

**CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE BALSAS IMPERMEABILIZADAS
CON GEOMEMBRANAS PARA USOS DEL RIEGO.**

Ramón de los Santos Alfonso.

Murcia, Abril 2.011

1. Concepto de Calidad:

Es en los años cincuentas del pasado siglo, donde Japón acuña el concepto de calidad: “hacer las cosas bien a la primera”. El objetivo de esta filosofía de trabajo era minimizar los costos a través de la calidad, satisfacer a los clientes y aumentar la competitividad de estas empresas, mientras que los demás países estaban preocupados en aumentar las producciones

Japón analiza el trabajo y lo especializa en pequeñas tareas organizadas por planificación que aumenta la competitividad, donde se llega a considerar las demandas del cliente, buscando el grado de adaptación con un diseño óptimo. Nace el Control de Calidad, en el sentido de inspección de las características de un producto y satisfacer las necesidades técnicas y de producción. De este modo, la calidad se identifica con la ausencia de defectos. Originado por este control de calidad surge un conflicto entre la función de fabricación (a la búsqueda de aumentar la productividad) y la de control de calidad (cuya función era detectar todos los defectos posibles). La Gestión de la Calidad mide el grado de satisfacción de las necesidades del cliente. Los objetivos, por lo tanto, serán satisfacer al cliente, mantener la calidad, reducción de los costos y mejorar la competitividad de la empresa

Actualmente, están muy extendidos la filosofía de calidad y son estrategias que plantean las Empresas como sistemas de diferenciarse en unos planos de competitividad y donde aseguran a sus clientes líneas de producciones eficaces, mediante sistemas implantados con protocolos instaurados para acometer los trabajos y dar uniformidad en el proceso productivo mediante normas generales y especiales, así por ejemplo, el movimiento de tierras puede ser general y la construcción de la geomembrana para balsa, específica.

2. Flexibilidad en la implantación de calidad.

Existe la tendencia hoy en día de exigir condiciones en proyectos, obras, sin tener claro que es lo que queremos conseguir, sus objetivos, sin aplicar un análisis inteligente sobre

cometidos técnicos determinados, donde cada obra aunque sea de balsa, constituye una singularidad, dejándonos llevar en los ofrecimientos de “paquetes estándares de calidad”, donde a veces “café para todos”, no es adecuado, debiendo secundar la calidad a nuestras exigencias profesionales, prevaleciendo el sentido común. No digo que plantee una postura “anti-sistema”, sino al revés, que empleemos los sistemas implantados para apoyar nuestros objetivos profesionales, amoldándose a nuestras necesidades.

Son buenos los estudios geotécnicos que nos informan sobre el suelo como elementos constructivos, pero debemos realizarnos preguntas, por ejemplo, si nuestro plano de fundación es adecuado para asentar la balsa, pensemos en un caso de un suelo granular, ya hablar de grava, parece bueno, pero resulta que su presentación natural, está suelta. Podemos pensar que esos huecos, podrían realizar ajustes y plantearnos si pueden existir deformaciones posteriores en el plano de fundación, donde dudamos de su capacidad portante. Deberemos de preocuparnos por si puede sufrir asientos diferenciales posteriores en nuestra infraestructura. Estaremos atentos a su granulometría, a los perfiles del terreno. Si se toma la muestra del suelo, la llevamos al laboratorio y de un modo general nos darán datos de pruebas efectuadas, pero persistiremos en no perder la realidad de sus posibilidades porque nos “disfracen resultados” por lo que propondremos pruebas en el propia base, realizando las correcciones y mejoras adecuadas y comprobar “in situ” que los resultados de sus asientos, son los adecuados.

La realidad de la obra lleva parejo variantes con el proyecto en general, donde habrá una toma de decisiones, muchas veces gravosas, por ejemplo, una balsa excavada por debajo de la cota natural del terreno, donde durante el movimiento de tierras, nos encontramos que aflora agua del subsuelo, inundando parte de la solera del vaso. Fig nº 1.



Fig nº 1.

En este caso singular, analizamos que tenemos en las inmediaciones de la balsa, una EDAR, posiblemente origen del efluente. ¿Viene el agua de fugas de la depuradora?. Podríamos mandar realizar un análisis de la composición del agua, para ver si contienen bacterias del tipo E. Coli y así por ejemplo, descartar esta hipótesis. En los controles de calidad, abriremos una “no conformidad” y se buscaran los mejores resultados para llevar a cabo el resto de la ejecución. ¿Cual?. Las que consideremos adecuada: Un dren que corte el flujo desde la EDAR, una extracción con bombeo auxiliar si es una bolsa, etc. Fig nº 2.



Fig nº 2.

En general, en la construcción de la balsa buscamos las mejores condiciones de la base, del suelo, mediante compactación, pero además, debemos preocuparnos por el sistema que empleemos, de la homogenizando de la mezcla con la humedad apropiada, de la organización de los trabajos, de la maquinaria que se emplea, todo ello al objeto de conseguir las características mecánicas deseables en la construcción de la balsa.

¿Que volumen mido?. ¿Qué altura de tongada?. Todo dependerá de la singularidad de la obra, del material que empleemos, así, un suelo con finos y además arcillosos,

deberá de tener el doble de comprobaciones que un suelo granular. En esto, como en cualquier cosa, habrá que “mojarse”.

¿Que utilizo Proctor normal o modificado? Esta diferencia del pasado obedece a un principio, donde lo que busco es la máxima compactación para variar la estructura del suelo, aumentando su impermeabilidad al disminuir huecos, su máximo peso por volumen, su resistencia al corte. Estos son los fines que persigo.



Fig nº 3.

La compactación es un proceso repetitivo, cuyo objetivo es conseguir una densidad específica para una relación óptima del agua, al fin de obtener las características mecánicas necesarias para su empleo en construcción. Si además acompañamos los elementos climáticos que nos pueden variar los resultados, como son la lluvia, el viento, tendríamos incertidumbres que hay que despejar con un criterio práctico.

Los ensayos de base del laboratorio y los contrastados en el campo, son variable conforme avanza la excavación, por lo tanto, tendremos que ajustar las necesidades de la base del muestreo con las características que obtienen los valores aceptados de

los objetivos perseguidos, así un 90% de P.N o P.M. tengo que tener un 90 % de densidad seca del muestreo del suelo. Con los ensayos se pretende determinar los parámetros óptimos de compactación, lo cual asegurará las propiedades necesarias para su construcción.



Fig nº 4.

La diferencia básica entre el ensayo Proctor Normal y el Modificado es la energía de compactación usada. En el Normal se hace caer un peso de 2.5 kilogramos de una altura de 30 centímetros, compactando la tierra en 3 camadas con 25 golpes y, en el Modificado, un peso de 5 kilogramo de una altura de 45 centímetros, compactando la tierra en 5 camadas con 50 golpes. Esta diferencia se debe a la existencia de modernos equipos de compactación más pesados que permiten densidades más altas en campo, con lo cual se usa cada vez más el pedir un 95% P.M.

3. Protocolos a seguir.

Documentación de elaboración propia de cada Empresa sobre los criterios de control que va a establecer en la construcción de la balsa. Normalmente, se presentan con aspectos generales de los trabajos, los objetivos que persiguen, definiciones de cada proceso y criterios de aceptaciones, no conformidad, seguidos de controles con indicadores cualitativos o cuantitativos con equipos de medidas, tolerancia de errores, valoraciones mínimos de controles y equipos humanos de validación con categorías profesionales, así como parámetros técnicos de llevarlos a cabo. En

general, el proceso deberá ser completo desde el proyecto hasta la Ejecución, donde debería añadirse el sistema de mantenimiento.

4. Documentación.

- Fases: Proyecto, Ejecución y Mantenimientos.

FASE DEL PROYECTO:

- ✓ VIABILIDAD DEL PROYECTO Y EJECUCIÓN.
 - o Concesión administrativa del derecho de agua.
- ✓ TRAMITES AMBIENTALES.
 - o Inicio de trámites ambientales. Conforme R.D. 1 / 2.008 y Autonómicos.
- ✓ DISPOSICIONES OFICIALES:
 - o Distancias a lindes.
 - o Distancias infraestructuras (carreteras, ferrocarriles...)
- ✓ DISPONIBILIDAD DE LOS TERRENOS.
 - o Clasificación del suelo: Rustico.
 - o Compromisos formales.
- ✓ FUNCIONALIDAD:
 - o ACCESOS.
 - Caminos para el paso de maquinaria.
 - Pasos sobre efluentes.
 - Líneas eléctricas.
 - Servidumbres de pasos de tuberías...
 -
 - o EXPLOTACIÓN.
 - Bordillos perimetrales.
 - Valla perimetral.
 - Diseño: Maquinaria en pasillo coronación...
 - Limpieza: Accesos fondo balsa.
 -
 - o SERVICIO ENTRADA/SALIDA:
 - Gravedad / Impulsión.

Control de Calidad en balsas impermeabilizadas con geomembranas.

o SEGURIDAD

- Posibles daños: Viviendas (vidas humanas), infraestructuras.
- Plan de llenado

o CONSTRUCTIVOS:

- Tipo de suelo: Trabajo (ripable, roca.); Seguridad (margas, yesos...);
- Estabilidad: Capacidad, altura de dique, altura de calado, dirección del viento....
- Ubicación: Llano / Pendiente.
- Diseño:

FASE DE LA CONSTRUCCIÓN:

✓ APROBACIÓN PROYECTO:

- o Conformidad.
 - Diseño, ejecución.
 - Planificación. Programación.
- o Propuesta de mejoras.

✓ MOVIMIENTO DE TIERRAS:

- o Estudio Geotécnico en Proyecto.
- o Muestras laboratorios.
- o Control retirada de tierra vegetal.
 - Profundidad según terreno.
 - Secano.- 20 centímetros
 - Riego.- 40 centímetros
 - Análisis de presencia de materia orgánica.
- o Seguimiento diseño
 - Planos contrastables con planos originales.
- o Compactación:
 - Geometría. P.M.
 - Muestras de bases representativas
 - 95 % P.M. Pruebas cada 1.000 m³

Control de Calidad en balsas impermeabilizadas con geomembranas.

- Altura máxima de tongadas hasta 1 metro
- Localización mediante GPS.

✓ OBRAS DE FABRICA:

- o Hormigones, hierros >>> Normas que le son aplicables.

✓ TUBERÍAS, VALVULERIAS.

- o PVC, PE, ACEROS etc. >> Normas que le son de aplicación.
- o Revestimientos, protecciones, etc >> Normas aplicables

✓ ESTANQUEIDAD:

o Tuberías.-

- Alineación.
- Soldaduras.- Estado.
- Estanco.- Un día como mínimo de llenado.
- Presión de 1,5 atmósferas como mínimo con 15 minutos

o Vaso.-

- Puesta en Obra: Lote, acopio.
- Tomas de muestras
- GEOMEMBRANA.
 - General: trazabilidad del paño colocado.
 - GEOTEXTILES:
 - o Suelos alcalinos, hormigones → PP (Polipropileno).
 - o Puesta en obra.
 - o Pruebas en laboratorio.
 - PEAD
 - o In situ: Soldaduras (aire, vacío, eléctricas, pelado, etc). Condiciones climáticas, temperatura de soldadura, velocidad.
 - o Laboratorio:
 - Espesor,
 - Termogramas,

Control de Calidad en balsas impermeabilizadas con geomembranas.

- Rotura tracción,
- Penetración, percusión
- Esfuerzo y alargamiento punto de fluencia. Fig nº 5.



Fig nº 5.

- Resistencia soldadura por pelado
 - Resistencia a la perforación
 - Resistencia al desgarro
 - Doblado a baja temperatura
 - Microscopia óptica
 - Microscopia electrónica de barrido
 - Dispersión del negro de humo.
- EPDM
 - o In situ: Penetración en soldaduras de lámina plástica
 - o Laboratorios: Similar al EPDM
- Toma de entrada.

Control de Calidad en balsas impermeabilizadas con geomembranas.

- Toma de salida.
- Aliviadero.

✓ DRENES:

- o Pendiente (uniformidad)
- o Tubo: Resistencia al aplastamiento, Dimensiones de raja
- o Geotextiles: Transmisión hidráulica, filtro.
- o Granulometría de gravilla.

Normas aplicable:

Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas.

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes

PG 3.

Código de la Edificación.

Instrucción de hormigones estructurales EHE.

5. Normas en geosintéticos:

Los geosintéticos se clasifican en dos grupos: Impermeables y Permeables. En los impermeables tenemos las Barreras Geosintéticas Poliméricas (GBR-P), al que dedicaremos mayor atención, B.G. Bentonítica y B. G. bituminosas. En permeables tenemos los geotextiles. Definición en UNE – EN 10.318.

5.1. Geotextiles: Permeables.

Norma ISO 10318 Geotextiles. Vocabulario.

Norma UNE-EN-ISO 10320 Geotextiles y productos relacionados con geotextiles. Identificación “in situ”.

Datos del fabricante.

Marca Comercial y tipo de producto

Fecha fabricación: mes y año

Identificación del rollo. >>>>> Trazabilidad

Norma CEN/TC 189/WG 2N 124 Geotextiles, productos relacionados con geotextiles, geomembranas y productos relacionados con geomembranas.

Terminología y definiciones.

Norma CEN/TC 189/WG 2N 112 Clasificación de los geosintéticos y su

Control de Calidad en balsas impermeabilizadas con geomembranas.

aplicación.

Norma UNE EN 13254:2.001/A1 de Abril 2.005. Requisitos para su uso en la construcción de embalses y presas.

Características físico-químico:

- Resistencia al punzonamiento estático CBR. Fig. nº 6.
- Resistencia a la tracción y al alargamiento.
- Resistencia a la perforación dinámica
- Eficacia de la protección

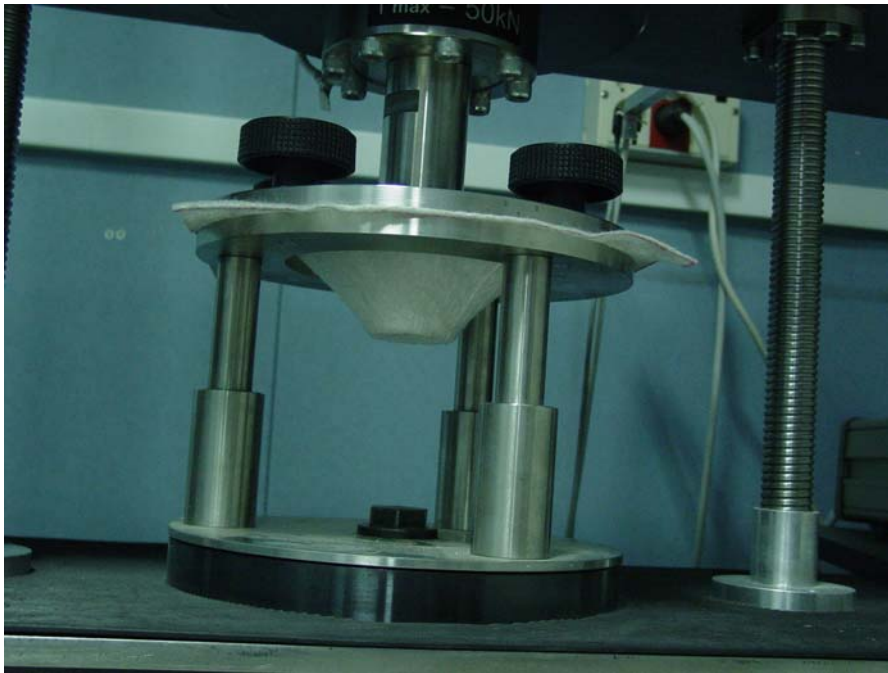


Fig nº 6.

Características geotextiles:

- Función filtro, drenantes: Abertura huecos, permeabilidad.
- Función Protección:
 - o Ensayos de durabilidad: UNE EN 12226
 - o Resistencia a la intemperie. UNE 12224
 - o Resistencia a la oxidación: UNE EN ISO 13438
 - o Resistencia a los ácidos y alcalinos. UNE EN 14030
 - o Resistencia a hidrólisis en agua. UNE EN 12447
 - o Durabilidad. CR ISO 13434

5.2. GEOMEMBRANAS.- Impermeables. PEAD.

PEAD.- Son componentes geosintéticos fabricados por polímeros sintéticos fabricados con resinas vírgenes de polietileno de alta densidad (HDPE) sin modificar con una densidad de $0,934 \text{ g/cm}^3$. Para la resistencia de rayos ultravioleta, deberá agregarse no más de 2 – 3 % de negro de humo, permitiéndose la adición de antioxidantes y estabilizadores de temperatura, por debajo del 1,5 %. Los espesores normales son 1,5 y 2 mm de espesor.

La geomembrana se suministra en rollos formado por una lámina continua, lisa o texturizada con la fricción deseable, con una anchura mínima de 6,8 metros, de longitud variable optimizando para su manejo en obra. Es deseable la máxima anchura del mercado, sobre unos 9,40 metros de anchura para disminuir soldadura pieza continua sin soldadura de fábrica. Fig nº 7.



Fig nº 7. Acopio de rollos en obra

Control de Calidad en balsas impermeabilizadas con geomembranas.

Normas que le son aplicables:

- Barreras geosintéticas. Requisitos para su utilización en la construcción de embalses y presas. UNE-EN 13361:2005/A1:2007
- UNE 104300 Materiales sintéticos. Láminas de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), para la impermeabilización en obra civil.
- UNE 104421 Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas impermeabilizantes de balsas para riego o reserva de agua con geomembranas impermeabilizantes formadas por láminas de Polietileno de alta densidad.
- UNE EN ISO 1183-1. Densidad resina y geomembrana
- UNE EN ISO 1133. Índice Fluidez
- ASTM D 4218. Contenido de negro de carbono.
- UNE EN 1849-2. Espesor.
- UNE EN ISO 327. Tracción. (Fig nº



Fig nº 8. Confección de muestras para tracciones longitudinales y transversales

- UNE EN 34-1. Desgarro
- UNE EN 12236. Punzonamiento estático.

DURABILIDAD:

- UNE EN 728. TIO
- ASTM D 5397 STRESS CRACKING
- UNE EN 14575 OXIDACIÓN



Fig. nº 9. Tracción longitudinal

5.3. Control de ensayos destructivos o no.

5.3.1 Ensayos no destructivos.

Una vez ejecutada la línea de soldadura y antes de realizar la extracción de los testigos para ensayos destructivos, la estanqueidad del sistema en las zonas de unión debe ser comprobada por medio de ensayos no destructivos. Existen fundamentalmente tres tipos de ensayos no destructivos para la verificación de la estanqueidad de las uniones.

5.3.1.1 Campana de vacío: Se ejecuta sobre las uniones realizadas por extrusión. Consiste en someter la totalidad del cordón de soldadura a una presión de vacío determinada por el espesor de la geomembrana. Fig nº 10.



Fig nº 10

5.3.1.2. Prueba de chispómetro (Spark Test) : La prueba de chispa eléctrica se utiliza en cordones de extrusión a los cuales se les ha dejado inserto un alambre de cobre previo a la colocación del material de aporte. Este ensayo se lleva a cabo utilizando un dispositivo semejante a una escobilla metálica conectado a una fuente de energía eléctrica, la existencia de porosidades o discontinuidades en la soldadura producirá que la unidad emita una señal audible o chispa eléctrica. Fig nº 11.

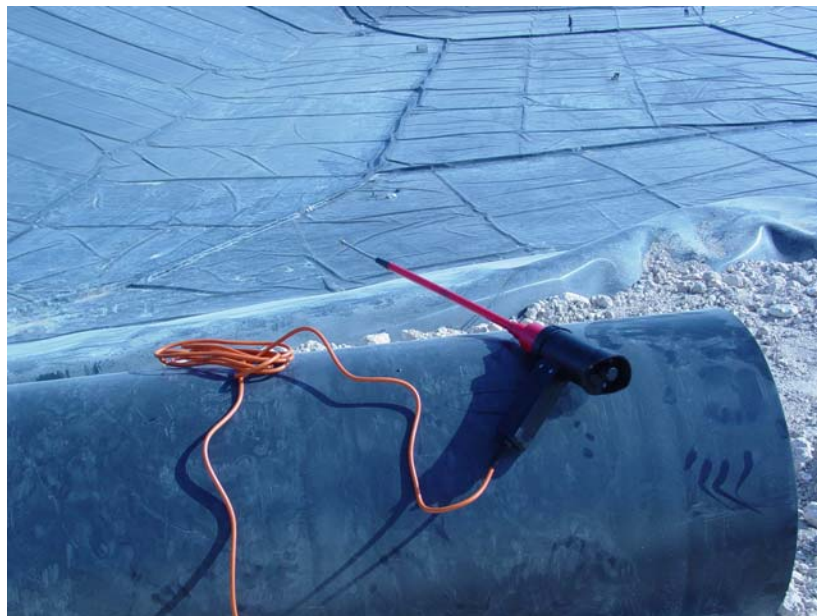


Fig nº 11. Chispómetro

5.3.1.3. Prueba de soldadura del canal por aire: Consiste en la aplicación de aire a presión dentro del canal de aire o espacio dejado por la soldadora de cuña caliente, donde por un extremos se aprieta con tenaza fija de presión y por el otro extremo se inyecta una aguja al canal y se verifica que no exista pérdida de presión. Fig nº 12



Fig nº 12.

5.3.2. Ensayos destructivos

A diferencia de los ensayos no destructivos, que tienen como objetivo determinar la estanqueidad de todas las uniones del revestimiento, los ensayos destructivos sirven para evaluar estadísticamente la calidad de las soldaduras. Los ensayos son ejecutados en probetas cortadas directamente desde el revestimiento recién unidos, ya sea por extrusión o por cuña caliente. Fig nº 13.



Fig nº 13

Para ambas uniones los ensayos son de dos tipos:

5.3.2.1. Corte: Consiste en someter la unión entre las láminas de la probeta de ensayo a un esfuerzo de corte directo ejecutado a una velocidad determinada. Para esto, se fijan los extremos (respecto al eje de soldadura) a las respectivas tenazas del tensiómetro y se procede con el ensayo. Una vez finalizado el ensayo se registra la máxima resistencia de la probeta y se indica si el momento de rotura donde se produjo fuera o en la soldadura. Fig nº 14.



Fig nº 14. Desgarre en campo.

5.3.2.2. Desgarre: El procedimiento es semejante en metodología y condición de aprobación al ensayo de corte. Su diferencia radica en que para someter a desgarre la soldadura, los extremos de la probeta, asidos por las tenazas, corresponden a las láminas ubicadas a un mismo extremo de la soldadura. La aprobación de la probeta requiere que la eficiencia al desgarre iguale o exceda las especificaciones de construcción. Este ensayo es ejecutado para ambos extremos de la probeta en el caso que la unión esté provista de canal de aire.

5.4. Incertidumbres:

Según se desprenden de estudios realizados sobre terminación de impermeabilización en balsas, existen las posibilidades en una superficie de 10.000 m² de poseer una media de 15 fugas, donde las perforaciones con dimensiones no superiores a 1 cm de diámetro, son causados en un 73 %, en los trabajos de campo y donde los controles que se realizan pueden no detectarlos, por lo que surgen necesidades de nuevas técnicas como la termografía, detección de bi-polarismo de campos eléctricos (Fig nº 15), todos ellos al objeto de garantizar la estanqueidad del vaso.



Fig nº 15. Valtem

La termografía es la obtención de imágenes captadas por cámaras infrarrojas, donde se obtienen termogramas (escrituras de temperaturas), conforme observamos en la figura nº 16, donde se interpretan áreas de temperaturas derivado del proceso de difusión, evaporación, condensación del agua, vapor, donde la temperatura del proceso queda expuesta para su interpretación, pudiendo predecir cualquier duda en soldaduras, siendo importante en las practicadas en EPDM, que son más difícil de comprobar, así podemos observar en el termograma de la fig nº 16, como el parche efectuado en la soldadura (fig nº 17), donde el agua de la balsa se encuentra en la margen izquierda de arriba, con temperatura próxima a los 20° C, color violeta y donde se observan dos temperaturas extremas: mínima (cerca del nivel del agua) y máxima, en el mismo parche, donde existe un canal de difusión del punto frío hacia el caliente.

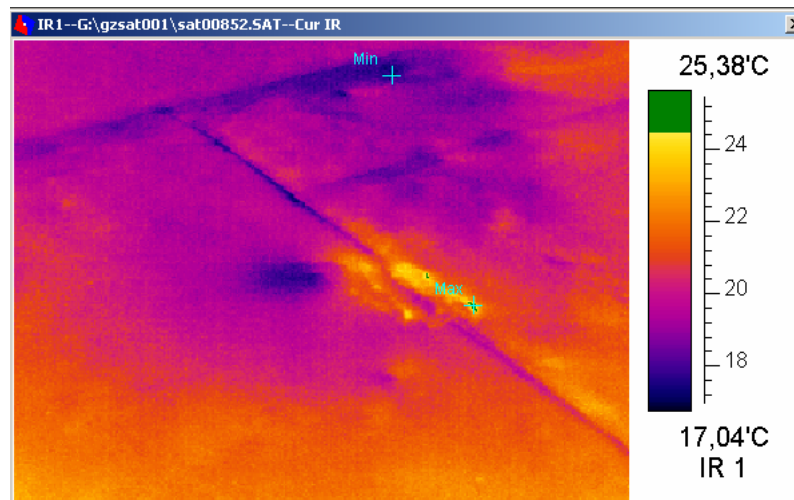


Fig nº 16. Termograma



Fig nº 17. Soldadura en EPDM

Zona de vaporización >>> Paso de líquido a vapor >>> Zonas de temperaturas bajas.
Zona de condensación >>> Paso de vapor a líquido >>> Zonas de temperaturas altas.

Interpretación: En el parche efectuado en la soldadura, existe comunicación de humedad por debajo de la lámina hacia el exterior.