



CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES GEOSINTÉTICOS EN BALSAS DE RIEGO

Ramón Díaz Arranz

Laboratorio acreditado



- Control de calidad de materiales geosintéticos en la construcción de la balsa de riego
- Control de calidad de materiales geosintéticos durante los años de servicio de la balsa de riego

Plan de Control de Calidad (PCC) durante fase constructiva según norma UNE 104427:2010

- Plan de Control de Calidad de materiales geosintéticos mediante ensayos de laboratorio
- Plan de Control de Calidad de la instalación en obra de materiales geosintéticos

Plan de Control de Calidad de materiales en laboratorio

- GEOMEMBRANA :
- Polietileno de Alta Densidad (PEAD 1,5 mm LISA)
- Superficie : 62.000 m²
- Frecuencia de muestreo : según norma UNE 104427:2010
- Número de muestreos : 3

ENSAYOS SEGÚN NORMA UNE 104427:2010

- Densidad UNE EN ISO 1183-1:2013 (método A)
- Espesor UNE EN 1849-2:2010
- Resistencia al desgarrar UNE ISO 34-1:2011 Método B, procedimiento (a)
- Tracción (T y L) y Alargamiento UNE EN ISO 527-1:2012, UNE EN ISO 527-3:1996, UNE EN ISO 527-3:1996/ AC:2002 (probeta tipo 5)
- Índice de fluidez UNE EN ISO 1133-1:2012 (método A)
- Contenido de negro de carbono UNE 53375-1:2007
- Dispersión de negro de carbono ISO 18553:2002 (y Amd 1:2007)
- Resistencia a la perforación estático CBR UNE EN ISO 12236:2007
- Tiempo de inducción oxidativa UNE EN 728:1997
- Resistencia a la fisuración bajo tensión en un tensoactivo, Stress Cracking 300 h (SP-NCTL) UNE EN 14576:2006 o ASTM D 5397-99 (uno por obra)

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN/RECHAZO SEGÚN NORMA UNE 104427:2010

ENSAYO	NORMA	VALOR RECOMENDADO UNE 104427:2010
Densidad	UNE EN ISO 1183-1:2013 (método A)	$\geq 0.940 \text{ g/m}^3$
Espesor	UNE EN 1849-2:2010	\geq del valor nominal
Resistencia al desgarró	UNE ISO 34-1:2011 Método B, procedimiento (a)	$\geq 135 \text{ N / mm}$
Resistencia a la tracción	UNE EN ISO 527-1:2012, UNE EN ISO 527-3:1996, UNE EN ISO 527-3:1996/ AC:2002 (probeta tipo 5)	Resistencia a la tracción a la rotura $\geq 26 \text{ Mpa}$ Tracción en el límite elástico $\geq 16 \text{ Mpa}$
Alargamiento	UNE EN ISO 527-1:2012, UNE EN ISO 527-3:1996, UNE EN ISO 527-3:1996/ AC:2002 (probeta tipo 5)	Alargamiento en la rotura $\geq 700 \%$ Alargamiento en el límite elástico $\geq 8 \%$

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN/RECHAZO SEGÚN NORMA UNE 104427:2010

ENSAYO	NORMA	VALOR RECOMENDADO UNE 104427:2010
Índice de fluidez	UNE EN ISO 1133-1:2012 (método A) 190 °C; 2,16 Kg	≤ 1 g/10 min
Contenido de Negro de Carbono	UNE 53375-1:2007	2.25 % \pm 0.25
Dispersión de Negro de Carbono	ISO 18553:2002 (y Amd 1:2007)	≤ 3
Resistencia al punzonado estático CBR	UNE EN ISO 12236:2007	$\geq 3,5$ KN
Tiempo de inducción oxidativa	UNE EN 728:1997	≥ 100 minutos
Stress Cracking 300 h (SP-NCTL)	UNE EN 14576:2006 o ASTM D 5397-99	≥ 300 horas

Plan de Control de Calidad de materiales en laboratorio

- GEOTEXTIL PP 300 g/m² (función protección):
- Superficie : 62.000 m²
- Frecuencia de muestreo : según norma UNE 104427:2010
- Número de muestreos : 3

ENSAYOS SEGÚN NORMA UNE 104425:2001

- Peso total unitario UNE EN ISO 9864:2005
- Tracción y alargamiento UNE EN ISO 10319:2015
- Resistencia a la perforación estático CBR UNE EN ISO 12236:2007
- Resistencia a la perforación dinámica por caída de cono UNE EN ISO 13433:2007.
- Espesor bajo carga de 2 KN/m² UNE EN ISO 9863-1:2005.
- Determinación de la materia prima (DSC) Calorimetría diferencial.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN/RECHAZO SEGÚN NORMA UNE 104425:2001

ENSAYO	Valor mínimo GTX bajo GMB	Valor mínimo GTX sobre GMB	NORMA
Peso unitario	$\geq 200 \text{ g/m}^2$	$\geq 300 \text{ g/m}^2$	UNE EN ISO 9864
Resistencia a perforación CBR	$\geq 1000 \text{ N}$	$\geq 2000 \text{ N}$	UNE EN ISO 12236
Resistencia por caída de cono	$\leq 23 \text{ mm}$	$\leq 17 \text{ mm}$	UNE EN ISO 13433:2007
Resistencia a tracción	$\geq 4 \text{ kN/m}$	$\geq 8 \text{ kN/m}$	UNE EN ISO 10319
Alargamiento	$\geq 50 \%$	$\geq 50 \%$	UNE EN ISO 10319
Espesor	$\geq 2 \text{ mm}$	$\geq 3 \text{ mm}$	UNE EN ISO 9863-1
Determinación de la Materia Prima (DSC)	100 % polipropileno	100 % polipropileno	Calorimetría diferencial

MUESTREOS SEGÚN UNE EN ISO 9862:2005

- Los muestreos deben tomarse de rollos distintos y que pertenezcan, en la medida de lo posible, a lotes de fabricación diferentes.
- El tamaño de las muestras deben ser de todo el ancho del rollo y aproximadamente 1-1,5 metros de largo.
- Las muestras serán codificadas según UNE EN ISO 10320:1999

Plan de Control de Calidad (PCC) durante fase constructiva según norma UNE 104427:2010

- Plan de Control de Calidad de materiales geosintéticos mediante ensayos de laboratorio
- Plan de Control de Calidad para la instalación en obra de materiales geosintéticos

CONTROL DE CALIDAD DE INSTALACIÓN DE GEOSINTÉTICOS

- Comprobación del terreno de apoyo de los materiales geosintéticos
- Control de calidad de las soldaduras por termofusión.
- Control de calidad de las soldaduras por extrusión.
- Trazabilidad de la lámina PEAD
- Control de calidad de los aspectos relacionados a la instalación.

Comprobación del terreno de apoyo de los materiales geosintéticos

- La norma UNE 104427:2010 indica que la superficie de apoyo debe ser:
- Una superficie plana y suficientemente compactada sin hundimientos, asientos, cavidades, grietas, etc...
- Una superficie libre de objetos punzantes como granulometrías grandes, cantos angulosos, ferrallas, raíces, etc...

Control de calidad de las soldaduras por termofusión

- Se ensayarán el 100 % de las soldaduras de termofusión mediante los siguientes ensayos:
- Comprobación de estanqueidad del canal central de soldadura por ensayo de aire a presión según norma UNE 104 481:2010 Parte 3-2
- Ensayo de desgarrado/pelado mediante Tensiómetro de campo según norma UNE 104304:2015
- Comprobación del espesor de cada cordón de soldadura según normas UNE 104425:2001 Anexo B, UNE 104427:2010 Apdo.7.21

Comprobación de estanqueidad del canal central de soldadura por ensayo de aire a presión según norma UNE 104 481:2010 Parte 3-2



- Criterio de aceptación/rechazo
- No se aceptarán disminuciones mayores del **10 %** de la presión administrada, tal como indica la norma UNE 104 481:2010 Parte 3-2

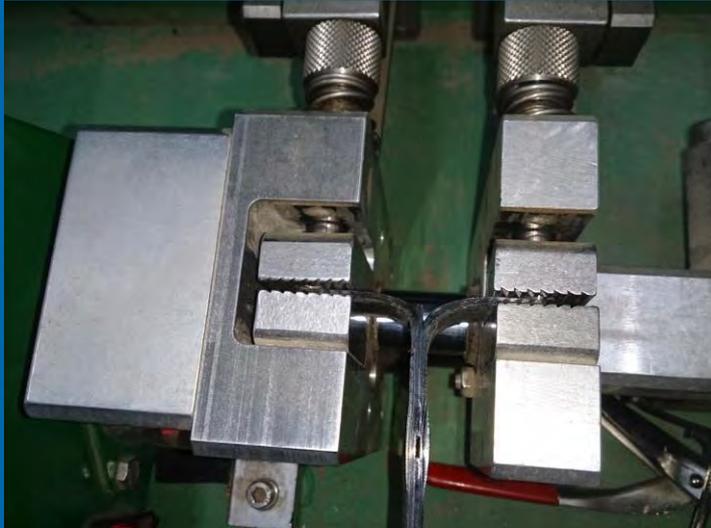
Comprobación de estanqueidad del canal central de soldadura por ensayo de aire a presión según norma UNE 104 481:2010 Parte 3-2



Comprobación de estanqueidad del canal central de soldadura por ensayo de aire a presión según norma UNE 104 481:2010 Parte 3-2



Ensayo de desgarro/pelado mediante Tensiómetro de campo según norma UNE 104304:2015



- Criterio de aceptación/rechazo
- No se aceptaran roturas en la zona de soldadura. La probeta debe romper por la zona inmediatamente contigua a la zona soldada.
- El valor de rotura será superior al marcado por la normativa de aplicación (UNE 104427:2010)

Ensayo de desgarr/pelado mediante Tensiómetro de campo UNE 104304:2015



Ensayo de espesor de cada cordón de soldadura según normas UNE 104425:2001 Anexo B, UNE 104427:2010 Apdo.7.21



Ensayo de espesor de cada cordón de soldadura según normas UNE 104425:2001 Anexo B, UNE 104427:2010 Apdo.7.21



- Criterio de aceptación/rechazo
- La reducción máxima y mínima admisible del espesor de cada cordón de soldadura debe ser de entre 0,2 mm-0,8 mm

Control de calidad de las soldaduras por extrusión.

- Se ensayarán el 100 % de las soldaduras de extrusión mediante los siguientes ensayos:
- Comprobación de estanqueidad mediante el método de la campana de vacío según norma UNE 104425:2001 Anexo C, UNE 104427:2010 Apdo.7.22
- Comprobación de estanqueidad mediante el método del potenciómetro de campo (Chispómetro) Spark Test UNE EN 13100-4:2013

Comprobación de estanqueidad mediante el método de la campana de vacío según UNE 104425:2001 Anexo c UNE 104427:2010 apdo. 7.22



- Criterio de aceptación/rechazo
- No se aceptaran aquellas soldaduras que muestren burbujas como reflejo de entrada de aire

Comprobación de estanqueidad mediante el método de la campana de vacío según UNE 104425:2001 Anexo c UNE 104427:2010 apdo. 7.22



Comprobación de estanqueidad mediante el método de la campana de vacío según UNE 104425:2001 Anexo c UNE 104427:2010 apdo. 7.22



Comprobación de estanqueidad mediante el método del potenciómetro de campo (Chispómetro) Spark Test UNE EN 13100-4:2013



- Criterio de aceptación/rechazo
- No se aceptarán soldaduras que al pasar el chispómetro salten chispas como reflejo de establecerse conexión eléctrica.
- En obras con presencia de biogás no se aplicará este método

Comprobación de estanqueidad mediante el método del potenciómetro de campo (Chispómetro) Spark Test UNE EN 13100-4:2013



Comprobación de estanqueidad mediante el método del potenciómetro de campo (Chispómetro) Spark Test UNE EN 13100-4:2013



FICHAS DE ENSAYO

- Todos los resultados de los ensayos descritos serán recogidos en fichas de campo que serán integradas en el informe final.

FICHA DE CAMPO (PT-02-R02 Rev. 2)

Cordon A Cordon B



ESPESOR DE PROBETA [mm] UNE-EN 1849-2:2010

Nº Soldadura	Lámina 1	Lámina 2	L1+L2	Cordón A	Cordón B	Dif.C.A	Dif.C.B	Observ
S. 1	2	2	4	3,5	3,6	0,5	0,4	Correcta
S. 2	2	2	4	3,5	3,6	0,5	0,5	Correcta
S. 3	2	2	4	3,5	3,5	0,5	0,5	Correcta
S. 4	2	2	4	3,5	3,5	0,4	0,5	Correcta
S. 5	2	2	4	3,5	3,6	0,5	0,5	Correcta
S. 6	2	2	4	3,5	3,5	0,5	0,5	Correcta
S. 7	2	2	4	3,5	3,4	0,5	0,6	Correcta
S. 8	2	2	4	3,5	3,5	0,4	0,5	Correcta
S. 9	2	2	4	3,5	3,5	0,5	0,5	Correcta
S. 10	2	2	4	3,5	3,5	0,5	0,5	Correcta

PRUEBA DE TRACCIÓN Y PELADO UNE 104324:2000(N)

Nº Soldadura	Ancho Probeta (mm)	Tracción máxima (N)				Tmax / Ancho (N/mm)	Requisito Norma (N/mm)	Valoración
		Cordón A		Cordón B				
S. 1	25	625	512	25	20	20	Correcta	
S. 2	25	561	510	23	20	20	Correcta	
S. 3	25	520	522	21	21	20	Correcta	
S. 4	25	520	539	21	22	20	Correcta	
S. 5	25	516	551	21	22	20	Correcta	
S. 6	25	556	526	22	21	20	Correcta	
S. 7	25	545	508	22	20	20	Correcta	
S. 8	25	566	596	23	24	20	Correcta	
S. 9	25	584	544	23	22	20	Correcta	
S. 10	25	533	575	21	23	20	Correcta	

COMPROBACIÓN DE LA ESTANQUEIDAD DE LAS UNIONES, MÉT. DE AIRE A PRESIÓN EN EL CANAL DE PRUEBA. UNE 104461-3-2:2010(+) "Amparado por la acreditación ENAC"

Nº Soldadura	Hora		Presión (kPa)		Presión (%)		Observaciones
	Inicio	Final	Inicio	Final	Dif.Presión	U (n=2,00)	
S. 1	11:50	11:55	200	200	0	4	Correcta
S. 2	12:10	12:15	200	200	0	4	Correcta
S. 3	12:30	12:35	200	200	0	4	Correcta
S. 4	12:40	12:45	200	190	5	4	Correcta
S. 5	15:00	15:05	200	190	5	4	Correcta
S. 6	15:10	15:15	200	200	0	4	Correcta
S. 7	15:45	15:50	200	190	5	4	Correcta
S. 8	15:55	16:00	200	200	0	4	Correcta
S. 9	16:20	16:25	200	200	0	4	Correcta
S. 10	16:35	16:40	200	200	0	4	Correcta

Resp. Emisión: Técnico de Campo
16/06/2011



Solamente están amparados por la acreditación los ensayos expresamente identificados como tales (+)

ENSAYO DE VACÍO(+) Equipo: C 04

UNE 104425:2001 Anexo C: UNE 104427:2010 Apdo. 7.2.2 "Amparado por la acreditación ENAC"

Campana de Vacío - Presión vacío (kPa)		
Nº Parche / Refuerzo	Presión	Valoración
PT. 1	-40	Correcta
PT. 2	-40	Correcta
PT. 3	-40	Correcta
PT. 4	-40	Correcta
PT. 5	-40	Correcta
PT. 6	-40	Correcta
PT. 7	-40	Correcta
PT. 8	-40	Correcta
PT. 9	-40	Correcta
PT. 10	-40	Correcta
PT. 11	-40	Correcta
PT. 12	-40	Correcta
PT. 13	-40	Correcta
PT. 14	-40	Correcta

LABORCONTROL SEGUROS, S.L.
C/da MAESTRO APLICADO MARIANO DE VUELTA, P.O. BOX 17000, SAN JOSÉ, C.R.
TEL: 2220 07 00 FAX: 2220 07 00
E-MAIL: laborcontrol@laborcontrol.com www.laborcontrol.com

Realizado por:
Miguel Blasco
Técnico de Campo
Fecha: 12/06/2013

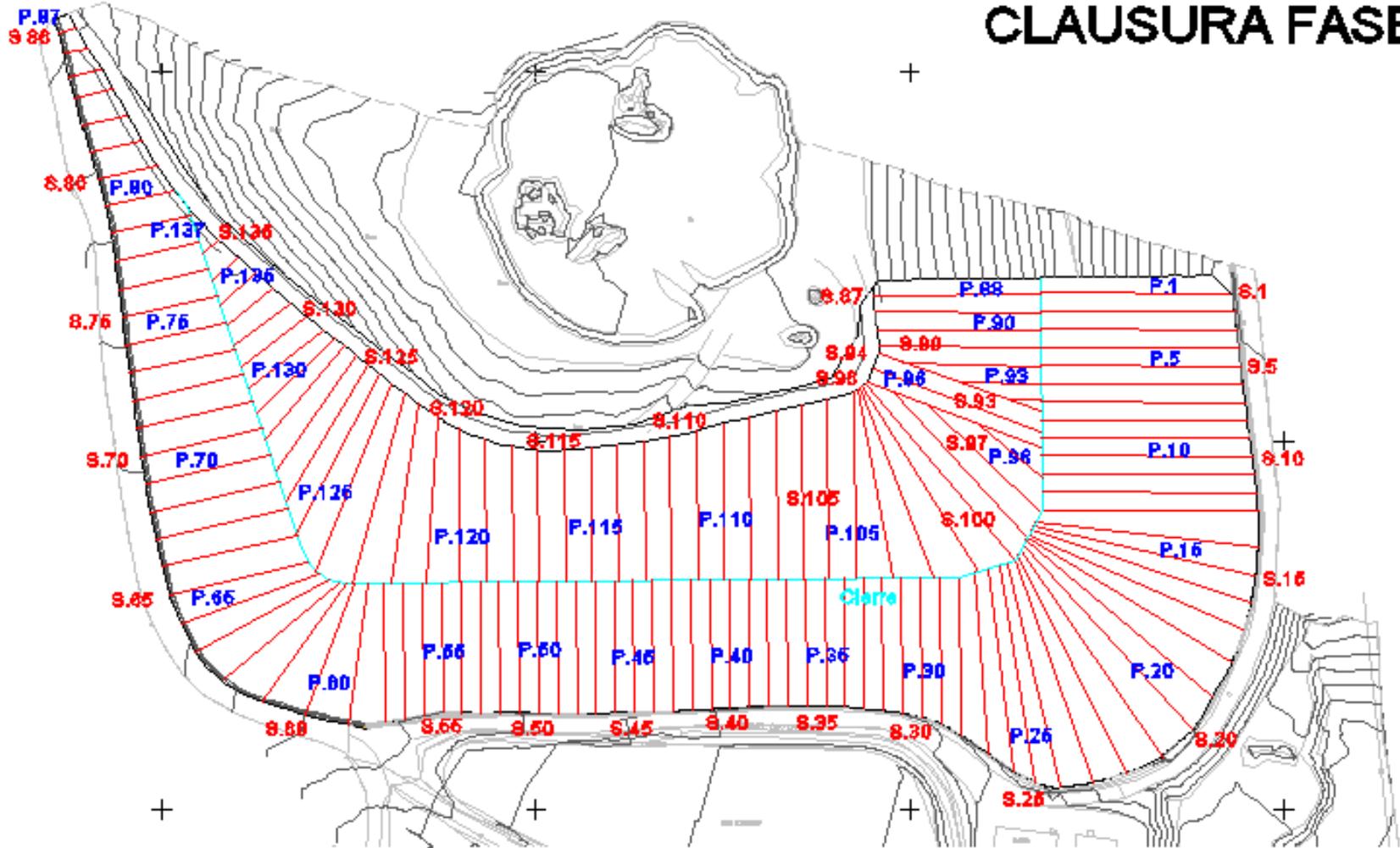
LABORCONTROL SEGUROS, S.L.
C/da MAESTRO APLICADO MARIANO DE VUELTA, P.O. BOX 17000, SAN JOSÉ, C.R.
TEL: 2220 07 00 FAX: 2220 07 00
E-MAIL: laborcontrol@laborcontrol.com www.laborcontrol.com

Supervisado por:
Alfonso Romero
Responsable Técnico
Fecha: 22/10/2013

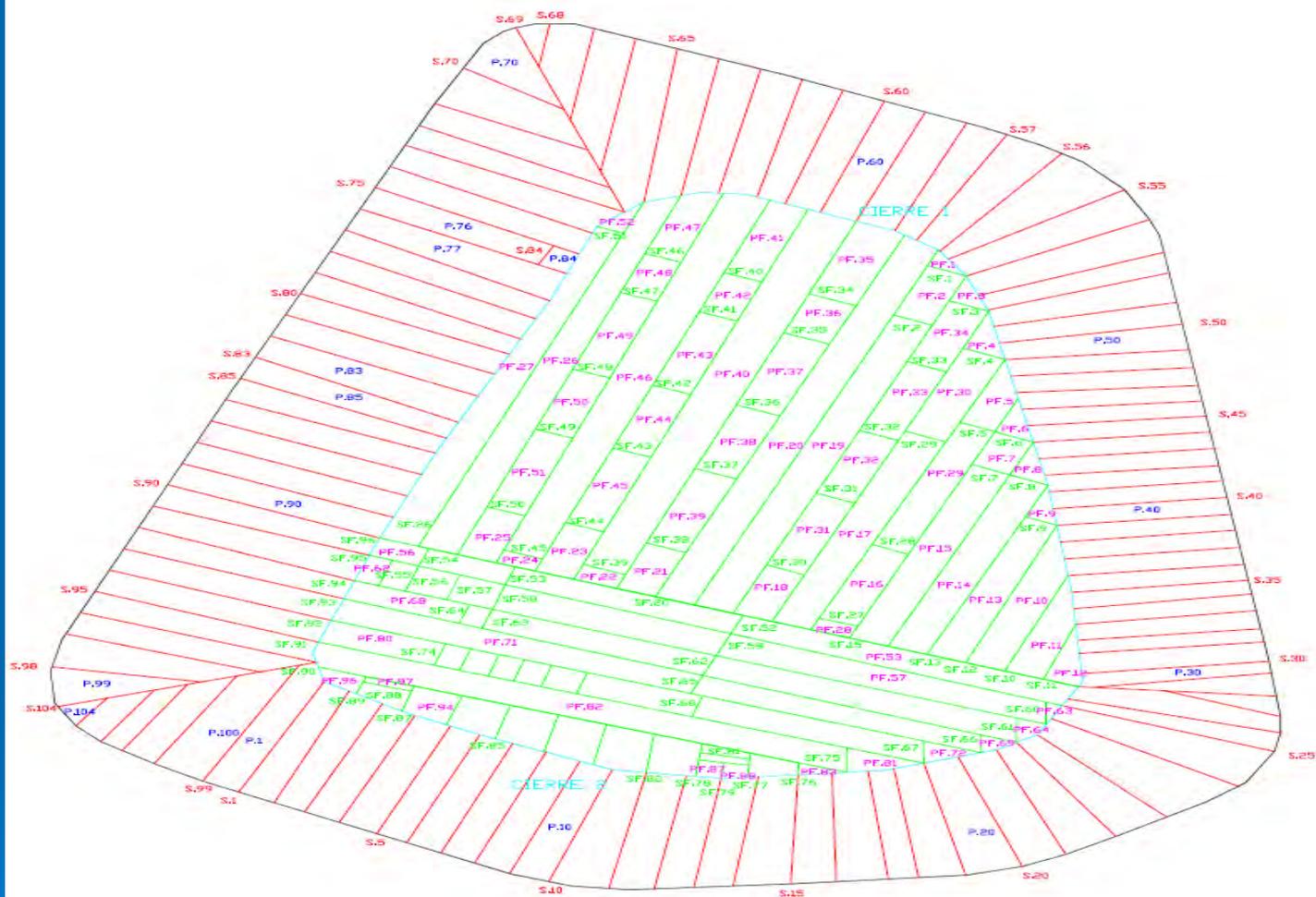
Control de calidad de los aspectos relacionados a la instalación

- Comprobación del terreno de apoyo de los materiales geosintéticos
- Correcto despliegue de los distintos materiales geosintéticos
- Elaboración del plano de despiece incluyendo identificación y situación de los materiales (**trazabilidad**) y de los ensayos, reparaciones y refuerzos.

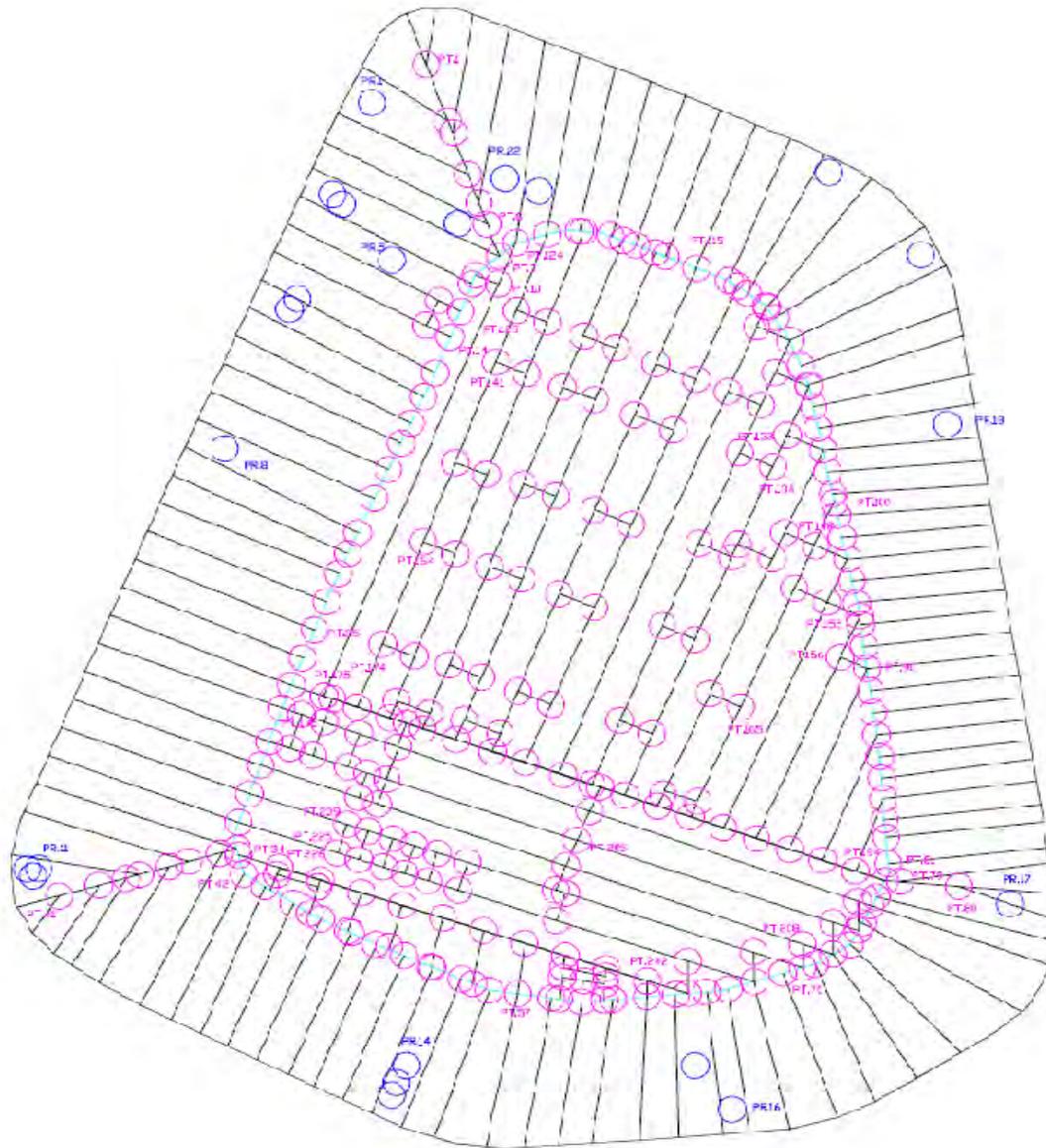
CLAUSURA FASE I



SOLDADURAS DE TERMOFUSIÓN
SOLDADURA DE EXTRUSIÓN DE CIERRE
PAÑOS



- SOLDADURAS DE TALUD
- PAROS DE TALUD
- SOLDADURAS DE FONDO
- PAROS DE FONDO
- CIERRE



LISTADO DE IDENTIFICACION DE SOLDADURAS		PT-02-R03	Rev. 0
OBRA: Celda 4		Fecha: 04/10/13	
Referencia/Número de Rollo	Paño	Soldadura	
120918AS	P. 1	S. 1	
120918AS	P. 2		
120918AS	P. 2	S. 2	
121123CG	P. 3		
121123CG	P. 3	S. 3	
121123CG	P. 4		
121123CG	P. 4	S. 4	
130109BS	P. 5		
130109BS	P. 5	S. 5	
130109BS	P. 6		
130109BS	P. 6	S. 6	
130109BQ	P. 7		
130109BQ	P. 7	S. 7	
130109BQ	P. 8		
130109BQ	P. 8	S. 8	
120918AR	P. 9		
120918AR	P. 9	S. 9	
120918AR	P. 10		
120918AR	P. 10	S. 10	
120918AQ	P. 11		
120918AQ	P. 11	S. 11	
120918AQ	P. 12		
120918AQ	P. 12	S. 12	
120918AN	P. 13		
120918AN	P. 13	S. 13	
120918AN	P. 14		
120918AN	P. 14	S. 14	
121012CC	P. 15		
121012CC	P. 15	S. 15	
121012CC	P. 16		

Resp. Emisión: Técnica de Campo
25/09/2009

Anexo III

1

Control de calidad de los aspectos relacionados a la instalación

- Verificación de los certificados del fabricante respecto a las especificaciones de proyecto y/o normativa
- Comprobación sistemática (trials) de los parámetros de soldadura de termofusión (temperatura, presión de rodillos y velocidad de avance)
- Comprobación sistemática (trials) de los parámetros de soldadura de extrusión (temperatura del extrudado)

Control de calidad de los aspectos relacionados a la instalación

- Correcto solape entre materiales.
- Correcta ejecución de anclajes en zanjas, bermas y taludes.
- Elaboración del informe final de obra recogiendo todas las actividades realizadas, tanto en laboratorio como en obra

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE GEOSINTÉTICOS ENTIDAD ACREDITADA

- Se deberá exigir que la empresa encargada del control de calidad de geosintéticos sea una entidad acreditada por ENAC según norma UNE EN ISO/IEC 17025:2005 para la realización de todos los ensayos, tanto los ensayos de laboratorio como los ensayos en obra.
- El laboratorio de control de calidad será entidad **independiente** sin ningún tipo de vínculo con el resto de participantes en la obra, especialmente con suministradores e instaladores de geosintéticos.

- Control de calidad de materiales geosintéticos en la construcción de la balsa de riego
- Control de calidad de materiales geosintéticos durante los años de servicio de la balsa de riego

- Qué hacer antes de que aparezcan los problemas
- Qué hacer cuando aparecen los problemas

QUÉ HACER ANTES DE QUE APAREZCAN LOS PROBLEMAS

INPECCIONES PERIODICAS DE LA BALSA Y SU IMPERMEABILIZACIÓN

VISUALES

- Estado general
- Anclajes
- Drenajes
- Tensiones
- Aspecto de la lámina y las soldaduras

QUÉ HACER ANTES DE QUE APAREZCAN LOS PROBLEMAS

➤ ANALÍTICAS

Ensayo de las propiedades mecánicas

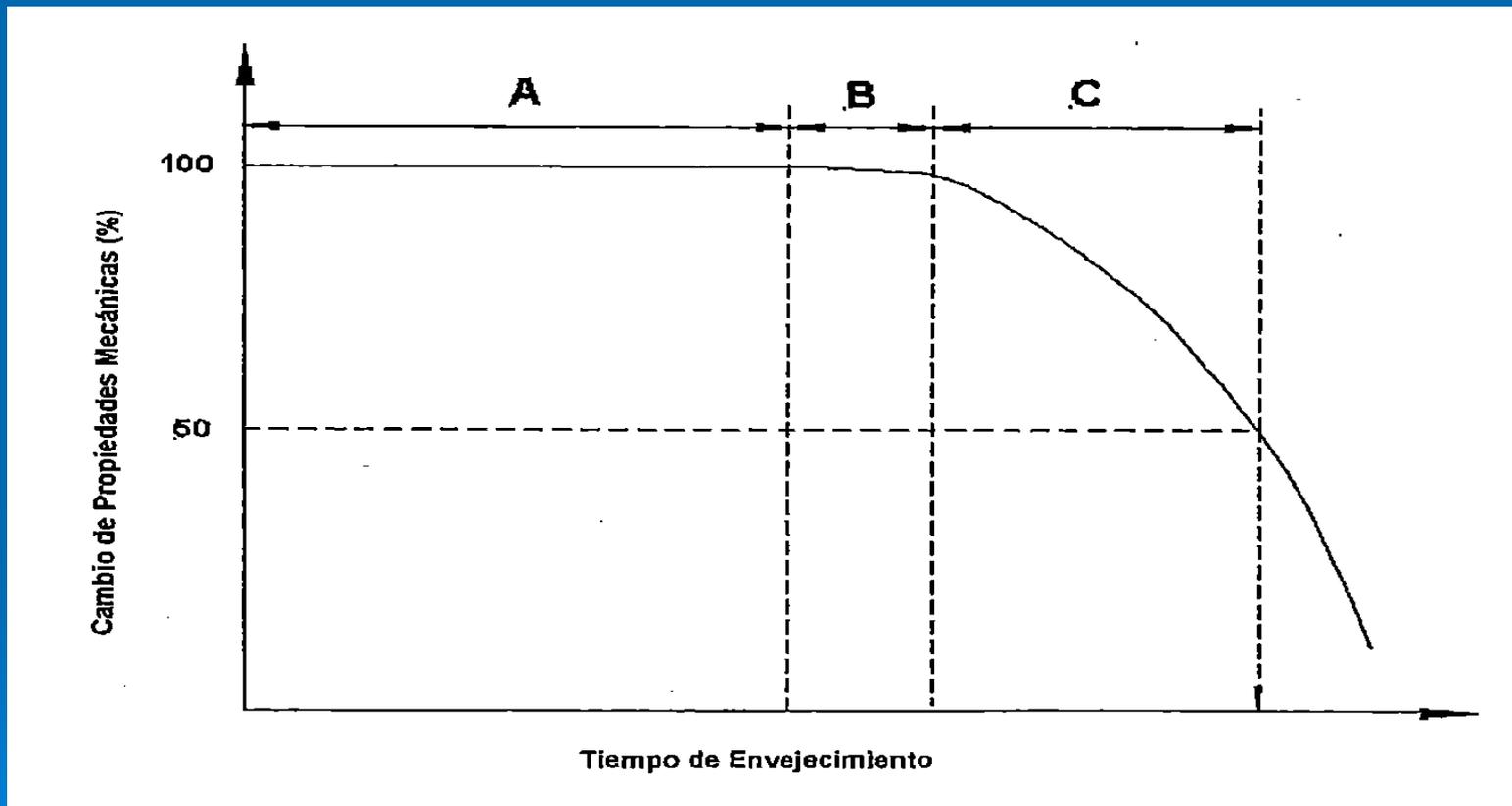
- Tracción y alargamiento
- Desgarro
- CBR
- Desgarro/pelado de las soldaduras

Ensayo de las propiedades que determinan la durabilidad

- Ensayo de Stress Cracking
- Ensayo de contenido y dispersión del negro de carbono
- Ensayo de la determinación del tiempo de inducción oxidativa

QUÉ HACER ANTES DE QUE APAREZCAN LOS PROBLEMAS

- Ensayo de determinación del tiempo de inducción oxidativa



QUÉ HACER ANTES DE QUE APAREZCAN LOS PROBLEMAS

➤ ZONA A:

Corresponde con el periodo en el que la lámina presenta antioxidantes y por tanto la lámina no presenta problemas

➤ ZONA B:

El contenido de antioxidantes se acerca a cero y comienzan las reacciones de oxidación que inician la disminución de las propiedades mecánicas. Los problemas están cerca

➤ ZONA C:

No hay antioxidantes y las reacciones de oxidación reducen drásticamente las propiedades mecánicas. Los problemas aparecen

QUÉ HACER ANTES DE QUE APAREZCAN LOS PROBLEMAS

➤ CONCLUSIONES

- La determinación de la vida útil de una lámina impermeabilizante requiere el análisis de sus propiedades mecánicas y de sus propiedades de durabilidad:
- Ensayo de Tracción y alargamiento
- Ensayo de Desgarro
- Ensayo de resistencia a perforación estática CBR
- Ensayo de desgarro/pelado de las soldaduras
- Ensayo de Stress Cracking
- Ensayo de contenido y dispersión de Negro de Carbono
- Ensayo de Tiempo de Inducción Oxidativa

QUÉ HACER ANTES DE QUE APAREZCAN LOS PROBLEMAS

➤ CONCLUSIONES

- Mientras la lámina tenga antioxidantes no hay problema. La lámina sigue siendo eficaz.
- Cuando el contenido de antioxidante es cercano a cero o nulo, la vida útil esta finalizando y por tanto debe planificarse su sustitución.

- Qué hacer antes de que aparezcan los problemas
- Qué hacer cuando aparecen los problemas

QUÉ HACER CUANDO APARECEN LOS PROBLEMAS

- Los problemas se presentan normalmente en forma de fugas de agua.
- La detección de las fugas y su reparación alarga la vida útil de la lámina.
- El sistema mas eficaz para la detección de fugas es el método geofísico de prospección eléctrica (dispositivo DIPOLO)

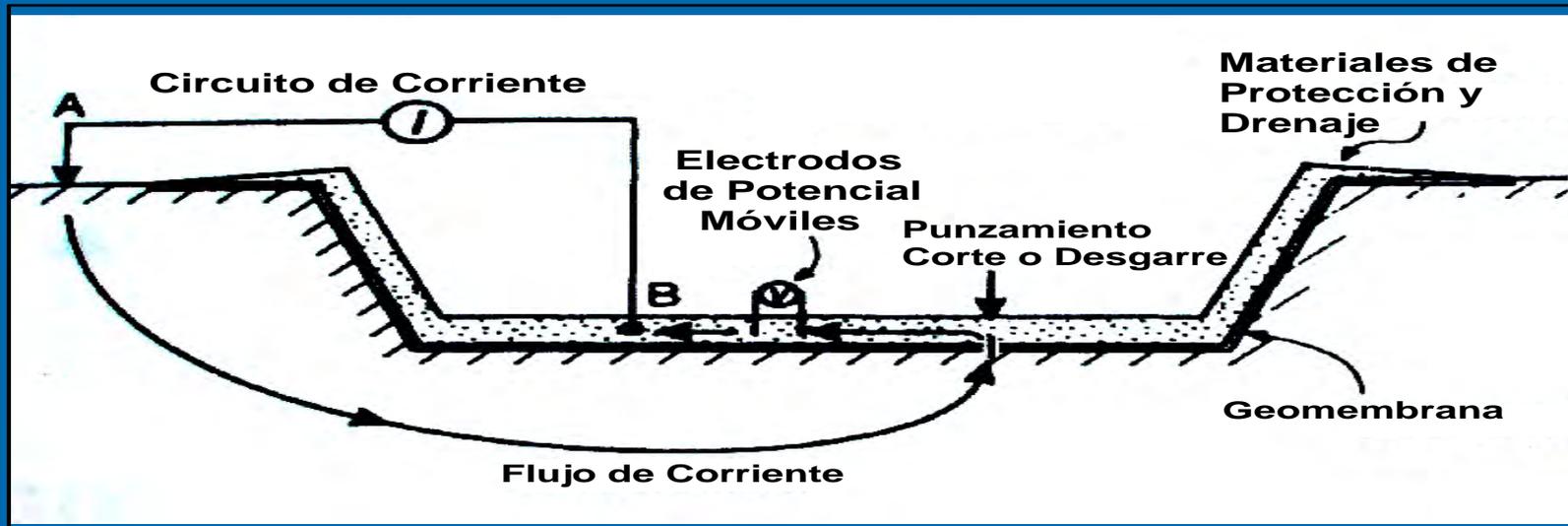
Detección de fugas con método geofísico de prospección eléctrica (DISPOSITIVO DIPOLO)

- La detección de fugas mediante el dispositivo DIPOLO es una forma eficaz y razonablemente rápida y económica para dar solución al problema.
- La detección puede realizarse con la balsa vacía pero también con lámina de agua (menos de 1 metro).

DISPOSITIVO DIPOLO



DIPOLO: fundamento y método



- El fundamento físico estriba en que las láminas de PEAD son eléctricamente aislantes. Por tanto, si existe una rotura en la lámina PEAD se establece un paso de corriente eléctrica entre el interior y el exterior del vaso
- El campo eléctrico se consigue colocando un electrodo de corriente fuera del vaso (tierras) y otro en su interior (agua)

DIPOLO: fundamento y método

- Cuando existe una rotura en la lámina PEAD se establece un flujo de corriente entre los dos electrodos anteriores, creándose así, una variación del potencial eléctrico en la proximidad de la zona afectada.



DIPOLO: fundamento y método

- Mediante dos sensores-electrodos móviles que se pasan por la superficie a tratar, a lo largo de una cuadrícula de perfiles predefinidos, se mide las variaciones de potencial eléctrico (mediante voltímetro de precisión) que provocan las roturas, localizándolas en dicha cuadrícula



DIPOLO: fundamento y método



DIPOLO: fundamento y método



DIPOLO: fundamento y método



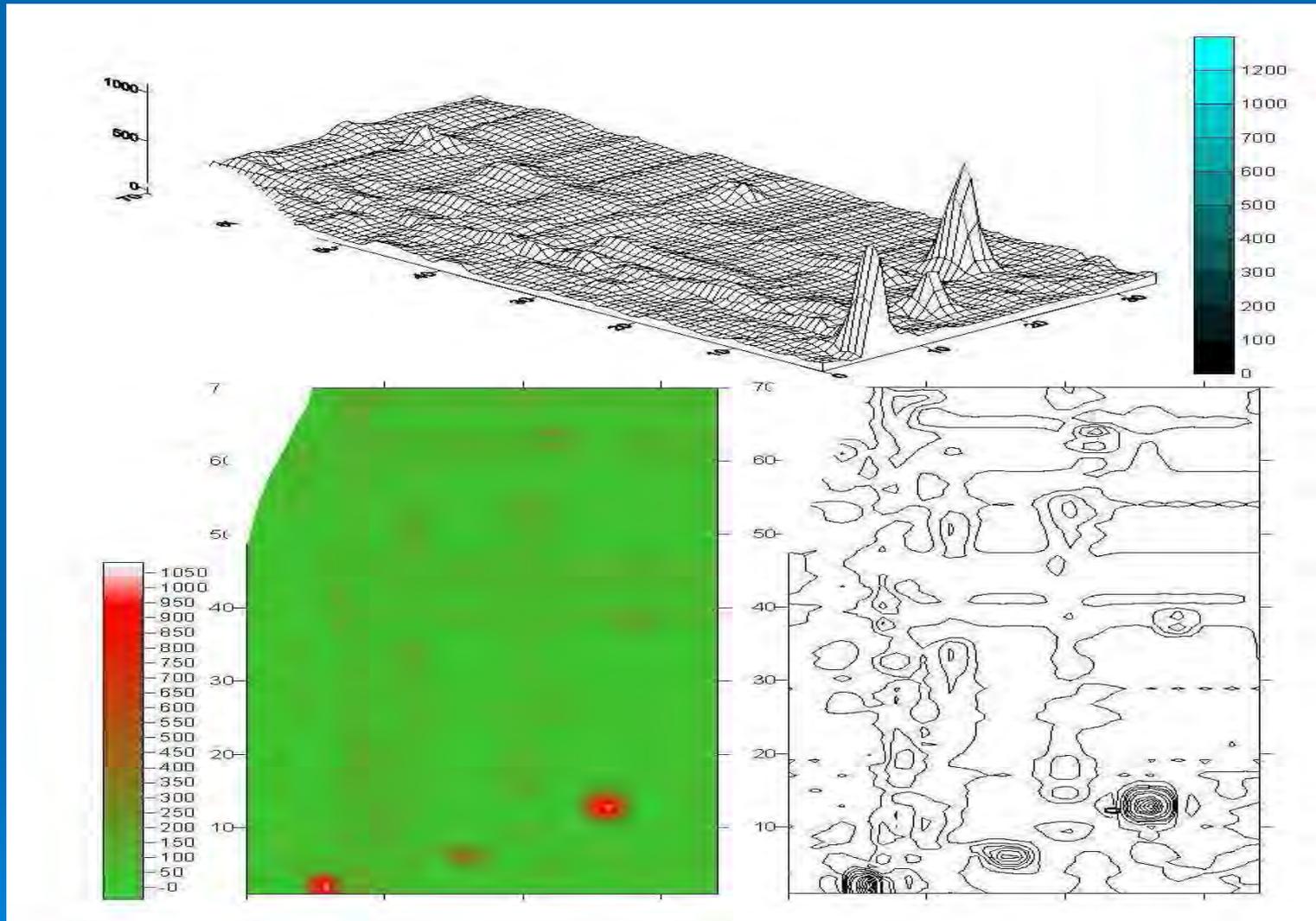
DIPOLO: fundamento y método

- La eficacia del método depende de varios factores. Los más determinantes son la conductividad del terreno y el espesor de los geosintéticos presentes en el vaso. Por eso, es recomendable mojar la zona de auscultación para mejorar la conductividad del sistema ya que este método solo detecta aquellas roturas por las que pasan fluidos.
- La cercanía de elementos distorsionadores de la señal eléctrica como elementos metálicos, bordillos de lastre, desagües, etc..., así como, un subsuelo de apoyo de geosintéticos poco conductivo y paquetes de montaje de geosintéticos adversos pueden limitar la eficacia del método.

DIPOLO: fundamento y método

- Normalmente, es necesario realizar una prueba previa para la calibración del método (medidas paramétricas) con el objeto de conocer el orden de magnitud de los parámetros eléctricos a medir

DIPOLO: fundamento y método



CONCLUSIONES

- Conocer en que punto de su **vida útil** se encuentra la lámina PEAD es posible mediante los correspondientes ensayos de laboratorio, lo cual servirá para una mejor gestión de la instalación.
- Alargar la **vida útil** de nuestra instalación es posible detectando fugas de agua para su posterior reparación.

➤ **GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN**