

Última generación en localización de fugas en geomembranas de PEAD – Perspectivas para su uso en el sector de infraestructuras hidráulicas

Bernhard Weiss, ingeniero agrónomo, GSE Lining Technology GmbH

Ramón de los Santos, ingeniero agrónomo

1.0 INTRODUCCIÓN

La ponencia presente tiene como objetivo principal la comunicación de una **sinergia** significativa descubierto recientemente entre dos productos de detección de fugas, potenciando el uno el alcance del otro. Es un ejemplo como la buena comunicación y la creencia en una idea llegan a crear dinámicas nuevas aprovechables en varios sectores.

La presentación se apoya en tres pilares: las pruebas de campo para confirmar un hipótesis de trabajo inicial, su aplicación a escala de obra, y por último su potencial para hacer un paso importante en cuánto a seguridad en infraestructuras hidráulicas nuevas y existentes.

2.0 LAS PRUEBAS: CONFIRMACIÓN DEL HIPÓTESIS DE TRABAJO INICIAL: SINERGÍAS: $1 + 1 = 3$

Al inicio tuvimos dos productos y una idea, simple pero poderosa: la de una sinergia entre ellos. El primer producto es una geomembrana especial de PEAD que lleva un film muy fino conductivo por el lado de abajo, inicialmente pensado y aprovechado en millones de metros cuadrados para pruebas de chispa. El segundo es un sistema electrónico que sabe detectar fugas en geomembranas de PEAD estándares y dar el alarma automático correspondiente. La idea era de unir los dos en un contexto adecuado y observar las posibles sinergías entre ellos.

2.1 PRUEBAS DE CAMPO

El campo de pruebas mide un total de 100 m de longitud por un metro de ancho. Los elementos funcionales de abajo hacia arriba son:

- grava media gruesa,
- un geotextil estándar,
- tres fuentes de energía, conectado al centro de control,
- la geomembrana de PEAD conductiva (Leak Location Liner) por abajo y blanca en su cara vista, así como
- cinco sensores colocados encima de un geotextil mojado, conectados al centro de control.

Figura 1 demuestra el concepto general de un circuito eléctrico que consiste en dos líneas de comunicación: azul y rojo, los dos separados por la geomembrana de PEAD. La línea azul representa la fuente de energía eléctrica llevando a la parte conductiva por debajo de la geomembrana y la línea roja comunica los sensores con el centro de control. Así que la geomembrana cumple la función de aislador eléctrico entre los dos. Mientras la geomembrana no tiene fugas el circuito eléctrico permanece interrumpido; en el caso opuesto, es decir cuando la geomembrana lleva una fuga, el circuito queda cerrado con lo cual los impulsos eléctricos emitidos por una fuente de energía tienen

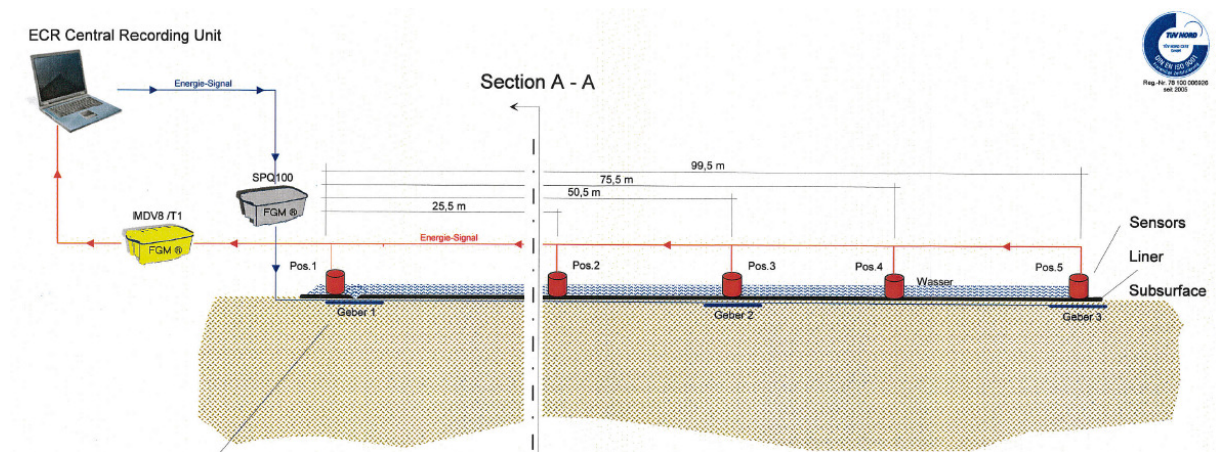


Figura 1: Concepto del campo de pruebas

un paso para pasar al otro lado de la geomembrana donde los sensores registran impulsos en función de su distancia del mismo. Los datos en su conjunto permiten una extrapolación, lo cual lleva a la localización de la fuga.

Figura 2 y 3 son fotos del campo de pruebas y del centro de control. La geomembrana blanca de PEAD con sacos de arena encima del geotextil mojado así como un técnico con sus equipos.



Figura 2: foto del campo de pruebas



Figura 3: foto del centro de control

2.2 PRUEBA 1: PRIMEROS DATOS VISUALIZADOS

La primera prueba consistió en enviar un impulso eléctrico desde la fuente de energía emplazada en el extremo a la izquierda (posición 5) y observar los datos registrados de los sensores. Figura 4 demuestra el campo de potenciales basados en los datos generados. Tal como vemos los potenciales son homogéneos, quiere decir que la geomembrana ha cumplido con su función de aislador eléctrico, y en consecuencia los sensores encima de ella no han registrado nada. Esto significa que

el campo de pruebas no lleva fuga alguna.

Al mismo tiempo vemos que el sensor colocado fuera de la zona impermeabilizada ha registrado una señal fuerte. Este sensor tiene la función autocontrol y así confirma que los componentes del sistema de detección estén conectados correctamente.

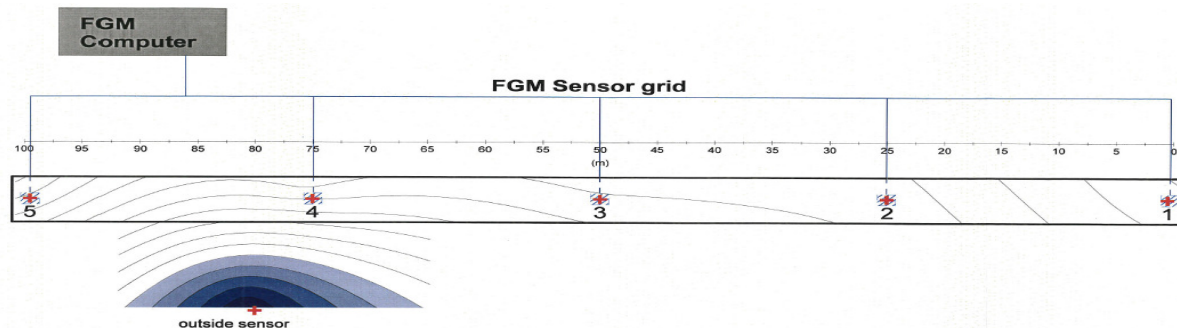


Figura 4: Mapa de potenciales derivado de los datos recogidos de los sensores 1 a 5 (colocados encima de la geomembrana) así como el potencial del sensor colocado fuera de la zona impermeabilizada con geomembrana (outside sensor); resultado: la geomembrana es estanca.

2.3 PRUEBA 2: DATOS VISUALIZADOS

El panorama cambia drásticamente después de que un ingeniero de control de calidad hiciera un agujero en la geomembrana. El tamaño de ese agujero era de un diámetro de 1 mm, aproximadamente. El mapa nuevo no deja dudas: ahora el sensor en la posición 1 había registrado un impulso fuerte. Lo cual quiere decir que el circuito eléctrico entre los dos lados de la geomembrana es continuo. En otras palabras el impulso mandado de la posición 5 (debajo de la geomembrana) llega a través del lado conductivo de la geomembrana hasta la posición 1 del otro extremo del campo de pruebas, pasa al otro lado a través del agujero de control de calidad y desde allí a los sensores encima de la geomembrana.

Observamos que esta vez el sensor de fuera ha quedado a un nivel bajo correspondiente al hecho que en comparación la señal en la posición 1 es muy fuerte.

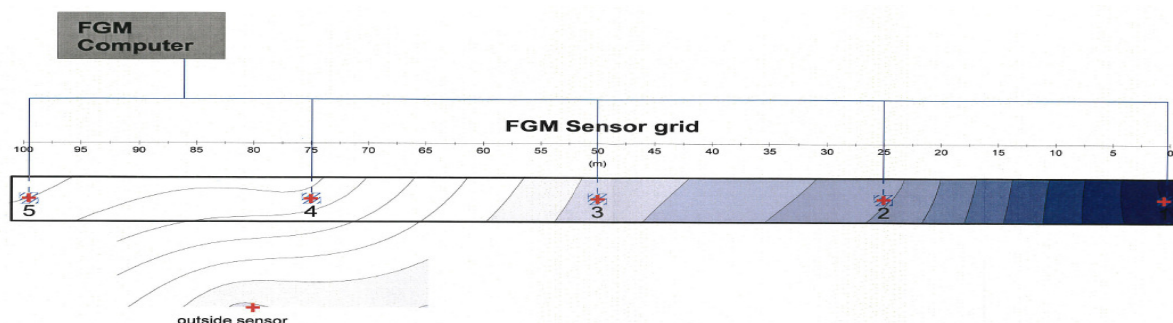


Figura 5: Mapa de potenciales derivado de los datos recogidos de los sensores 1 a 5 (colocados encima de la geomembrana) así como el potencial del sensor colocado fuera de la zona impermeabilizada con geomembrana (outside sensor); resultado: la geomembrana tiene una fuga en posición 1.

2.4 CONCLUSIONES DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

Las conclusiones principales de las pruebas de campo son los siguientes:

- la sinergia entre la geomembrana conductiva (Leak Location Liner) por un lado y la tecnología electronica utilizada en las pruebas por otro ha sido plenamente confirmado
- al día de hoy sabemos que el alcance de comunicación a través del film conductivo es de al menos 100 m.

con estos datos confirmados pasamos directamente a una primera obra, los resultados de la cual se presentan en lo siguiente.

3.0 LA OBRA: DEPÓSITOS DE FANGOS CON VIGILANCIA AUTOMÁTICA DE FUGAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN

El proyecto engloba 3 depósitos que tienen la función de almacenar fangos dragados de ríos de la region con varios niveles de contaminación. Los fangos serán sometidos a varios procedimientos de tratamiento con el fin de recuperar buena parte de ello y reciclarla para su uso posterior.

Como los depósitos se encuentran al lado de un río la zona se considera como medioambientalmente sensible. Por lo tanto se ha decidido de equipar 2 de los 3 depósitos con un sistema de impermeabilización. Mas allá de emplear un sistema de doble geomembrana de PEAD, estos 2 depósitos (depósitos 2 y 3) se diseñaron con un sistema automático de aviso y localización de fugas.

El sistema automático de aviso de fugas elegido para este proyecto vigila de forma permanente la estanqueidad de la geomembrana conductiva superior, que es un Leak Location Liner, y avisa los operadores de cualquier fuga durante la fase operativa de los depósitos.

El sistema de aviso de fugas incluye un total de 7 sensores distribuidos entre los 2 depósitos, vigilando una superficie total de unos 14.000 m². En cuánto una fuga se produzca en la geomembrana superior vigilada (Leak Location Liner) el sistema lo avisa en en la pantalla de control, que está localizada en la caseta de control y así permite a los administradores la toma de decisiones en cuánto a tipo, objetivo y el momento más adecuado para actuaciones correctoras.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS DEL SISTEMA

Figura 6 demuestra un mapa de los 2 depósitos con la distribución de los 7 sensores (CombiModules). Con los sensores cubiertos de 35 cm de arena (Figuras 8 y 9) los cables correspondientes se conectaron con la computadora central ubicada en la caseta de control. La sección de la Figura 7 muestra la secuencia de los materiales empleados además de un sensor en su contexto.

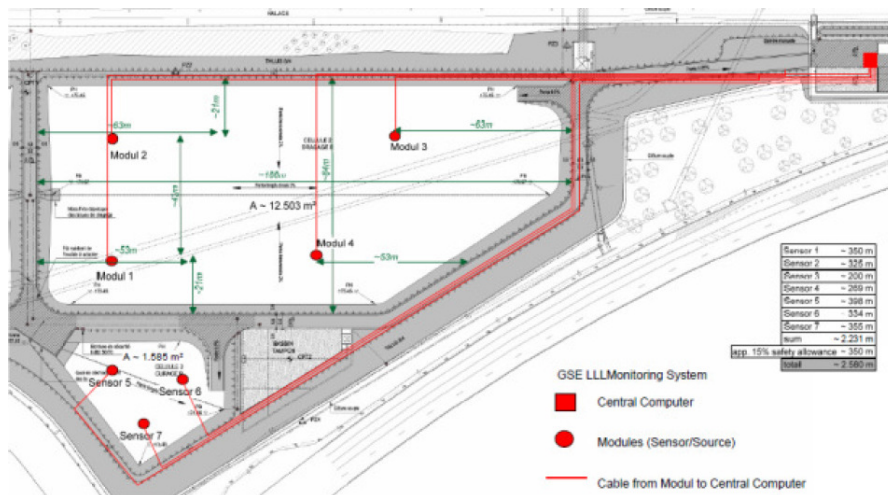


Figura 6: mapa del sitio mostrando la ubicación de los componentes del sistema de vigilancia

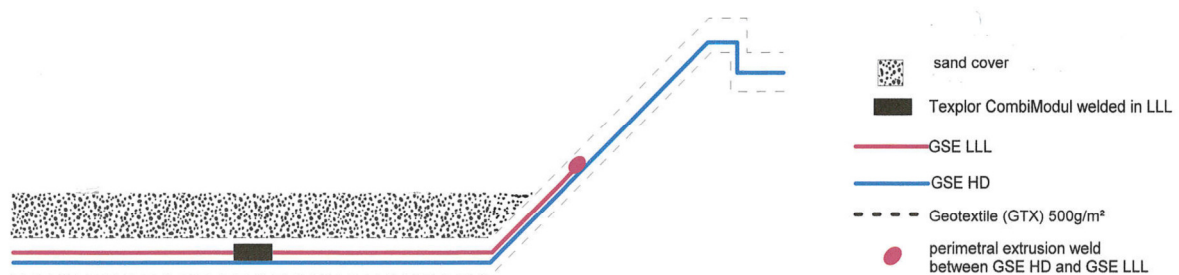


Figura 7: sección mostrando la secuencia de los materiales empleados además de un sensor integrado en el Leak Location Liner (LLL)

3.2 CONFIRMACIÓN INICIAL DEL ESTADO ESTANCO O NO A BASE DE LOS SECTORES DE VIGILANCIA

Los primeros datos confirmaron que la geomembrana superior vigilada del depósito 3 (depósito pequeño) fue sin fugas. Seguido a los pasos iniciales de calibración el sistema de vigilancia se puso en modo automático, lo cual significa que cualquier fuga que se produciese a partir de aquel momento daría alarma de fuga. Este alarma se haría visible en la pantalla táctil de la computadora central con el sector afectado empezando a parpadear. Desde un punto de vista operativo es importante entender que cada sensor tiene un sector de vigilancia asignado. Este hecho se presenta en la Figura 10 mostrando cada sensor con su sector asignado en su color correspondiente.



Figura 8: foto del depósito 2 cubierto de arena



Figura 9: foto del depósito 3 cubierto de arena

ATTACHMENT:
GSE L.L.L. Monitoring System for Cellule 2 + 3
(approx. in total 14,100m²)
orderd configuration for tight-untight
long-term monitoring
(19.07.2013, nb. EBEST109667-5)

Scheme of 7 Monitoring Areas:
4 combimoduls in cellule 2
3 combimoduls in cellule 3

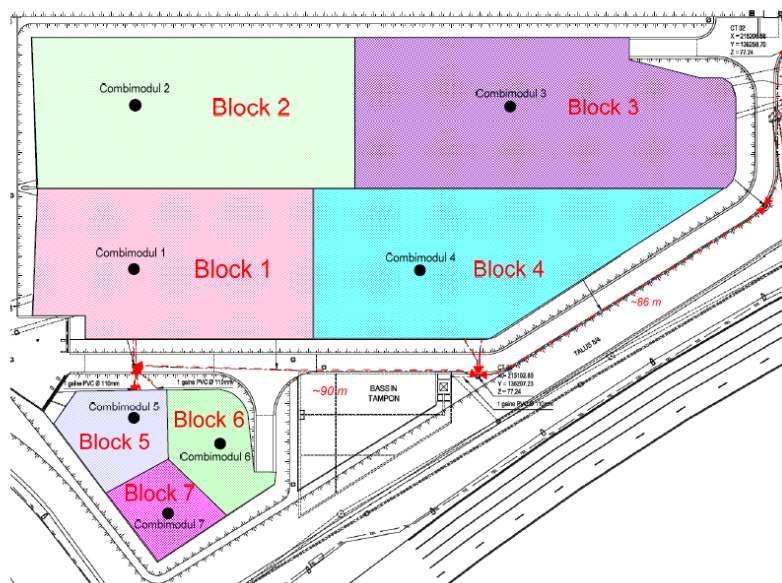


Figura 10: mapa del sitio mostrando las ubicaciones de cada sensor con su sector asignado

3.3 PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD A BASE DE UNA FUGA REAL “A CIEGAS”

3.3.1 Fase 1: identificación del sector (resolución de $\approx 533 \text{ m}^2$, correspondiente al tamaño del sector)

Una vez puesto en modo automático un ingeniero de control de calidad produjo un agujero en la geomembrana de PEAD, apoyándose en los procedimientos descritos en la norma ASTM D 7909. El alarma no tardó en producirse: se hizo visible en el mapa del sitio en la pantalla de control: es decir el sector 6 empezó a parpadear.

3.3.2 Fase 2: buscando el lugar de la fuga dentro del sector en alarma (resolución de $\approx 28 \text{ m}^2$)

Seguido al alarma en el depósito número 3 se generaron más datos los cuales se han ido extrapolando y analizando después. Este procedimiento es el segundo paso decisivo dentro del método empleado: el acercamiento al lugar de la fuga hasta un nivel “práctico”. La Figura 11 demuestra el depósito número 3 alargado con las ubicaciones de los sensores así como un extracto del mapa de niveles de energía registrados por los sensores.

El aspecto más importante de la Figura 11 es el círculo de un radio de unos 3 m, aproximadamente. Según los datos registrados e interpretados este círculo representa el área donde se sospechó la fuga, basándose en los datos registrados de los 3 sensores en el depósito 3. En otras palabras la zona de búsqueda se redujo a unos 28 m^2 , lo cual sería el nivel práctico como venía definido más arriba.

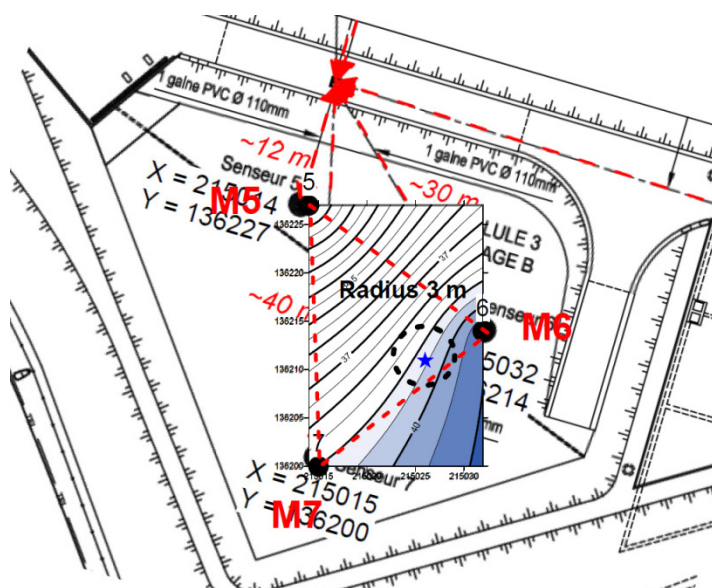


Figura 11: depósito pequeño mostrando las ubicaciones de los sensores, niveles de energía registrados además de un círculo de la línea de puntos de un radio de unos 3 m identificando el area más sospechoso en cuánto a lugar de la fuga

3.3.3 Fase 3: encontrar el daño en la geomembrana sobre el campo (resolución de $\approx 3 \text{ m}^2$ o menos)

A base de la zona de búsqueda reducida a unos 28 m^2 que viene indicada con el círculo con línea de puntos en la Figura 11, se utilizó la version móvil de la misma tecnología para generar nuevos datos desde dentro del depósito, es decir desde encima de la arena. El objetivo era de identificar el lugar exacto de la fuga sobre el campo con una exactitud de un círculo con radio de un metro, aproximadamente, así como proceder a su excavación hasta encontrar la fuga.

Seguido a la interpretación de los nuevos datos generados se estimó el lugar de la fuga y se empezó a excavar en este punto. Con los 35 cm de arena removidos el agujero “a ciegas” se encontró a una distancia de unos 60 cm del lugar calculado, es decir del lugar dónde se había empezado a excavar (véase la Figura 12). Esto corresponde a una resolución de justo por encima de 1 m^2 .



Figura 12: el mango de la pala a la izquierda indica el lugar donde se había empezado a excavar; el agujera de la geomembrana se encuentra al inicio del metro plegable.

4.0 PERSPECTIVAS PARA LA PRÓXIMA GENERACIÓN EN DETECCIÓN DE FUGAS EN EL SECTOR DE LAS INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Tanto las pruebas de campo como la obra han demostrado los aspectos fundamentales de la próxima generación en detección de fugas: las sinergías tecnológicas significantes entre los 2 productos aplicados así como una primera cuantificación.

Los hechos presentados y las conclusiones derivados de ellos tienen seguramente una importancia con calado. En este sentido parece fundamental iniciar la comunicación de los hechos expuestos arriba con el fin de llegar a un intercambio de ideas y necesidades con otros sectores como por ejemplo con profesionales del sector de las infraestructuras hidráulicas.

En este sentido quisiéramos ampliar las vistas y exponer unas líneas generales que no son tan obvios de los datos presentados. En referencia al sistema de detección de fugas las líneas generales se fundamentan en los siguientes hechos:

- los componentes del sistema se colocan después de la instalación de la geomembrana,
- el sistema de por si funciona también para geomembranas estándares, aunque sin los efectos sinérgicos
- el sistema tiene una gran flexibilidad para adaptarse a las necesidades de cada obra
- es compatible con otros métodos de detección de fugas como las pruebas de chispa ASTM D 7240-06 o el método del dipole según la norma ASTM D 7007-09,

- dado su gran flexibilidad en cuanto a opciones básicas y su compatibilidad con otros métodos de campo el sistema invita colaboraciones y el desarrollo de nuevas perspectivas.

Estos pocos puntos llevan directamente a dos apartados principales:

- obra nueva y
- obra existente

los cuales se exponen en lo siguiente.

4.1 OBRA NUEVA EN INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Esta opción es la más obvia porque sigue las líneas tanto de las pruebas de campo como también la obra descrita arriba. En una lista de tipo de obras las más obvias son las balsas de riego, los canales y presas.

Consideraciones bastante conservadoras y datos que ya han sido confirmados nos llevan a concluir que se pueden vigilar un mínimo de 3.000 m² por un sensor. Esto se traduce en 15 sensores y sectores correspondientes en una obra de unos 45.000 m² impermeabilizado con geomembrana de PEAD conductiva tipo Leak Location Liner. Tal como hemos visto en la obra descrita arriba el procedimiento de localización de una fuga pasaría por los mismos pasos descritos antes: identificación inmediato del sector afectado, localización de la fuga hasta un nivel “práctico” con métodos remotos, y la localización de la fuga con equipos de campo adecuados.

Siendo esto el modelo principal, se pueden derivar varios modelos más de ello dependiendo de las necesidades y objetivos de la obra.

4.2 OBRA EXISTENTE EN INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

La propiedad que más destaca en esta tecnología presentada y la cual de hecho la hace única es su compatibilidad con obras existentes.

Toda obra con geomembrana de PEAD accesible como es el caso de la gran parte de balsas de agua para riego se puede equipar con esta tecnología de vigilancia automática permanente. Eso sí, con la desventaja de no disponer de los efectos sinérgicos que se obtienen con la geomembrana conductiva del tipo Leak Location Liner.

Haciendo referencia a la obra modelo del apartado anterior de una balsa con 45.000 m² de geomembrana de PEAD, esta vez del tipo estándar, harían falta 45 sensores en vez de los 15 en el caso del Leak Location Liner. Es obvio que el hecho de necesitar tantos sensores más afecta a la viabilidad económica. En todo caso sería buscar el equilibrio entre los aspectos económicos y unas necesidades puntuales de reducir un riesgo concreto. Candidatos a ello son seguramente sobre todo las balsas de categoría A.

En este apartado se puede pensar genéricamente en una balsa que haya dado problemas de fugas a lo largo de sus años de servicio, o el desear un control administrativo mejorado en puntos particulares como la salida de fondo o alguna pared especialmente sensible.

De todas maneras se trata siempre de una tecnología que no ha sido disponible hasta ahora y que abre nuevas perspectivas en cuanto a todo aspecto de seguridad y mantenimiento.

En este contexto la tecnología propuesta podría abrir nuevos caminos en cuanto a su integración en planes de emergencia y mantenimiento, dando la seguridad de tener las informaciones técnicas adecuadas en el momento justo. Presenta la oportunidad de ser informado de un problema de fugas mientras esté aún pequeño y controlable.

En conclusion: España es seguramente entre los países con las infraestructuras hidráulicas más desarrolladas. Tal como han ido creciendo esas infraestructuras han crecido también los conocimientos y experiencias de los profesionales del sector. Esto incluye todos los aspectos: desde el diseño a la construcción hasta su gestión y mantenimiento. Es por eso que estamos convencidos de poder conseguir, junto con la experiencia profesional del sector, que la gran flexibilidad del método se traduzca en el desarrollo de una variedad de soluciones innovativas adaptándose cada una a las exigencias individuales cada vez más grandes en temas de control de riesgos y seguridad.