha sido encargada por ....

De acuerdo con el artículo 3 del R.D. 1627/1997, si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser objeto de un contrato expreso.

De acuerdo con el artículo 7 del citado R.D., el objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

1.2.- PROYECTO AL QUE SE REFIERE.

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere al Proyecto cuyos datos generales son:

PROYECTO DE REFERENCIA

Proyecto de Ejecución de:
Autor del proyecto:
Titularidad del encargo:
Emplazamiento:
Presupuesto de Ejecución Material:
Plazo de ejecución previsto:
Número máximo de operarios:
Total aproximado de jornadas :

OBSERVACIONES:

1.3.- DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y LA OBRA.

En la tabla siguiente se indican las principales características y condicionantes del emplazamiento donde se realizará la obra:

DATOS DEL EMPLAZAMIENTO

Accesos a la obra:
Topografía del terreno:
Edificaciones colindantes:
Suministro de energía eléctrica:
Suministro de agua:
Sistema de saneamiento:
Servidumbres y condicionantes:

17. MODELO DE UN PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD, ELABORADO POR LA EMPRESA ADJUDICATARIA.

Í N D I C E

OBJETO DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.
- MEMORIA.
- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.
- Situación y delimitación de la obra.
- ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA.
- Autor.
- Presupuesto.
- Número de operarios previsto.
- CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES DE LA OBRA.

- PLAN DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.

- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA A REALIZAR.
- Proceso productivo de interés a la prevención.
- Oficios, unidades especiales y montajes que intervienen.
- Medios auxiliares.
- Maquinaria prevista.

- ANÁLISIS GENERAL DE RIESGOS.
- Análisis de riesgos en las fases de construcción.
    - En implantación
    - En eliminación de masa vegetal
    - Desmonte y terraplenado
    - En vaciados
    - En excavación de zanjas o de trincheras
    - Voladuras.
    - En relleno de tierras o rocas y manipulación de materiales sueltos
- En trabajos de encofrado y desencofrado
    - Trabajos con ferralla. Manipulación y puesta en obra
- Trabajos de manipulación de hormigón.
- Trabajos de manipulación en impermeabilización.

- Análisis de riesgos en los diferentes oficios, unidades especiales y montajes.
- Albañilería en general.
- Montajes de prefabricados.
- Soldaduras.
- Pala cargadora sobre neumáticos o sobre orugas.
- Retroexcavadora sobre orugas o sobre neumáticos.
- Buldózer.
- Retrocargadora.
- Rodillo vibrante autopropulsado.
- Camión Dumper.
- Pequeños compactadores.
- Soldadura por arco eléctrico.

MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS.
Reconocimiento médico
Botiquines
Asistencia a accidentados

INSTALACIONES PROVISIONALES PARA LOS TRABAJADORES
- Caseta para aseos
- Caseta para vestuarios
- Caseta para comedor

FORMACIÓN EN SEGURIDAD EN EL TRABAJO

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

PRESUPUESTO.

PLANOS.

ANEXO I.- Documento de compromiso, para las empresas subcontratantes, en el cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud.

ANEXO II.- Evaluación inicial de riesgos.

OBJETO DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.

El equipo redactor, al afrontar la tarea de componer el Plan de Seguridad y Salud para la obra, se enfrenta con el doble problema de intuir los riesgos ante el proyecto y su proyección, definiendo los que la realidad en su día presente, en medio de todo el conjunto de circunstancias que ello aporta y que en sí mismos pueden lograr desvirtuar el objetivo del trabajo iniciado; es decir, la realización de la obra sin accidentes ni enfermedades profesionales, además de aquellos posibles a personas ajenas a la obra en su realidad física o en la de sus bienes, sin olvidar por qué ello es a su vez inexcusable, los denominados accidentes blancos. Por lo expuesto, los objetivos los definimos según los siguientes apartados, cuyo ordinal es indiferente al considerarlos todos de un mismo rango:

1º.- Conocer el proyecto y, en coordinación con su autor, definir la tecnología más adecuada para la realización de la obra, con el fin de conocer los posibles riesgos que de ella se desprenden.
2º.- Analizar las unidades de obra del proyecto en función de sus factores formales y de ubicación en coherencia con la tecnología y métodos constructivos a desarrollar.
3º.- Definir todos los riesgos detectables que pueden aparecer a lo largo de la realización de los trabajos.
4º.- Diseñar las líneas preventivas en función de una determinada metodología a seguir e implantar durante el proceso de construcción.
5º.- Divulgar la prevención entre todos las personas implicadas en el proceso de construcción, interesando a los sujetos en su práctica con el fin de lograr su mejor y más razonable colaboración.
6º.- Crear un marco de salud laboral, en el que la prevención de las enfermedades profesionales sea eficaz.
7º.- Definir las actuaciones a seguir en el caso de que fracase nuestra intención técnica y se produzca el accidente, de tal forma que la asistencia al accidentado sea la adecuada y aplicada con la máxima celeridad y atención posibles.
8º.- Diseñar una línea formativa, para prevenir por medio del método de trabajo correcto, los accidentes.
9º.- Hacer llegar la prevención de riesgos desde el punto de vista de costes a cada empresa o personal autónomo, de tal forma que se eviten prácticas contrarias a la seguridad y salud.

Declaramos que nuestra voluntad es la de analizar, primero el proyecto, y en su función, cuantos mecanismos preventivos podamos idear dentro de las posibilidades que el mercado y los razonables límites económicos nos permitan.

- Ejemplo de **Plan** de Seguridad y Salud:

1.- MEMORIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA:

Situación y delimitación de la obra:

Los trabajos del presente Plan se desarrollan en .....
La obra Objeto de este Plan de Seguridad y Salud, se denomina .....(título del proyecto).....
El presupuesto global del proyecto de obra, asciende a la cantidad de ..... y fue aprobado el ..... de ..... de.....

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA.

Autor

La orden de encargo correspondiente, asigna a D. ..... , como encargado redactor del Proyecto y del Estudio de Seguridad y Salud de referencia para este Plan.

Presupuesto

El presupuesto de Ejecución Material del Estudio de Seguridad y Salud asciende a la cantidad de .....

Número de operarios previsto

El número total de trabajadores para el cálculo de consumo de "prendas de protección personal", será de ....., mientras que el número medio de trabajadores previstos para calcular las "Instalaciones Provisionales de obra, será de .....

(En este número quedan englobadas todas las personas que intervienen en el proceso productivo, con independencia de su afiliación empresarial o sistema de contratación).

- CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES DE LA OBRA. (Cuando proceda)

Dado que los trabajos a realizar en este tipo de obras afectan y se desarrollan sobre vastas superficies de terreno cultivable, no existen circunstancias específicas de interés para la prevención de riesgos, salvo los posibles accidentes geográficos determinantes de pendientes excesivas, rocas, arbolado, etc., los cuales, son los comunes a este tipo de trabajos que se describen más adelante.

- PLAN DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

En el siguiente gráfico se representa la ejecución de las fases globales que componen la obra en el tiempo.

..... (DIAGRAMA DE BARRAS) .....

- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA A REALIZAR

- Proceso productivo de interés a la prevención

- Implantación.

En esta fase se desarrollan los siguientes trabajos:

- Instalaciones provisionales de obra.

. Se procederá a la instalación de los pabellones provisionales de obra: vestuarios, aseos, comedor, botiquín, almacenes, oficinas de obra, etc., de acuerdo con la localización y características descritas en este Plan.

. A continuación, se efectuarán los enganches a las redes de energía, agua, alcantarillado y telefonía necesarias.

- Señalización.

Se efectuará la señalización necesaria, bien exterior o interior (sí es obra cerrada) y en los distintos accesos a la obra.

Las obras definidas en el Proyecto de Ejecución tienen por objeto la construcción de ..... y en esencia consta de las siguientes unidades constructivas:

(... FICHA TECNICA DEL PROYECTO. Adaptar e incluir donde proceda.....).

. Eliminación de masa ..... (deshierbe, desarbolado, destoconado, etc.).
. Desmonte y terraplenado.

. Vaciado.

- Excavación de zanjas o de trincheras
- .....
- Excavación de tierras mediante procedimientos neumáticos
- .....
- Voladuras
- .....
- Relleno de tierras o rocas y manipulación de materiales sueltos
- .....
- Trabajos de encofrado y desencofrado
- .....
- Trabajos con ferralla. Manipulación y puesta en obra

- Otros trabajos que aparezcan en proyecto

- Oficios, unidades especiales y montajes que intervienen

(Eliminar los que no procedan, e incluir aquellos otros que contenidos en el proyecto no han quedado reflejados en la presente relación).

- Albañilería en general
- Montajes de prefabricados
- Enfoscados y enlucidos

- Medios auxiliares
- Andamios de borriquetes

- Escaleras de mano
- Maquinaria prevista

Máquinas y máquinas-herramienta del proyecto (eliminar lo que no proceda).

- Pala cargadora (sobre neumáticos o sobre orugas)
- Retroexcavadora sobre orugas o sobre neumáticos
- Buldózer
- Retrocargadora
- Rodillo vibrante autopropulsado
- Camión Dumper
- Pequeños Compactadores
- Soldadura por arco eléctrico.

- ANÁLISIS GENERAL DE RIESGOS

A la vista de la metodología de construcción, del proceso productivo previsto, del número de trabajadores y de las fases críticas para la prevención, los riesgos detectables expresados globalmente son:

- Los propios del trabajo realizado por uno o varios trabajadores.
- Los derivados de los factores formales y de ubicación del lugar de trabajo.
- Los que tienen su origen en los medios materiales empleados para ejecutar las diferentes unidades de obra.

Se opta por la metodología de identificar en cada fase del proceso de construcción, los riesgos específicos, las medidas de prevención y protección a tomar, así como las conductas que deberán observarse en esa fase de obra.

Esta metodología no implica que en cada fase sólo existan esos riesgos o exclusivamente deban aplicarse esas medidas o dispositivos de seguridad o haya que observar sólo esas conductas, puesto que dependiendo de la concurrencia de riesgos o por razón de las características de un tajo determinado, habrá que emplear dispositivos y observar conductas o normas que se especifican en otras fases de obra.

Otro tanto puede decirse para lo relativo a los medios auxiliares a emplear, o para las máquinas cuya utilización se previene.

La especificación de riesgos, medidas de protección y las conductas o normas, se reiteran en muchas de las fases de obra.

Esto se debe a que (esta información deberá llegar a los trabajadores de forma fraccionada y por especialidades, para su información-formación, acusando recibo del documento que se les entrega).

Las protecciones colectivas y personales que se definen así como las conductas que se señalan tienen carácter de obligatorias y el hecho de incluirse en la memoria obedecen a razones metodológicas, pero tienen el mismo carácter que si estuvieran insertadas en el Pliego de Condiciones.

- Análisis de riesgos y medidas preventivas en las fases de construcción

- **En implantación**

- Riesgos detectables

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Atropellos y golpes contra objetos.
- Caídas de materiales.
- Incendios.
- Riesgo de contacto eléctrico.
- Derrumbamiento de acopios.

- Normas preventivas

- Se señalizarán las vías de circulación interna o externa de la obra.

- Se señalizarán los almacenes y lugares de acopio y cuanta señalización informativa sea necesaria.

- Se montará toda la instalación eléctrica teniendo en cuenta la carga de energía que debe soportar, así como los elementos de protección necesarios para cada circunstancia (diferenciales, fusibles, etc.).

- Se instalarán los diferentes agentes extintores de acuerdo a los tipos de fuego a extinguir.

- En el acopio de medios y materiales se harán teniendo en cuenta los pesos y formas de cada uno de ellos. Se apilarán de mayor a menor, permaneciendo los más pesados o voluminosos en las zonas bajas.

- Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Calzado de seguridad.
- Traje de agua para tiempo lluvioso.

- **En eliminación de masa vegetal**

- Riesgos detectables

- Golpes por o contra objetos.
- Deslizamiento de la maquinaria por pendientes acusadas.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria.
- Atrapamientos en el montaje y acoplamiento de implementos en la maquinaria.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Normas preventivas
- Se prohíbe cualquier trabajo de medición o estancia de personas en la zona de influencia donde se encuentran operando las máquinas que realizan labores de desarbolado, destoconado o desbroce.
- Se prohíbe realizar trabajos de este tipo en pendientes superiores a las establecidas por el fabricante.
- Las máquinas irán provistas de su correspondiente cabina.
- Se evitarán los períodos de trabajo en solitario, en la medida de lo posible, salvo circunstancias excepcionales o de emergencia.

- Cuando sea necesario realizar operaciones de mantenimiento en las máquinas habrán de realizarse siempre en áreas despejadas totalmente de vegetación.

- En las operaciones de desbroce en zonas con rocas se evitará el golpeo de éstas, pues causan chispas que podrían provocar incendio.
- En desarbolados o destoconados a media ladera, se inspeccionará debidamente la zona, en prevención de que puedan caer sobre personas o cosas.
- En desarbolados o destoconados se atacará el pie, para desenraizarlo, desde tres puntos, uno en el sentido de la máxima pendiente y en dirección descendente y los otros dos perpendiculares al anterior comenzando la operación por éstos últimos.
- En desarbolado nunca se golpeará sobre el tronco del árbol a media altura, todas las operaciones se harán sobre su base para así cortar su sistema radicular.
- Una vez abatidos los árboles, arrancados los tocones y/o vegetación arbustiva, se dejarán sobre el terreno formando cordones o montones para su posterior eliminación; quedando totalmente prohibido pasar por encima con la máquina.
- Equipos de protección individual
- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Calzado de seguridad.
- Botas de goma o P.V.C.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla con filtro mecánico.
- Cinturón antivibratorio.

- **Desmonte y terraplenado**

- Riesgos detectables
- Vuelcos o deslizamientos de las máquinas.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Golpes por o contra objetos y máquinas.
- Atrapamientos.
- Vibraciones.
- Ruido.
- Riesgos higiénicos por ambientes pulverulentos.
- Atropellos.
- Normas preventivas
- Se prohíbe cualquier tipo de trabajo de replanteo, medición o estancia de personas en la zona de influencia donde se encuentre operando la maquinaria de movimiento de tierras.
- Se prohíbe realizar trabajos de movimiento de tierras en pendientes superiores a las establecidas por el fabricante.
- Se evitarán los períodos de trabajo en solitario, en la medida de lo posible, salvo en circunstancias excepcionales o de emergencia.
- Se hará un reconocimiento visual de la zona de trabajo, previa al comienzo, con el fin de detectar las alteraciones del terreno que denoten riesgo de desprendimiento de tierras, rocas o árboles.
- Sobre los taludes que por sus características geológicas se puedan producir desprendimientos, se tenderá una malla de alambre galvanizado firmemente anclada o en su defecto una red de seguridad, según sean rocas o tierras, de acuerdo a los condicionantes geológicos determinantes.
- Antes de iniciar los trabajos a media ladera, se inspeccionará debidamente la zona, en prevención de desprendimientos o aludes sobre personas o cosas.
- Se prohíbe realizar cualquier trabajo al pie de cortes o taludes inestables.
- Las máquinas irán provistas de su correspondiente cabina.
- Equipos de protección individual
- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.

- Guantes de goma o P.V.C.
- Calzado de seguridad.
- Botas de goma o P.V.C.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla con filtro mecánico.
- Cinturón antivibratorio.

Y así, de esta forma se van rellenando los distintos conceptos.

- **En vaciados**
- Riesgos detectables.
- Normas preventivas.
- Equipo de protección individual.

- **En excavación de zanjas o de trincheras.**
- **Voladuras.**
- **En relleno de tierras o rocas y manipulación de materiales sueltos.**
- **En trabajos de encofrado y desencofrado.**
- **Trabajos con ferralla. Manipulación y puesta en obra.**
- **Trabajos de manipulación de hormigón.**

- **Análisis de riesgos y medidas preventivas en los diferentes oficios, unidades especiales y montajes.**

- **Albañilería en general**
- **Montajes de prefabricados**
- **Pala cargadora sobre neumáticos o sobre orugas.**
- **Retroexcavadora sobre orugas o sobre neumáticos.**
- **Buldózer.**
- **Retrocargadora.**
- **Rodillo vibrante autopropulsado.**
- **Camión Dumper.**
- **Pequeños Compactadores.**

MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS.

RECONOCIMIENTO MÉDICO:

Se realizarán los reconocimientos médicos preventivos al empezar a trabajar en la obra.
Se garantizará la potabilidad del agua destinada al consumo de los trabajadores.

BOTIQUINES:

La obra dispondrá de botiquín para primeros auxilios, en la zona del tajo de obra, con el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad y Salud en el Trabajo.

ASSISTENCIA A ACCIDENTADOS:

La dirección y teléfono del centro de urgencias asignado, estará expuestos claramente y en lugar bien visible, para un rápido y efectivo tratamiento de los accidentados.

Para la atención a los accidentados se ha previsto el traslado a:
Centro Asistencial de: ..... ;
Dirección : .....

Teléfono : .....

INSTALACIONES PROVISIONALES PARA LOS TRABAJADORES

En cumplimiento de la normativa vigente y con el fin de dotar al centro de trabajo de las mejores condiciones para la realización de las tareas, se prevé la instalación de casetas prefabricadas en chapa y dotadas de calefacción, mediante radiadores eléctricos con el siguiente desglose de unidades:

- 1 UD. Caseta para aseos.
- 1 UD. Caseta para vestuarios.
- 1 UD. Caseta para comedor.

Caseta para aseos.

Estará dotada de:

- ..... inodoros en cabinas aisladas con puerta de cierre interior, con carga y descarga automática de agua corriente, con papel higiénico y perchas.
- ..... lavabos.
- ..... duchas instaladas en cabina aislada con puerta de cierre interior, con dotación de agua fría y caliente y percha para colgar la ropa.
- .... calentador eléctrico de 50 litros.

Caseta para vestuarios.

- ..... taquillas metálicas provistas de llave.
- ..... bancos de madera corridos.

Caseta para comedor

- Mesa de madera con capacidad para ..... personas.
- Dos bancos de madera con capacidad para .... personas.
- ... calienta comidas de 15 servicios.
- Un recipiente de recogida de basuras.

FORMACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD

Todo el personal de la obra, al ingresar en la misma, deberá recibirá la formación adecuada sobre los métodos y sus riesgos, así como las medidas que deben adoptar como seguridad ante ellos.

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

PRESUPUESTO

PLANOS

18. EVALUACIÓN DE RIESGO.

EVALUACIÓN DE RIESGOS	Hoja 1 de 2
Localización: BALSA DE ..... (T.M. Y PROVINCIA) Actividad / puesto de Trabajo: **EN IMPLANTACIÓN**	**Evaluación:** ☐ Inicial ☐ Periódica **Fecha evaluación:** **Fecha última evaluación:**

	Peligro Identificado	**Probabilidad**			**Consecuencias**			**Estimación del riesgo**				
		B	M	A	LD	D	ED	T	TO	M	I	IN
1.	Caída de personas al mismo nivel		X		X				X			
2.	Atropellos y golpes contra objetos	X				X			X			
3.	Caída de materiales		X			X				X		
4.	Incendios	X			X			X				
5.	Riesgo de contacto eléctrico	X				X			X			
6.	Derrumbamiento de acopios	X					X			X		
7.												
8.												
9.												
10.												
11.												
12.												
13.												
14.												
15.												
16.												
17.												
18.												
19.												
20.												
21.												
22.												
23.												
24.												
25.												

Para los Riesgos estimados M, I, IN y utilizando el mismo número de identificación de peligro, completar la tabla siguiente.

EVALUACIÓN DE RIESGOS	Hoja 2 de 2

Peligro Nº	**Medidas de control**	**Procedimiento de trabajo**	**Información**	**Formación**	**¿Riesgo controlado?**	
					SI	**NO**
3			Normas preventivas	Específica	X	
6			Normas preventivas	Específica	X	

19. TRÁMITES LEGALES.

Antes del inicio de la obra, cada contratista elaborará el Plan de S. Y S. En que se analizarán, estudiarán, desarrollaran y complementarán las previsiones contenidas en el Estudio o E. Básico.

El Plan de S. Y S., antes del inicio de la obra, deberá constar con la aprobación del Coordinador en materia de S. Y S., y durante la ejecución de la obra.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra podrán presentar, por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que consideren oportunas

En el menor plazo posible (30 días), se presentara por parte de la Empresa adjudicataria de la obra, la comunicación de apertura o reanudación de la actividad objeto del Plan de Seguridad, realizando entregas de dos ejemplares completos ante la Autoridad Laboral Competente (en Murcia: Dirección Provincial del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social o Delegación de la Consejería de Trabajo), adjuntando expediente con los datos de la Empresa, centro de trabajo y datos de producción.

Una copia del expediente de admisión del trámite llevará sello de entrada (fecha recepción) y la copia de otro volumen del Plan, sello del organismo receptor (sin fecha), quedando en poder de la Empresa contratante.

En caso variable, dependerá el número de ejemplares que hará entregará la Empresa al Promotor, dependiendo de la naturaleza del mismo (Administración, particular).

20. LIBRO DE INCIDENCIA.

En cada centro de trabajo (obra en nuestro caso), existirá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio Profesional o el Promotor si es la Administración, que pertenecerá a la actividad a que pertenezca en materia de seguridad y salud la ejecución de la obra.

El libro permanecerá siempre, en obra y en poder del coordinador.

A este libro tendrá acceso: La Dirección Facultativa, los contratistas (llamados también, colaboradores), los subcontratistas, representantes de los trabajadores y técnicos especializados de las administraciones públicas competentes en la materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, cumpliendo las instrucciones que allí se determinan.

21. PARALIZACION DE LA OBRA.

En el supuesto de ser analizado un riesgo inminente, se para total o parcialmente la obra, hasta verificar el peligro y las medidas oportunas de seguridad, dictadas por resoluciones de la Autoridad Laboral competente.

Supuestos:

- Cuando durante la ejecución de las obras, el Coordinador observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de incidencias, quedando facultado para, en el caso de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de parte o de la totalidad de la obra.
- En el caso de llegarse a tal extremo, dará parte a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la Obra. Notificará al contratista, subcontratistas, trabajadores autónomos y representantes de los trabajadores de la paralización.

22. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.

- Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adaptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

- Los convenios colectivos deben recoger y cumplir con las cláusulas de salud laboral, articulando en la negociación colectiva aspectos concretos (evaluación de riesgos, estructuras del Plan de Prevención, etc.)

23. SENTENCIAS.

La sentencia 312/00 del Juzgado de lo Penal de Santander condena a dos directivos como responsable de la explosión y posterior incendio ocurridos en 1.997 en la que murieron dos trabajadores y tres resultaron heridos. La sentencia condena a ambos a dos años de prisión y a 14 de arrestos de fin de semana como delitos de homicidio imprudente y dos delitos de lesiones por imprudencia grave, manifestándose en tales términos:

Segundo... "Pero la imprudencia de estos dos acusados la hemos calificado además de grave porque su comportamiento no consistió en una mera omisión de la atención normal o debida, es decir, la impuesta por un deber objetivo de cuidado de pequeño alcance, sino que se caracteriza por la inobservancia de la más racional cautela, por omisión de todas o al menos las más elementales y rudimentarias precauciones que el evento exigía en las que no habría incidido el menor previsor de los hombres. O, como recuerda el Tribuna Supremo (v.SSTS.28-2-83, 17-11-87 y 22-4-88), su comportamiento se caracterizó por la infravaloración del bien, jurídico violado, merced al desdén y a la indiferencia con que el agente contempla la vida, la integridad corporal o el patrimonio de sus semejantes".

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- La lucha por el agua en la historia de España.

Isidoro Escagües de Javierre
Revista El Campo. Bol. Octubre-Diciembre 1.984/nº. 96.Pág. 3 a 6.

- La Planificación hidrológica. (artículo)

Antonio Milla Riera.
Revista El Campo. Boletín de Octubre-Diciembre 1.984/nº 96. Pág. 82/85.

- Las Comunidades de Regantes.

Autor Juan G. Velamazán Gómez.
Revista El Campo. Bol. Octubre-Diciembre 1.984/nº 96. Pág. 104/107.

- Las subvenciones se pasan a la nueva economía.

Autora: Paz Escorihuela.
El País. Negocios. Pág. 14. 28/1/2.001.

- Tratamiento de aguas para riegos localizados.

Autor: Gabriel Morilla Alcalá.
Revista Abrego nº. 57. 1.986.

- Diseño y construcción de pequeños embalses.

IRYDA (Manual Técnico nº. 2 – 1.985).

- Memoria de 1.945. Mancomunidad de los Canales del Taibilla.
- Ley de Reforma y Desarrollo Agrario.

Ministerio de Agricultura. Madrid. 1.973.

- Elementos de Hidráulica general y aplicada con motores hidráulicos.

Autor I. Rubio Sanjuán.
Editorial Labor, S.A. 5ª Edición 3ª Reproducción.

- Pequeños embalses de uso agrícola. Diques de materiales sueltos. 1.997 y

Segunda Parte : Los diques: Tipología, estructura y cálculos.
Autor Rafael Dal-Ré Tenreiro.
M.A.P.A.

- Apuntes de construcción II.

Carlos M. Ferrer y José J. Vallés Prada.
SPUPV-92.159.

- Diseño de pequeñas presas.

United States Departament of the interior Bureau of reclamation.

- Compactación de terrenos, terraplenes y pedraplenes.

Varios autores.
Editores técnicos asociados, S.A.

- Geotecnia y cimientos.

J.A. Jiménez Salas, J.L. y varios autores.

- Procedimientos de sondeos. Teoría práctica y aplicaciones. 2ª Edición.

Jesús Puy Huarte.
Servicio de Publicaciones de la Junta de Energía Nuclear. Madrid 1.981 (Pág. 577/592).

- Obras hidráulicas.

José Zurita Ruiz.
Monografías CEAC sobre construcción y arquitectura.

- Caminos Rurales. Proyecto y Construcción.

Rafael Dal-Ré.
MAPA-Mundi-Prensa.

- Impermeabilización de lagunas artificiales.

Gabriel Auvinet y Raúl Esquives.
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
Editorial Limusa.

- Patología de geomembranas de poli(cloruro de vinilo) plastificado instalado como pantallas impermeabilizantes en embalses.

Blanco, Manuel; Cuevas, Angel; Aguiar, Escolástico.
Revista de Ingeniería Civil 119/2.000 Pág. 91/101.

- Aspectos más relevantes del comportamiento en obra de los materiales sintéticos utilizados como geomembranas impermeabilizantes en embalses ubicados en la Comunidad Autónoma de canarias.

Autores: Blanco, Manuel; Aguiar, Escolástico.
Revista de Ingeniería Civil 117/2.000 Páginas 25/35.

- Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses impermeabilizados con geomembranas.

Amigo, Enrique; Aguiar, Escolástico.
Editorial Consejería de Agricultura y Alimentación Gobierno de Canarias. 1.994.

- Norma Española UNE 104/421 Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de embalses para riego o reserva de agua con geomembranas impermeabilizantes formadas por láminas de polietileno de alta densidad (P.E.A.D.) o láminas de polietileno de alta densidad coextruido con otros grados de polietileno.
- Lección 4. Propiedades Físicas.

http://edafología.ugr.es/IntroEda/Tema04/1Text.html.

- Manual de Polyfelt Geosyntectics.
- Estudios Geológicos-Geotécnicos y de prospección de Materiales.

Comité Nacional Español de Grandes Presas.
Guías Técnicas de Seguridad de Presas nº. 3.

- Pequeños Embalses.

V Máster Internacional de Riego y Drenaje.
M.A.P.A. 2.000.

- Manual de Mineralogía de Dana.

Cornelius S. Hurlbut, Jr.
Editorial Reverté. S.A. 2ª. Edición.

- Química General Moderna.

Joseph A. Babor y José Ibarz Aznárez.
Editorial Marín, S.A.

- Fertilización Agrícola 2ª Edición.

José Garcia Fernández.
Ediciones Agrociencia. (pág. 6-15).

- Hidráulica para ingenieros.

Autor: Domingo Escribá Bonafé
Librería Editorial Bellisco. Ed. 1.988.

- Nivelación de Tierras.

Juan Cano Muñoz y Antonio Vázquez Guzmán.
MAPA y MundiPrensa.

- Plan General de Mejora y Modernización de la Comunidad de regantes de Lorca.

Intecsa-CSIC.

- Boletín Oficial de Cortes Congreso de Diputados Serie A nº. 67-6 de fecha 25 de Septiembre 1.997.
- Ficha Agronómica –PAR G-2. Ahorro energético y capacidad de embalse. CMAAA. De la CARM.
- Topografía abreviada 3ª edición corregida.

Autor: Francisco Domínguez Garcia-Tejero.
Editorial Dossat, S.A. Ed. 1.973.

- Recomendaciones sobre proyectos y ejecución de obras de dragado.

Modesto Vigueras Gonzalez.

Laboratorio de Transporte y mecánica del suelo (CEEOP). Madrid 1.966.

- Apuntes Asignatura de "Proyectos" 5º Curso 1.999/2.000 Ing. Agrónomos de la UPCC.

Autor: Victoriano Martínez.

- Pliego Condiciones. Proyecto del Embalse de Huerta de Abajo en Pliego. CAAMA de la C.A.R.Murcia.

Autor. Juan Manuel Carnicero Parra.
CARM.1.999.

- Proyecto del Embalse "El Amarguillo" en el T.M. Alhama de Murcia.

Autor Enrique Ruiz Alemán.
CARM. 1.996.

- Informe sobre métodos para reducir la evaporación en balsas de riegos. Caso particular de la provincia de Murcia y el sistema de malla por sombreo. J. L. San Miguel. Tragsa.
- Expediente 9401-VAR. Pruebas de carga sobre perfiles metálicos hincados en el terreno. Geología Hormigón y suelos Almeria S.A.
- The potencial for reducing open water evaporation losses: A Review. J.A.H. Brown
- Water resources reseracrch. Energy relationships in the design 0of floating covers for evaporation reduction. Pág 717-727. Keith R. Cooley.
- Reducing evaporation from farm dams. I.A.F. Laing.
- Methods of evaporation reduction from water storages by H.E. Barnes.
- Estudio y desarrollo de técnicas para la reducción de la evaporación en balsas de regulación de riego del sureste español. Victoriano Martínez y Alain Baille.
- Ninguna de las grandes presas dispone de planes de emergencia en caso de rotura.

Inmaculada G. Mardones.
El País. 14/1/01. Pág. 29.

- Los peritos judiciales achacan el desastre de Aznalcollar a errores de cálculo en la presa.

Alejandro Bolaños.
El País. 8/4/2.000. Pág. 35.

- Una nueva dimensión en filtros Polyfelt F. Geocompuestos filtrantes.

Autor: Polyfelt Geosiynthetics.

- Diseño y construcción de pequeños embalses.

Manuales Técnicos IRYDA nº.2.
MAPA.

- Todo sobre la impermeabilización de embalses con geomembranas sintéticas de caucho EPDM o Butilo.

Documento de especificaciones técnicas.
Revista Técnica. Pág 61 a 65.

- Guía Metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental.

V. Conesa Fdez-Vitora.
Ed. Mundi-Prensa.

- Apuntes de Impacto Ambiental Agrícola y Ganadero. EUP de Cartagena.
- E.I.A. Embalse de Huerta Baja de Pliego. CAAMA de la CARM. J.M. Carnicero.
- E.I.A. de la Copa de Bulla. CAAMA de la CARM. Francisco Pardo.
- El tribunal de lo penal condena a dos años de prisión a dos empresarios por homicidio imprudente.

Actualidad Sindical Redacción Madrid.
Revista de Actualidad Sindical de metal y construcción y afines de U.G.T. Enero 2.001.

- Ley 31/1.995, de 8 de Noviembre. B.O.E. 25 y 27 Octubre 1.997.
- Derecho del trabajo, Civitas 2.000 M. Alonso Olea y M.E. Casas Bahamonde.
- Comentarios al Estatuto de los trabajadores. Aranzadi, 3ª edic. 2.000. A. Montoya Melgar.
- Legislación Laboral y de Seguridad Social. Ed. Aranzadi, 2.000.
- Plan de Seguridad de Tragsa.