



**TECMINSA, S. L.**

TECNICAS MINERAS DE SANTA MARTA.

*Profesionales de la Tierra*

## ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO



**“ESTUDIO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DE LA ZONA DE UBICACIÓN DE LA Balsa de Aguas procedentes de Fábrica de Aderezo. Parcela 399 del Polígono 7 del Término Municipal de Palomero (Cáceres)**

**PETICIONARIO: SAN MER, S.A.**

**AUTOR: D. Francisco J. Fernández Amo**  
Geólogo Colegiado nº.: 3.214

# ÍNDICE

# PÁGINA

## 1.- INTRODUCCIÓN:

1.1.- Generalidades. 1

### 1.2.- Características constructivas de la balsa:

1.2.1.- Geometría y dimensiones. 1

1.2.2.- Desmonte y terraplén. 3

1.2.3.- Impermeabilización de la balsa. 3

1.2.4.- Control de filtraciones. 3

1.3.- Metodología de estudio. 4

1.5.- Localización geográfica. 5

## 2.- ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E HIDROLOGÍA:

2.1.- Geomorfología 6

2.2.- Hidrología. 7

## 3.- GEOLOGÍA:

3.1.- Introducción. 8

3.2.- Marco geológico. 8

### 3.3.- Estratigrafía:

3.3.1.- Introducción. 8

3.3.2.- Pizarras del Alogrupo Domo Extremeño. 8

3.3.3.- Materiales cuaternarios. 9

### 3.4.- Tectónica.

3.4.1.- Introducción. 9

3.4.2.- Orogenia Hercínica. 10

# ÍNDICE

# PÁGINA

3.4.3.- Procesos tectónicos tardihercínicos.	10
3.4.4.- Tectónica de fracturación.	11
3.5.- Edafología.	11
<b>4.- HIDROGEOLOGÍA.</b>	
4.1.- Marco hidrogeológico:	
4.1.1.- Introducción.	13
4.1.2.- Presencia de acuíferos en el entorno y Características geométricas y litológicas de los mismos.	18
4.1.3.- Tipología de los acuíferos.	21
4.1.4.- Características piezométricas, flujo subterráneo Y funcionamiento hidrogeológico.	21
4.2.- Hidrogeología local:	
4.2.1.- Inventario de pozos, sondeos y manantiales en el Entorno próximo.	24
4.2.2.- Características estructurales y análisis de la Fracturación en este tipo de acuíferos.	24
4.2.3.- Permeabilidad.	25
4.2.4.- Caracterización geológica e hidrogeológica de La zona no saturada.	25
4.2.5.- Situación del nivel piezométrico local.	26
<b>5.- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:</b>	
5.1.- Introducción	28
5.2.- Velocidad de avance del flujo.	29
5.3.- Ubicación de puntos de control.	30

# ÍNDICE

# PÁGINA

## 6.- ESTUDIO DE LA INTERCONECTIVIDAD:

6.1.- Introducción. 32

6.2.- Estudio de la afección de la balsa  
sobre las aguas superficiales. 32

6.3.- Estudio de la afección de la balsa  
sobre las aguas subterráneas de la zona:

6.3.1.- Introducción. 32

6.3.2.- El riesgo de contaminación de las aguas  
Subterráneas. 33

6.4.- Medidas preventivas para evitar la contaminación de  
Suelos y agua. 36

## 7.- CONCLUSIONES:

7.1.- Introducción. 37

7.2.- Conclusiones al estudio hidrogeológico. 37

ANEXO I: MAPAS Y PLANOS 38

ANEXO II: DATOS GEOFÍSICOS 49

ANEXO III: DECLARACIÓN RESPONSABLE SOBRE  
HABILITACIÓN PROFESIONAL COMO TÉCNICO  
TITULADO COMPETENTE. 50

## **1.- INTRODUCCIÓN:**

### **1.1.- Generalidades:**

El presente Estudio Hidrogeológico se presenta a petición de SAN MER, S.A. con CIF B-10203529 cuyo representante es D. Antonio Pascual Alemán, con N.I.F A-10007128, con domicilio en Ctra. N-110, pk 374, de Cabezuela del Valle. El objetivo del presente estudio no es otro que determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se asienta la balsa de evaporación y decantación de las aguas procedentes de lavados y clasificados de aceitunas, así como determinar la posible influencia hidrogeológica de esta balsa sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

La industria que genera los efluentes es una industria de recepción y clasificados de aceitunas, propiedad del titular de esta solicitud, para la obtención de aceitunas de mesa. La balsa de evaporación se encuentra en la parcela 399 del polígono 7 de Palomero (Cáceres).

### **1.2.- Características constructivas de la balsa:**

#### *1.2.1.- Geometría y Dimensiones:*

Se proyecta la construcción de una nueva balsa con un volumen útil de 2.810 m<sup>3</sup> con una profundidad media de 2 metros de forma tronco piramidal.

Las actuaciones programadas son:

- Retirada de capa vegetal de 50 cm de espesor.
- Excavación a cielo abierto del vaso. Tierras usadas para formado de taludes, aprovechamiento como primera capa vegetal de otras zonas de la parcela o retirada al vertedero.
- Red de drenaje perimetral para canalización hacia el exterior de las aguas infiltradas.
- Refinado de taludes.
- Formación de taludes exteriores para resguardo.
- Revestimiento lámina impermeable de PEAD de 1,5 mm de espesor sobre membrana geotextil de polipropileno de 300 g/m<sup>2</sup> ocupando toda la superficie de la balsa.
- Vallado perimetral a aproximadamente 3 m de talud exterior. Malla simple torsión.

## DATOS DEL EMBALSE

- ÁREA SUPERIOR MÁXIMA DEL VASO. 1.749 m<sup>2</sup>
- ÁREA SUPERIOR ÚTIL DEL VASO (Superficie lámina Agua). 1.630 m<sup>2</sup>
- ÁREA INFERIOR DEL VASO. 1.190 m<sup>2</sup>
- PERÍMETRO SUPERIOR Máximo DEL VASO. 161 m
- PERÍMETRO SUPERIOR ÚTIL DEL VASO. 156 m
- PERÍMETRO INFERIOR ÚTIL DEL VASO. 137 m
- \*ÁREA OCUPADA POR EL EMBALSE. 2.456 m<sup>2</sup>
- PERÍMETRO OCUPADO POR EL EMBALSE. 187 m
- ANCHO DE CORONACIÓN. 3,00 m
- ALTURA MÁXIMA DEL VASO. 2,50 m
- RESGUARDO. 0,50 m
- ALTURA ÚTIL MÁXIMA DEL VASO. 2,00 m
- TALUD INTERIOR DEL VASO EN TERRAPLEN. 3h:2v
- TALUD EXTERIOR DEL VASO EN TERRAPLEN. 3h:2v
- VOLÚMEN MÁXIMO INCLUIDO RESGUARDO. 3.655 m<sup>3</sup>
- VOLÚMEN EMBALSADO SIN INCLUIR  
RESGUARDO. 2.810 m<sup>3</sup>
- ESPESOR TIERRA VEGETAL 0,50 m
- VOLUMEN DE EXCAVACIÓN. 2.810 m<sup>3</sup>
- VOLUMEN DE RELLENO EN TERRAPLÉN. 331 m<sup>3</sup>
- SUPERFICIE DE LÁMINA IMPERMEABILIZANTE. 2.430 m<sup>2</sup>
- LONGITUD DE VALLADO. 200 m<sup>2</sup>

### *1.2.2.- Desmante y terraplén:*

El diseño se ha realizado para compensar desmante con terraplén, de tal forma que el pequeño sobrante de tierra se use para su colocación sobre los taludes exteriores para darles mayor estabilidad.

Se formará el terraplenado, mediante el extendido en tongadas de espesor no superior a 30 cm de material de la propia excavación y compactación mediante equipo mecánico hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, hasta conseguir la cota de rasante del camino de coronación.

Se hará así mismo un aliviadero perimetral, que se dará contrapendiente al muro de coronación de manera que las aguas de lluvia viertan hacia el exterior del vaso para evitar el arrastre de tierra al interior, donde se recogerán mediante una cuneta perimetral para evitar la erosión de taludes, y se conducirá hacia el terreno natural.

### *1.2.3.- Impermeabilización del vaso del embalse:*

La impermeabilización se realizará mediante lámina de PEAD de 1,5 mm de espesor, reposando sobre membrana geotextil de polipropileno de 300 g/m<sup>2</sup> en toda la superficie interior de vaso.

El anclaje de la lámina en coronación se efectuará mediante zanja rellena con material seleccionado y compactado, además de hormigón ciclópeo HM5, hasta una altura de 30 cm. de la zanja, el resto hasta completar la zanja con el material seleccionado.

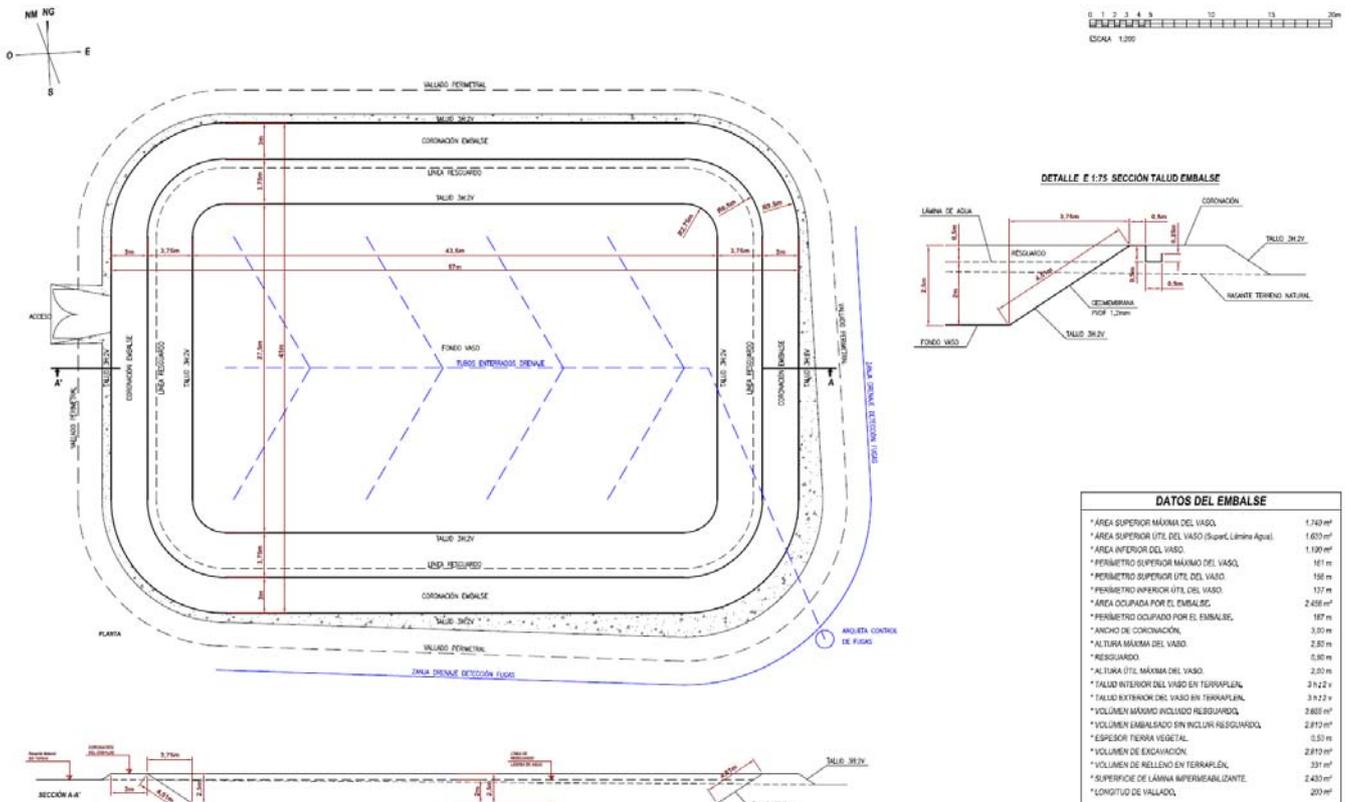
Los terraplenes que se realicen para la conformación del embalse serán compactados tanto con material propio de la excavación, como con los de préstamo que se requieran. Para la colocación de la lámina de impermeabilización y del geotextil se realizará una capa de regulación formada con material seleccionado de excavación sin compactar, con un espesor no inferior a los 10 cm, eliminando todos los bolos que dificulten el extendido y asiento de las distintas láminas.

### *1.2.4.- Control de filtraciones:*

En la balsa proyectada se prevé una red de drenaje perimetral y diagonal en el interior del vaso que se ejecutará mediante tubería ranurada de PVC con diámetros de 100 y 200 mm, envuelta material poroso (gravilla limpia) y cubierta con lámina geotextil, para canalización hacia el exterior de aguas infiltradas.

Dicho sistema se conducirá a una arqueta/pozo de hormigón, impermeabilizado, que se ubicará en el exterior de la parte más baja de cada balsa de tal forma que sirva de detección de fugas del sistema de impermeabilización. Su vigilancia será permanente, y en caso de detección de fugas, se procederá al trasiego de los efluentes que contenga a la otra balsa y a la reparación inmediata del sistema de impermeabilización.

En los siguientes planos se detalla la situación de este sistema de drenaje:



### 1.3.- Metodología de estudio:

El objetivo del presente estudio no es otro que determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se asienta la actividad y estudiar la posible influencia hidrogeológica de la misma sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

La metodología usada en el presente estudio es la más usada para el tipo de problemas que aquí se nos presenta y es la que sigue:

1ª Fase: La primera fase ha consistido en una exploración de campo donde se ha estudiado los distintos materiales aflorantes y la vulnerabilidad de posibles acuíferos de la zona de ubicación de las balsas y del entorno inmediato a las mismas, además se ha efectuado un estudio geofísico del subsuelo junto a las balsas, para estudiar en profundidad la posible existencia de aguas subterráneas y las características del acuífero. El objetivo que se ha perseguido en esta fase es el de estudiar que unidades hidrogeológicas son las receptoras de los posibles acuíferos, los cauces superficiales y suelos existentes en la zona y el estudio de su posible vulnerabilidad con la existencia de la balsa.

2ª Fase: Estudio hidrogeológico de los materiales existentes y su posible vulnerabilidad hidrogeológica.

3ª Fase: Estudio del riesgo de contaminación.

## 1.4.- Localización Geográfica:

Estas actuaciones tendrán lugar en la siguiente finca del T.M. de Palomero (Cáceres).

Polígono 7, Parcela 399 del T.M. de Palomero con referencia catastral 10140A007003990000HY.

Los datos de la finca donde se proyecta la instalación de línea de recepción y clasificado, son:

Coord. UTM Acceso: Datum ETRS89

X: 731.470m; Y: 4.456.950; HUSO 29

## **2.- ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E HIDROLOGÍA:**

### **2.1.- Geomorfología:**

La zona donde se ubica la balsa presenta un relieve marcado por suaves ondulaciones constituyendo lo que se conoce como “paisaje de pendientes suaves”.

En el área estudiada se presenta un relieve marcado por suaves ondulaciones, caracterizada por la presencia de algunos afloramientos de pizarras y por la presencia de un suelo poco desarrollado.



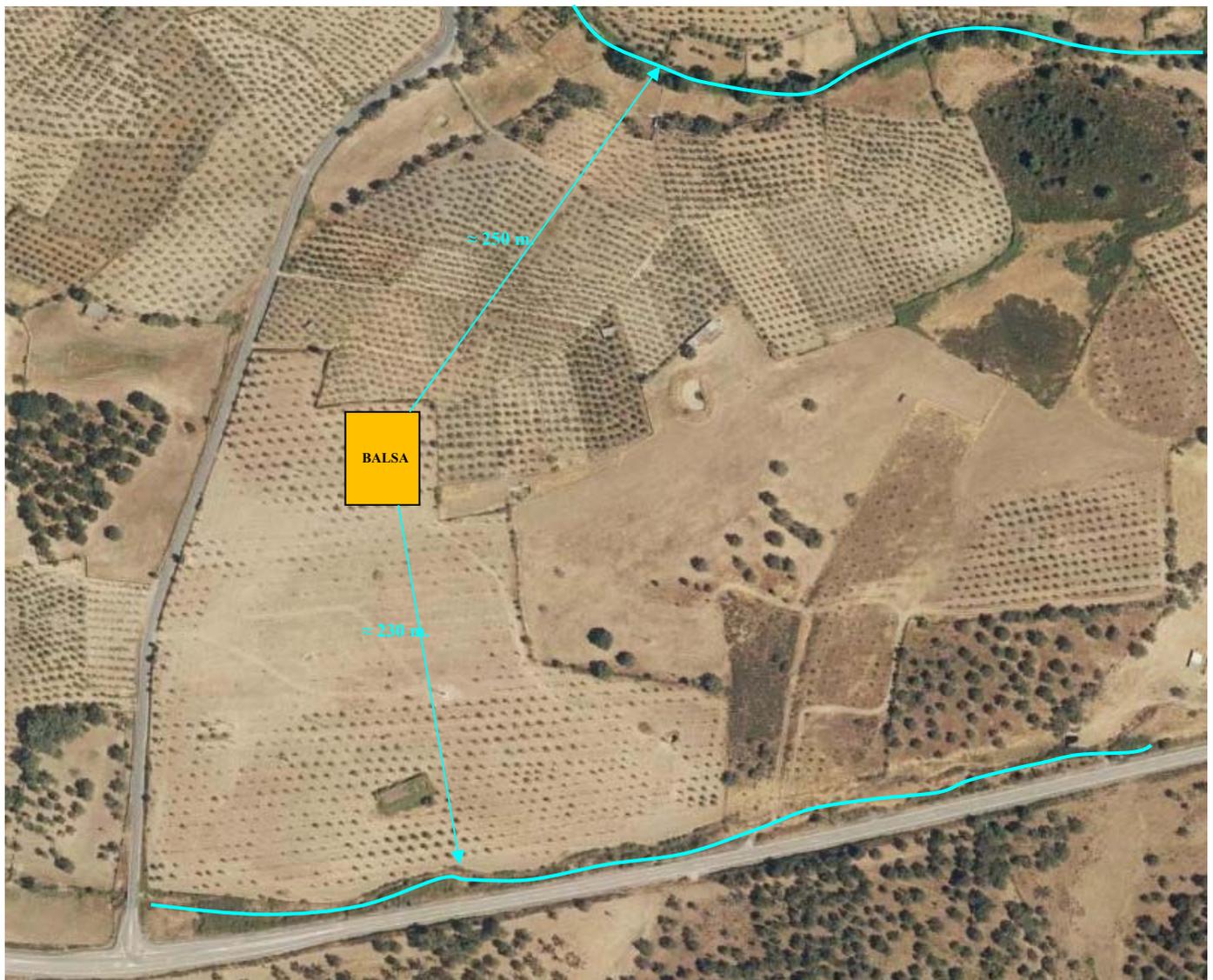
***AFLORAMIENTO DE PIZARRA CON ESCASO SUELO DESARROLLADO JUNTO A LA Balsa***

Las cotas topográficas en la zona de ubicación de la balsa oscilan entre los 468 y los 470 m.

## 2.2.- Hidrología:

No se observan cauces fluviales en un perímetro de 100 metros del lugar de ubicación de la balsa, el cauce más cercano se encuentra a más de 250 metros al norte del lugar de ubicación de la balsa, se trata del Arroyo de Palomero, al sur se observa un regatón que es afluente del propio arroyo palomero, y se encuentra a unos 230 metros; estas distancias anulan cualquier posibilidad de afección directa sobre estos cauces fluviales.

En base a esto mencionar la balsa está fuera de cualquier llanura de inundación, y por tanto está fuera del área de influencia hidrológica de las correnteras o del Arroyo de Palomero, siempre y cuando exista una impermeabilización efectiva y que no existan colmataciones de la balsa, para lo cual se ha hecho un diseño efectivo de la balsa.



### **3.- GEOLOGÍA:**

#### **3.1.- Introducción:**

Para el objetivo marcado por el presente estudio hidrogeológico se antoja como básico conocer el contexto geológico que rodea la zona de ubicación de la balsa. El presente capítulo pretende dar a conocer las diferentes formaciones geológicas sobre las que se localiza la ubicación de aquella.

Estudiar las litologías y la tectónica de estas formaciones geológicas afectadas nos puede aportar datos precisos acerca de las diferentes unidades hidrogeológicas, el funcionamiento hidrogeológico de los distintos acuíferos que pudieran existir en la zona de estudio; y sobre todo este conocimiento nos puede indicar la posible incidencia que podría tener el uso de la balsa sobre las aguas subterráneas y superficiales de la zona.

Durante el presente estudio se ha realizado una exploración de campo hidrogeológica que ha pretendido ayudar a alcanzar los objetivos mencionados anteriormente; así mismo se ha realizado un estudio geofísico de la parcela afectada para conocer el subsuelo en la misma.

#### **3.2.- Geología regional. Marco Geológico:**

La orografía y morfología de la zona está condicionada por los distintos materiales que conforman el contexto geológico así como la tectónica regional; estas junto con la acción de agentes exógenos, conforman un área de relieves ondulados residuales que corresponden a alineaciones hercínicas pertenecientes a los horizontes cuarcíticos del Ordovícico.

En el contexto geológico, las balsas objeto de este proyecto se enclava en la zona Centro-Ibérica perteneciente al Macizo Hespérico (LOTZE et al). Y dentro de la zona Centroibérica se sitúa sobre materiales neógenos que recubren el Dominio Lusitano Alcúdico, encontrándose materiales pertenecientes a la Unidad Estratigráfica Alogrupo Domo Extremeño.

#### **3.3.- Estratigrafía:**

##### *3.3.1.- Introducción:*

Dentro del Alogrupo Domo Extremeño los materiales que aparecen son pizarras que pertenecen a la Formación Precámbrica Pizarrosa del Alogrupo Domo Extremeño, sobre esta formación se desarrolla un pequeño nivel de suelo cuaternario.

Desde el punto estratigráfico se distinguen los siguientes materiales

### *3.3.2.- Pizarras del Alogrupo Domo Extremeño:*

Los materiales bajo esta denominación se engloban los afloramientos del antiguo complejo Esquistos Grauváquicos de la Zona Centro Ibérica. Los materiales pertenecientes a esta unidad estratigráfica alcanzan un gran desarrollo dentro de toda la provincia de Cáceres. Dentro de esta formación se han distinguido dos conjuntos: uno inferior, de naturaleza más arenosa y otro superior, esencialmente pelítico.

Los materiales que se pueden observar en la parcela 105 del polígono 5 de Perales del Puerto son esencialmente pelíticos (pizarrosos), por lo que estaríamos observando los niveles más superiores de esta unidad, edad Rifeense.

Las pizarras son rocas de color gris a pardogrisáceo, de grano fino y textura pizarrosa, formados principalmente por cuarzo, moscovita y biotita como minerales principales, existen también esquistos que tienen un porcentaje mayor en sílice, su textura es más granuda en comparación con la facies anteriormente definida.

Intercalados en la presente formación aparecen unos niveles grauváquicos de tamaño de grano de medio a fino, color gris y textura esquistosa blastopsamítica, formada por cuarzo, mica, plagioclasa y sericita.

### *3.3.3.- Materiales cuaternarios:*

La Formación Cuaternaria que se verá afectada es más que una formación cuaternaria de sedimentación una cobertera edáfica de alteración, esta se sitúa sobre un relieve de cumbres suaves formado por rocas típicamente metamórficas. Su espesor no supera por regla general el metro, de modo que son comunes los asomos de las pizarras del Alogrupo Domo Extremeño. Litológicamente está representado por arcillas, arenas y restos del zócalo precámbrico (pizarras y grauvacas), variando la proporción de uno sobre otro según zonas.

El contenido en arcillas expansivas es inexistente, la composición mineralógica es la que sigue:

Cuarzo, feldespatos, mica, illita, caolinita y pequeñas cantidades de interestratificados.

## **3.4.- Tectónica:**

### *3.4.1.- Introducción:*

En el presente apartado se pretende analizar los procesos tectónicos en el entorno de la balsa, así como la relación de aquellos con la tectónica regional, ya que desde el punto de vista hidrogeológico se antoja básica una revisión de la tectónica para poder analizar posteriormente el comportamiento estructural de las posibles fallas y fracturas que pudieran existir en el área de estudio.

La zona estudiada se encuentra como ya se ha comentado entre la Zona Centro Ibérica, concretamente se sitúa en el terreno Centro Ibérico, la complejidad tectónica y estructural de la zona es muy grande lo cual nos dificulta establecer un modelo tectónico detallado.

Las estructuras siguen claramente las directrices hercínicas, con orientación preferente NE-SW.

Dentro de la zona de estudio observamos estructuras pertenecientes a dos fases tectónicas diferenciadas, Fase Hercínica y Fase posthercínica

### *3.4.2.- Orogenia hercínica:*

Esta orogenia presenta indicios claramente observables por toda la zona de investigación. Se manifiesta en varias fases de plegamiento.

Son observables tres fases de plegamiento:

#### *3.4.2.1.- 1ª Fase de Deformación Hercínica:*

Durante la primera fase se originan micropliegues con esquistosidad espaciada, sin blástesis, así mismo se originan pliegues isoclinales de vergencia SW. Esta fase es la responsable de las estructuras cartográficas mayores.

Esta primera fase de deformación hercínica origina una esquistosidad de flujo claramente observable en los materiales paleozoicos.

#### *3.4.2.2.- 2ª Fase de Deformación Hercínica:*

En esta fase se produce micropliegues de esquistosidad muy espaciada sin blástesis. Es la fase responsable de las ondulaciones y curvaturas de las direcciones de los pliegues de fases previas.

#### *3.4.2.3.- 3ª Fase de Deformación Hercínica:*

Es la última fase, consiste en un plegamiento que dio lugar a pliegues de naturaleza cilíndrica de dirección NW-SE de amplio radio y plano axial subvertical.

### *3.4.3.- Procesos tectónicos tardihercínicos:*

Este tipo de procesos no constituyen una orogenia, no obstante sí que han dejado su impronta en la geología local e influyen claramente en la hidrogeología del entorno por lo tanto merece la pena analizar.

Esta fase de deformación, es responsable de procesos de fracturación tardíos en los macizos granitos cercanos (Acebo), y posiblemente también sea la responsable de diferentes rejuegos de los pliegues que son claramente observables en las diferentes formaciones existentes en el entorno de la finca estudiada.

Así mismo debido originan fracturas de descompresión que son rellenadas posteriormente por filones de cuarzo.

### *3.4.4.- Tectónica de fracturación.*

La tectónica de fracturación responde a un comportamiento frágil de los diferentes materiales afectados por las distintas orogenias.

Son observables hasta tres familias de fracturas que se pasan a relacionar:

#### 3.4.4.1.- Primera Familia de Fracturas:

Son fracturas de dirección N 120°-130° E, observables en el entorno, en las cercanas sierras se puede observar la orientación preferente de la fracturación de las cuarcitas en esta dirección.

Se trata de fallas de desgarre con movimiento sinestroso, aunque también manifiestan una fuerte componente de falla normal sobre todo hacia el final de la orogenia hercínica.

#### 3.4.4.2.- Segunda Familia de Fracturas:

Es un sistema de fracturas menos importante de la zona de estudio. Se trata de un sistema de fallas de dirección N30°-40°E.

Son fallas que presentan una importante componente horizontal sinestrosa, posiblemente represente las líneas de máxima tensión dentro de la banda de cizalla definida por las grandes fracturas longitudinales.

#### 3.4.4.3.- Tercera Familia de Fracturas:

Son fracturas de dirección N0°-10° E. Por lo observado parece ser que son las fracturas más recientes de las estudiadas, a diferencia de las anteriores tienen un carácter dextroso.

### **3.5.- Edafología:**

Debido a la meteorización química y física que ha sufrido la Formación de Pizarras del Cámbrico Inferior surge un suelo de alteración denominado Suelo Pardo Meridional de Fase de Pendiente más conocido como "Tierra delgadas y sequinas", este suelo presenta las siguientes características:

Se trata de un suelo edafológicamente clasificado como Dystric lithic Xerochrept que tiene en este enclave una potencia de 0,60 metros aproximadamente.

En general son suelos jóvenes, delgados, secos y pobres, la meteorización química no ha sido intensa, por tanto, son ricos en minerales alterables.

Consecuencia de su textura areno - limosa es la facilidad de infiltración de agua lo que infiere la posibilidad de formación de acuíferos que queda limitada por el escaso espesor del suelo de alteración. Se trata en general de suelos muy ácidos, silíceos, de textura marcadamente areno - limosa, y de fácil infiltración de agua.

La línea de contacto entre el cuaternario y las pizarras del Cámbrico Inferior es paralela con la superficie del suelo; presenta escasas inflexiones, las pizarras aparecen a unos 0,60 metros de profundidad.

Se trata, en general, de un suelo edafológicamente clasificado aproximadamente como Ultic haploxeralf, conocido localmente como “Tierra fuerte”, tiene espesores variables pero no suele superar los 100 centímetros.

Son suelos relativamente jóvenes, el perfil es de tipo: Ap/Bt/Bc/R. La mezcla continuada del horizonte A con la parte superior del Bt por el laboreo agrícola es el origen del horizonte Ap. El horizonte Bt es netamente arcilloso y con revestimientos de este material sobre las caras de los agregados, los cuales suelen ser prismáticos y bien desarrollados.

Las características de los distintos horizontes vienen definidas en la siguiente tabla:

<b>Horizonte</b>	<b>Profundidad en cm.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Ap	0-40	Pardo en seco, textura limo-arcillosa, con cantos de cuarcitas, muy permeable.
Bt	40-60	Pardorrojizo en húmedo, textura arcillosa, permeabilidad lenta.
Bc	+ 60	Pizarras grises con arcillas entre los intersticios de la estratificación

## **4.- HIDROGEOLOGÍA:**

### **4.1.- Marco hidrogeológico:**

#### *4.1.1.- Introducción:*

Como ya se ha mencionado en la geología conocemos que la zona de estudio está caracterizada por la existencia de pizarras del Precámbrico del Alogrupo Domo Extremeño, estas son impermeables desde el punto de vista hidrogeológico si bien pueden existir fracturas resultado del tectonismo varisco y tardihercínico de fracturación que pueden albergar acuíferos tectónicos; y una de las mejores maneras de localizar estas fracturas es mediante un método geofísico, en este caso el sistema WADI-VLF, que es uno de los mejores métodos para localizar fracturas, donde se podrían ubicar acuíferos de tipo tectónico.

#### ***Estudio geofísico:***

##### 4.1.1.1.- Introducción:

La geofísica efectuada en la finca afectada está basada en el método VLF. Mediante estas mediciones se puede determinar la situación en el subsuelo de diferentes estructuras y formaciones geológicas.

En el caso de la aplicación de este método en la prospección de aguas subterráneas, resulta que el VLF es uno de los métodos geofísicos más efectivo para la investigación de aquellas. Con este método podremos localizar y tratar de delimitar físicamente acuíferos, profundidades, etc.

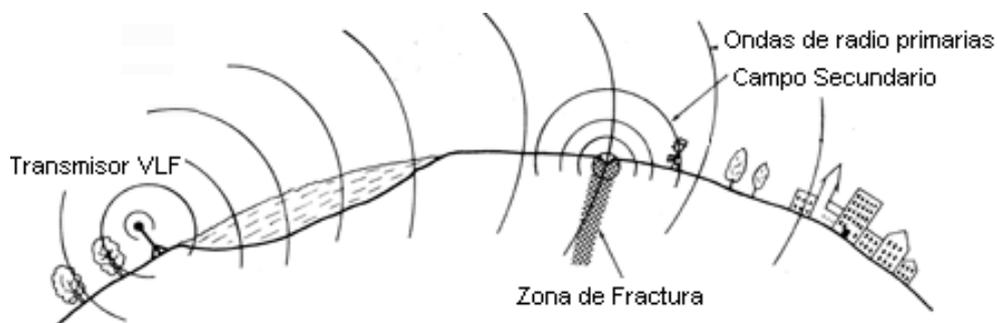
El sistema geofísico utilizado es el WADI VLF (Very Low Frequency) es un receptor de dos componentes magnéticas en un rango de frecuencias de 15-30 kHz. Las fuentes de estas frecuencias son potentes transmisores de radio usados para radio-comunicación submarina, distribuidas por todo el mundo. Cuando estas señales propagadas desde la posición de origen fuente hasta la posición de sitio de medida, interactúan de forma compleja entre dos conductores eléctricos: la tierra (abajo) y la ionosfera (arriba).

Sin embargo, debido a su pequeña penetración (400 metros en granitos) comparado con la distancia entre las fuentes, podemos observar que las señales como ondas planas propagándose por debajo del suelo y el punto de recepción. La supuesta onda plana permite una interpretación sencilla y rápida de los datos usando un modelo 2D. Dos componentes magnéticas ( $H_x, H_z$ ) son medidas, relacionadas por la fórmula  $H_z = AH_x$ , donde A es una compleja cantidad con una parte real y otra imaginaria, debido a que en una frecuencia dada, los campos horizontales y verticales tienen normalmente un desfase en tiempo causado por inducción electromagnética subyacente en el suelo.

La relación entre la parte real e imaginaria es muy compleja debido a que depende tanto del “background” (fondo) de conductividad eléctrica como de la conductividad y forma del conductor dominante en cuestión.

El método VLF es un método electromagnético, que responde a las variaciones de la resistividad en el subsuelo hasta una profundidad de algunas centenas de metros basando su principio en el hecho de que las propiedades eléctricas del subsuelo afectan el comportamiento de las ondas de radio de baja frecuencia. Este tipo de ondas, son generadas por poderosas antenas transmisoras VLF, de 200 a 300 metros de altura, ubicadas en algunos puntos alrededor del planeta.

A través de estas antenas se hace circular una corriente alterna, generándose un campo electromagnético variable que se propaga en todas las direcciones y que puede ser detectado a miles de kilómetros de distancia de la antena emisora. Las ondas electromagnéticas irradiadas tienen frecuencias en el orden de 3 a 30 KHz.



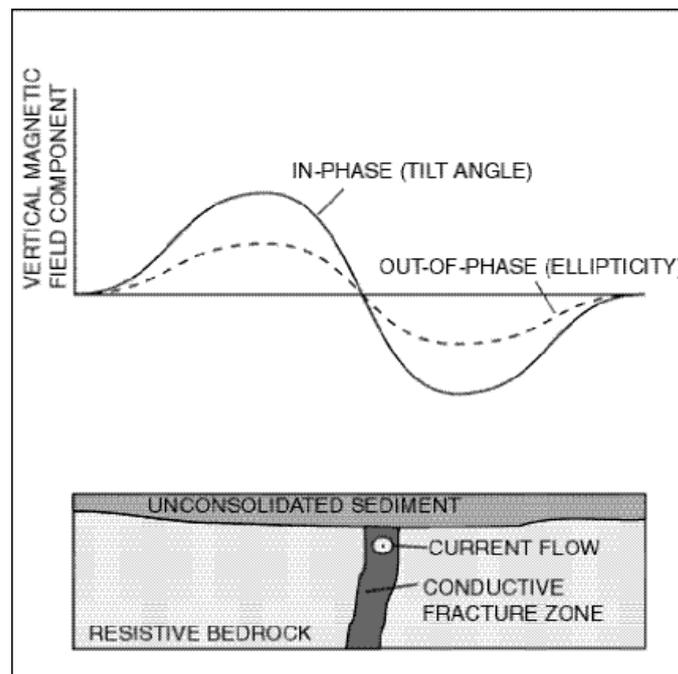
Como se ha mencionado, con este instrumento es posible también realizar medidas del campo eléctrico de las cuales se podrá determinar la resistividad de los materiales del subsuelo. El campo eléctrico radiado por la emisora no es completamente vertical sobre la superficie del terreno, ya que el campo primario interactúa con el terreno de conductividad finita dando lugar a una componente del campo eléctrico horizontal. De este modo, el campo eléctrico forma con la vertical un determinado ángulo ( $\theta$ ), el cual aumenta, al igual que la componente horizontal, a medida que lo hace la resistividad del terreno.

Conocido el valor de  $E_x$ , medido generalmente en la dirección del perfil, y del campo primario  $H_y$ , puede determinarse la  $\rho_a$  mediante la ecuación de Cagniard donde  $\rho_a$  es la resistividad aparente,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \omega = 2 \pi f$ .

$$\rho_a = \frac{1}{\omega \mu_0} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2$$

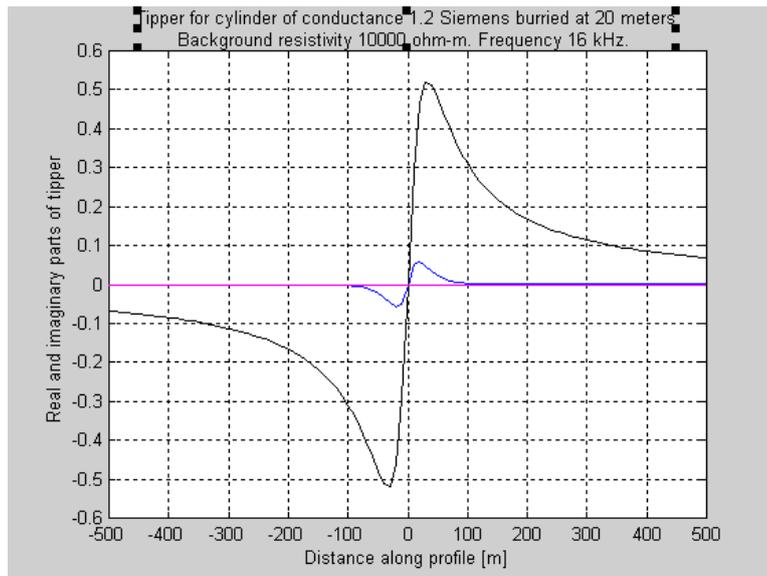
El EM 16 R proporciona al mismo tiempo el desfase ( $\varphi$ ) entre las componentes horizontales del campo magnético y el campo eléctrico, con lo que además de obtener información de la variación lateral de la  $\rho_a$  a lo largo del perfil, pueden realizarse estimaciones sobre la variación de ésta en la vertical de cada punto de medida.

Sobre un terreno homogéneo, el ángulo de desfase tiene un valor constante de  $45^\circ$ , y dependiendo de que los materiales suprayacentes sean más o menos resistivos que el resto, se obtendrán desfases mayores o menores de  $45^\circ$  respectivamente.

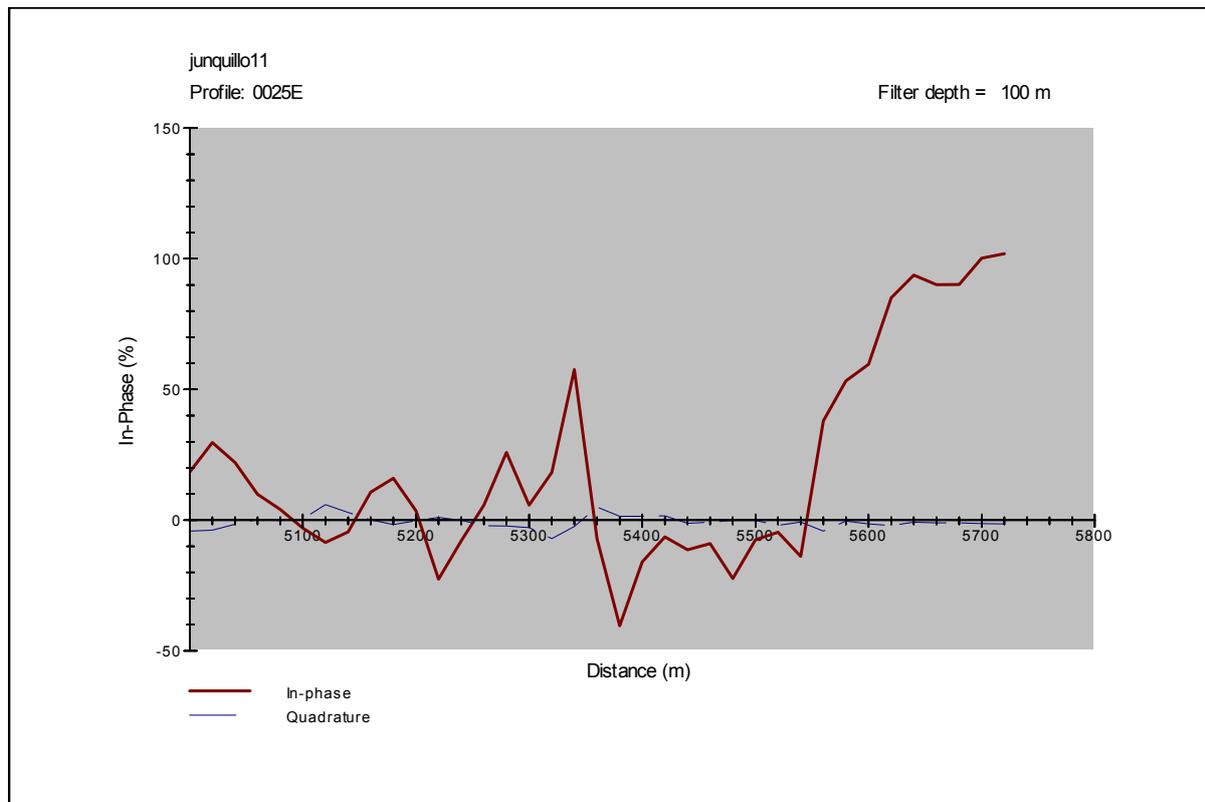


Dentro de las aplicaciones geológicas más comunes de este método se encuentran: la exploración minera, detección de aguas subterráneas, estudios de suelo, estudios arqueológicos, entre otras. Entre las ventajas del método deben contarse la rapidez de ejecución, ya que sólo son necesarios unos minutos para realizar una medida y sin necesidad de extender complejos dispositivos. Además, al no necesitar equipo emisor sólo será necesario un operador de campo. Todo esto implica que las investigaciones realizadas por este método resultan rápidas y económicas.

La interpretación de los datos obtenidos se han tratado con el programa RAMAG TM (VLF Survey Planning and Interpretation Software) que nos genera gráficos de las curvas reales e imaginarias de los perfiles realizados, e interpretando las curvas a distintas profundidades. Ejemplo de datos de campo tratados con software RAMAG TM y curva elaborada después de interpretación quedaría



La interpretación de los datos obtenidos se han tratado con el programa RAMAG TM (VLF Survey Planning and Interpretation Software) que nos genera gráficos de las curvas reales e imaginarias de los perfiles realizados, e interpretando las curvas a distintas profundidades. Ejemplo de datos de campo tratados con software RAMAG TM y curva elaborada después de interpretación quedaría



Se han efectuado dos perfiles de una distancia de 90 metros.

#### 4.1.1.2.- Interpretación del perfil VLF 1:

Es un perfil geoelectrico clásico de materiales metamórficos, las coordenadas en UTM (ED50, HUSO 29) de inicio y final de perfil son aproximadamente las siguientes:

Punto nº.: 1                    Y: 4457060  
   X: 731643

Punto nº.: 5                    Y: 4457057  
   X: 731559

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 90 metros aproximadamente.

En la presente zona, la investigación geofísica se centra en determinar el espesor del suelo pizarroso y en la localización de posibles fracturas dentro de la Formación Precámbrica de pizarras del Alogrupo Domo Extremeño que pudieran albergar agua subterránea.

Comentando lo que se observa en los datos extraídos del perfil efectuado podemos decir que nos encontramos con una columna estratigráfica sencilla a lo largo de todo el perfil.

Podemos decir que en todo el desarrollo del perfil aparece inicialmente un material arenolimoso que corresponde con el suelo de alteración pizarrosa, con una resistividad aparente de 66,60  $\Omega$ m.

A unos 0,60 metros de profundidad se detecta un aumento de la resistividad (390,00  $\Omega$ m), estas resistividades corresponden con materiales pizarrosos, en este caso se trata de las pizarras y estos mismos materiales se sigue observando hasta los 180 metros de profundidad.

No se localizan anomalías significativas en todo el perfil investigado que nos indique la existencia de algún acuífero bajo la parcela afectada, tampoco se han detectado fallas o fracturas significativas.

#### 4.1.1.3.- Interpretación del perfil VLF 2:

Es un perfil geoelectrico clásico de materiales metamórficos, las coordenadas en UTM (ED50, HUSO 29) de inicio y final de perfil son aproximadamente las siguientes:

Punto nº.: 1                    Y: 4457086  
   X: 731567

Punto nº.: 5                    Y: 4457088  
   X: 731642

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 90 metros aproximadamente.

En la presente zona, la investigación geofísica se centra en determinar el espesor del suelo pizarroso y en la localización de posibles fracturas dentro de la Formación Precámbrica de pizarras del Alogrupa Domo Extremeño que pudieran albergar agua subterránea.

Comentando lo que se observa en los datos extraídos del perfil efectuado podemos decir que nos encontramos con una columna estratigráfica sencilla a lo largo de todo el perfil.

Podemos decir que en todo el desarrollo del perfil aparece inicialmente un material arenolimoso que corresponde con el suelo de alteración pizarrosa, con una resistividad aparente de 58,00  $\Omega$ m.

A unos 0,80 metros de profundidad se detecta un aumento de la resistividad (420,00  $\Omega$ m), estas resistividades corresponden con materiales pizarrosos, en este caso se trata de las pizarras y estos mismos materiales se sigue observando hasta los 180 metros de profundidad.

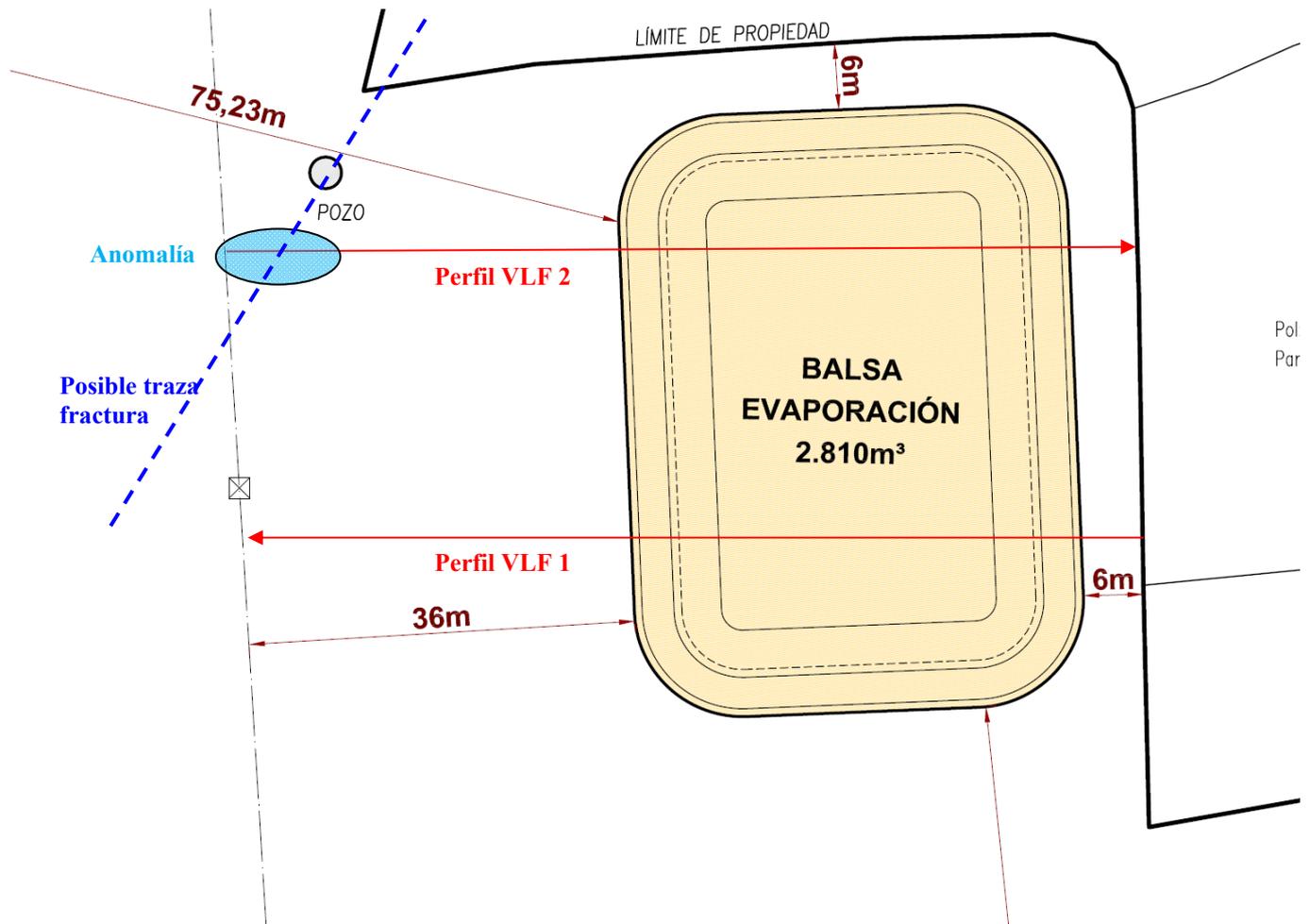
Se localiza una anomalía al principio del perfil entre las coordenadas 731567X/4457086Y y 731548X/4457086Y, esta anomalía nos indica la presencia de una zona de fractura que alberga agua subterránea, en torno a los 80 a 100 metros de profundidad.

*4.1.2.- Presencia de acuíferos en el entorno y características geométricas y litológicas de los mismos:*

4.1.2.1.- Introducción:

Un acuífero es un depósito de agua subterránea, agua almacenada en la porosidad de las rocas almacén. Las características y potencialidad de los acuíferos dependen de sus dimensiones, de su forma, y de la permeabilidad de los materiales que los forman; por lo tanto los materiales y la tectónica de la zona nos marca el comportamiento hidráulico de las aguas subterráneas del entorno de la actividad objeto del presente proyecto.

Tras la geofísica efectuada se localizan acuífero al principio del perfil 2, si bien está fuera de la zona de ocupación de la balsa:



En el resto de la geofísica realizada, bajo la zona de la balsa, no se localizan anomalías que nos indiquen la presencia de agua bajo la misma. En cualquier caso, para un estudio del marco hidrogeológico del entorno donde se van a ubicar la balsa se precisa de un análisis hidrogeológico de los materiales que encontramos en la columna litológica de la zona, para comprender mejor el marco hidrogeológico donde se ubica la balsa.

4.1.2.2.- *Marco Hidrogeológico en el entorno de la parcela afectada (características geométricas y litológicas de posibles acuíferos):*

***Cuaternario:***

Esta Unidad Hidrogeológica está formada por las siguientes formaciones:

Depósito de alteración de los materiales que conforman las diferentes formaciones geológicas que nos encontramos en la zona. La recarga del “acuífero” cuaternario está claramente condicionada por la recarga pluvial existente en la zona, ya que los aportes de agua son por infiltración directa y circulación poco profunda.

No se puede hablar de acuífero ya que no existe un seno hidrogeológicamente bien, está compuesto por un conjunto de materiales de baja porosidad constituidos por litologías detríticas (sedimentos de alteración pizarrosa (arenas y limos con restos de pizarra).

Los límites de la profundidad de un supuesto acuífero vienen claramente condicionados por el espesor del seno de alteración precámbrica y la potencia del recubrimiento neógeno, según esto la potencia de un supuesto acuífero puede estimarse en unos 0,6 metros. Con este espesor no es posible que se formen acuíferos, ya que el agua infiltrada termina evaporándose en pocos días.

### *Pizarras del Precámbrico del Alogrupo Domo Extremeño:*

Es la unidad hidrogeológica general de la zona, ya que en todos los enclaves seleccionados para investigar se encuentra el mismo tipo de material subyacente: pizarras.

Estos son materiales desde el punto de vista hidrogeológico estériles, esterilidad provocada por la impermeabilidad o muy baja permeabilidad de estos materiales. Estas formaciones tan sólo presentan acuíferos relacionados con fracturas tardihercínicas de descompresión.

El acuífero que se relaciona con este tipo de materiales, presenta un nivel de permeabilidad muy baja a baja, tan sólo presenta algo de permeabilidad asociada a zonas de fracturas y fallas generada por la macrofracturación que presentan estas fracturas.

El posible acuífero que pudiera haber relacionado con la Formación Pizarras del Precámbrico del Alogrupo Domo Extremeño, sería de tipo limitado con bordes negativos, y en el que funcionamiento hidráulico es complejo ya que se encuentra íntimamente ligado a la dimensión del conjunto de fracturas y la dirección de las mismas. Es de tipo discontinuo, son los típicos que afectan a las rocas con un comportamiento ante la deformación frágil; y que generan porosidades secundarias constituidas por fracturación, trituración y alteración, se trata en definitiva de un acuífero fisural.

En resumen tenemos un acuífero de tipo discontinuo, fisural; limitados y confinados, limitado por la impermeabilidad de las pizarras. Se trata pues de un acuífero generado por permeabilidad secundaria debida a la porosidad generada por la fracturación.

Este tipo de acuíferos tienen una recarga difícil por regla general, en el aspecto positivo mencionar que tienen un alto coeficiente de almacenamiento; lo cual quiere decir que son pozos de larga vida.

Las pizarras son materiales impermeables, que resultan permeables por la porosidad generada por la fracturación, trituración y alteración en zona de macrofracturación, dependiendo de la anchura de la zona de fracturación.

Según datos tomados en pizarras similares tenemos una **permeabilidad** en la zona de:

3 a 75 metros:  $K = 2,11 \times 10^{-9}$

75 a 110 metros:  $K = 2,38 \times 10^{-8}$

En zonas de fracturación:  $K = 1,30 \times 10^{-5}$

Como se puede apreciar tiene una permeabilidad muy baja, propia de materiales impermeables, tan sólo permeables en zonas de fracturación, donde existe porosidad secundaria tectónica que produce un aumento de la permeabilidad.

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable, al tratarse de un acuífero fisural, si bien existen captaciones en este tipo de materiales en otros puntos del término municipal de Perales del Puerto, con piezométricos que oscilan entre los 70 a 100 m.. La circulación del agua (**dirección de flujo**) coincidiría con una de las direcciones principales de fracturación (N30-40°E).

#### *4.1.3.- Tipología de los acuíferos asociados a este tipo de material:*

Los materiales que encontramos en la zona son desde el punto de vista hidrogeológico impermeables, tan sólo presentan acuíferos asociados a zonas de fracturación (fallas y/o diaclasas). Sería por lo tanto un acuífero de los denominados “fisurales”. En general las fracturas se amortiguan en profundidad y los coeficientes de almacenamiento no suelen ser muy altos.

En este tipo de materiales, por el tipo de hueco, y por la presión hidrostática (lineal), el tipo acuífero típico es el asociado a las zonas de fractura donde se produce un aumento de la permeabilidad de las rocas, que da lugar a acuíferos locales. Los acuíferos que encontramos en esta Formación son confinados y fisurales, estos presentan un difícil recarga y muy buena capacidad de almacenamiento.

#### *4.1.4.- Características piezométricas, flujo subterráneo y funcionamiento hidrogeológico:*

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable, existen un sondeo en un perímetro inferior a 100 metros en torno a la zona donde se ubica la balsa, y el nivel piezométrico está en torno a los 80 metros, dato que ha confirmado la geofísica realizada.

Al tratarse de acuíferos de tipo fisural el nivel piezométrico es muy variable y depende de múltiples variables:

- Tipo de fractura (falla y/o diaclasa) a la que se asocia el acuífero.
- Profundidad a la que se localiza.
- Dimensiones de la cámara de almacenamiento.
- Números de recarga.

- Estación (verano o invierno)
- Etc.

En lo que respecta al flujo subterráneo, manifiesta en el tipo de acuífero que nos podríamos encontrar en la zona, una extrema variabilidad espacial en lo que a conductividad hidráulica y cantidad de flujo se refiere.

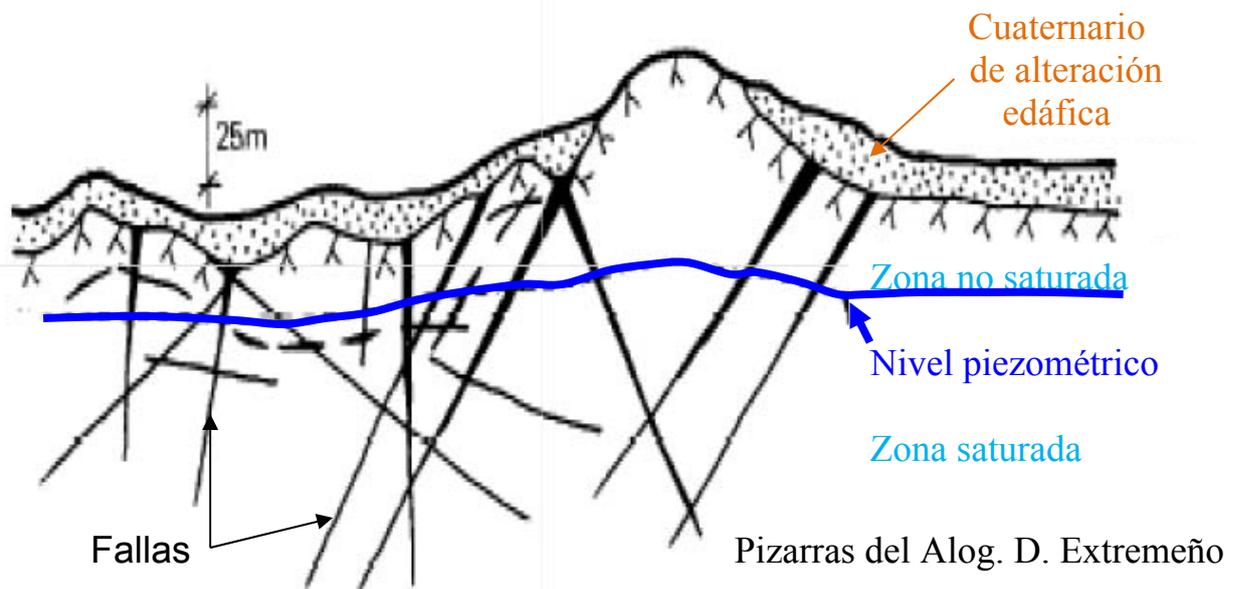
Las propiedades hidráulicas de los acuíferos fisurales son muy anisotrópicas y están definidas en conjunto con información espacial (direccional) de las fracturas existentes en la zona, en base a ello los acuíferos que se podrían dar en la zona presentan una circulación del agua (**dirección de flujo subterráneo**) lineal y está claramente marcada por la red de fracturación local, que tiene las siguientes direcciones:

- ❶ N120°-130°E
- ❷ N30°-40°E
- ❸ N0°-10°E

Las velocidades del agua a través de fracturas individuales pueden ser extremadamente altas, pero las fracturas usualmente ocupan solo una parte del acuífero, en base a esto, el promedio del flujo volumétrico suele ser bajo en este tipo de acuíferos.

En lo que respecta al funcionamiento hidrogeológico, mencionar que este tipo de acuíferos se conforma de los siguientes componentes:

- a. Red de fracturas / discontinuidades
- b. Bloque de la matriz
- c. Relleno de las fracturas (si existe).
- d. Zona meteorizada (si existe)



Esta figura representa el tipo de acuíferos que se relaciona con zonas de fracturas asociadas a materiales impermeables (pizarras en nuestro caso), se trata de una red de fracturas (fallas y diaclasas) interconectadas entre sí, el bloque matriz son las pizarras afectadas por la red de fracturas. En este tipo de acuíferos no hay relleno de fracturas, si bien en la mayoría de ellas, sobre todo en las fallas, suele haber una intensa arenización producida principalmente por la meteorización de las aguas. En lo que respecta a la zona meteorizada es la formación cuaternaria compuesta por las arenas y limos de alteración pizarrosa que compone los aproximadamente 0,60 metros de recubrimiento que tienen las pizarras en la zona.

El agua se infiltra a través de la cobertera cuaternaria permeable y llega a las pizarras impermeables, en las áreas donde se encuentren fracturas (principalmente fallas), que no es el caso de la zona donde se ubicará la balsa, ya que la geofísica lo ha descartado; el agua penetra a través de esas fracturas y de pequeñas fisuras por capilaridad, rellenando de agua subterránea la red de fracturación por debajo del nivel piezométrico (zona saturada).

## 4.2.- Hidrogeología local:

### 4.2.1.- Inventario de pozos, sondeos y manantiales en el entorno próximo:

Se localiza un sondeo (propiedad del titular) a unos 25 metros de la balsa afectada, si bien el pozo efectuado no se va a poner en uso en el futuro, debido al escaso caudal que tiene las características del sondeo son las siguientes:

Las perforación se ha realizado mediante una maquina ha roto-percusión, con martillo en fondo; la maquina empleada fue una perforadora sobre camión más un compresor de 21.000 litros a 21 ATM.; considerando este tipo de perforación el más idóneo para la ejecución de pozos-sondeos, de acuerdo con el tipo de terreno que se preveían atravesar.

Las características del Pozo serán las siguientes:

- Sondeo : Perforación vertical.
- Profundidad: 100 mts
- Diámetro de Perforación: 180 mm.
- Revestimiento con tubo. 160 mm. de PVC.
- caudal instantáneo : 1.000 l/h.

### 4.2.2.- Características estructurales y análisis de la fracturación en acuíferos por fracturación:

Las características estructurales de los posibles acuíferos tectónicos que generan este tipo de materiales en el entorno, está claramente relacionada con la red de fracturación local (fallas y diaclasas) (ver figura pp 22).

La fracturación que se observa en toda la zona tiene esencialmente tres direcciones de mayor desarrollo longitudinal que son la NNO-SSE, NNE-SSO y N-S.

Estas direcciones tienen un buzamiento vertical a subvertical (65°-90°), las tres direcciones de fracturación se repiten por todo el área.

La circulación del agua (**dirección de flujo subterráneo**) en la parcela tiene una dirección aproximada N30-40°E, coincidiendo con una de las direcciones principales de fracturación de la zona, esta dirección es lógica porque, como ya se ha mencionado, el flujo de aguas subterráneas tiene una clara influencia de la red de fracturado hercínico local, la cual se dispone según estas direcciones.

### 4.2.3.-Permeabilidad:

La permeabilidad es la facilidad de movimiento que tiene el agua por los caminos que encuentra en poros y grietas que comunican entre sí su espacio en mayor o menor medida.

En las pizarras la permeabilidad está determinada por el tamaño de las fracturas, diaclasas, y por el tamaño de las aberturas a lo largo de los planos de estratificación y el tamaño de los huecos producto de la disolución, así mismo la conexión de la red de fracturación es un factor determinante en el grado de permeabilidad.

En base a esta premisa es muy difícil de calcular cual es la permeabilidad del bloque matriz en la zona, fundamentalmente porque no se ha detectado acuífero, en cualquier caso se aporta valores de permeabilidad para este tipo de materiales.

Según datos tomados en materiales similares tenemos una **permeabilidad** de:

$$0 \text{ a } 0,7 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,12 \times 10^{-7}$$

$$3 \text{ a } 75 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 2,11 \times 10^{-9}$$

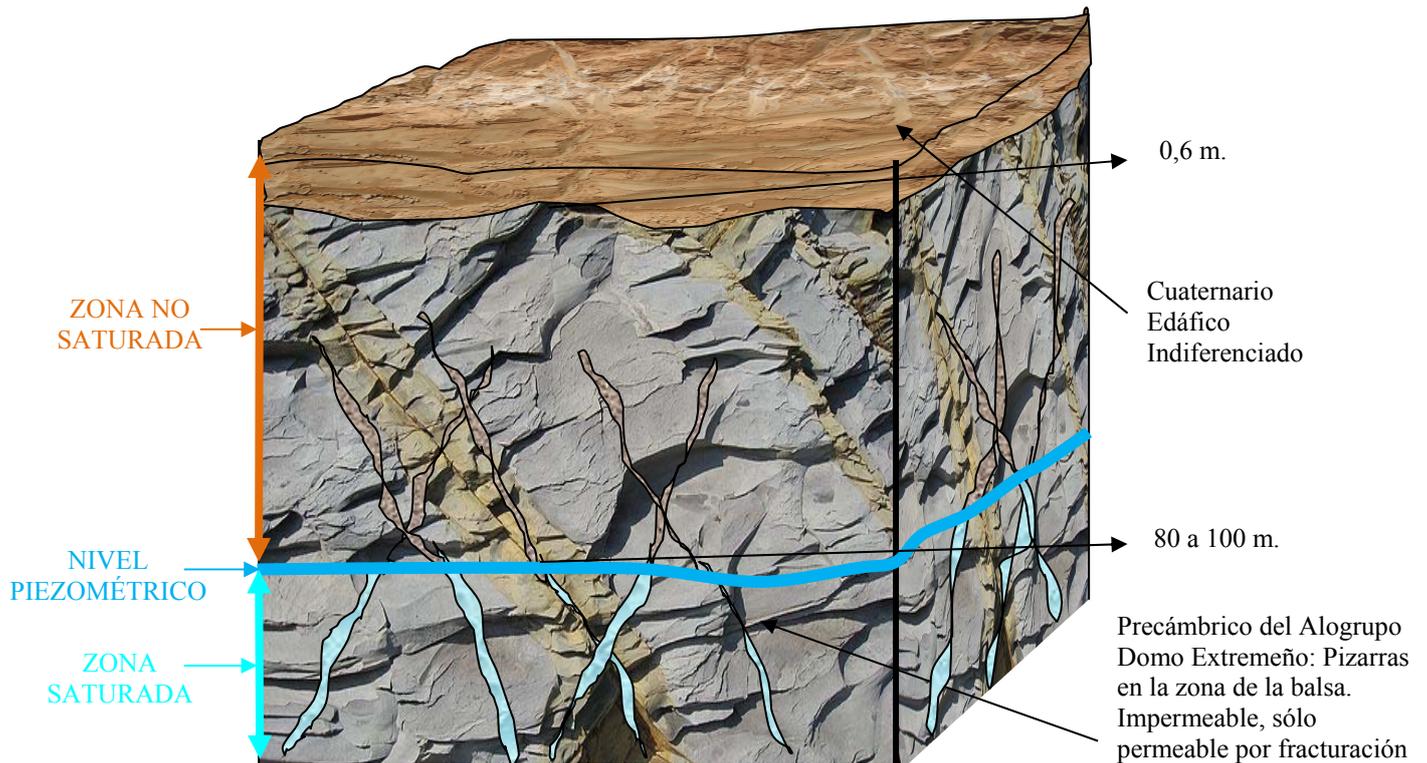
$$75 \text{ a } 110 \text{ metros: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 2,18 \times 10^{-8}$$

$$\text{En zonas de fracturación: } \kappa \text{ (cm}^2\text{)} = 1,30 \times 10^{-5}$$

Como se puede apreciar tiene una permeabilidad baja, propia de materiales impermeables, tan sólo en zonas de fracturación, donde existe porosidad secundaria tectónica se aprecia un aumento de la permeabilidad.

### 4.2.4.-Caracterización geológica e hidrogeológica de la zona no saturada:

A pesar de no existir acuífero bajo la parcela afectada, se analiza la caracterización geológica e hidrogeológica de la zona no saturada asociada a acuíferos de esta tipología. La zona no saturada está compuesta por el tramo de arenas y limos cuaternarios procedentes de la meteorización de las pizarras, que es un tramo de unos 0,60 metros de potencia y por el bloque matriz y su red de fracturación asociada. En el siguiente esquema se define la geología e hidrogeología de la zona no saturada.



Desde el punto de vista hidrogeológico en la zona no saturada lo que ocurre en este tipo de acuíferos es un proceso de infiltración de las aguas fundamentalmente pluviales, esta agua se infiltra a través de las fracturas hasta llegar a la zona saturada.

#### 4.2.5.- Situación del nivel piezométrico local:

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable, existen un sondeo en un perímetro inferior a 100 metros en torno a la zona donde se ubica la balsa, y el nivel piezométrico está en torno a los 80 metros, dato que ha confirmado la geofísica realizada.

El nivel piezométrico es bastante variable, ya que depende de:

- Rumbo y buzamiento de las discontinuidades que conformen el acuífero.
- Longitud de la traza de las discontinuidades
- Número de fracturas por unidad de longitud
- Número de grupos de discontinuidades presentes en la red
- Distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes del mismo grupo

- Longitud acumulada de fracturas por unidad de área expuesta.
- Extensión del área fracturada y su forma.
- Intersección y terminación de las fracturas expuestas.
- Área acumulada de planos fracturados por unidad de volumen de roca.
- Número de fracturas por metro cubico de volumen de roca.
- Tamaño del bloque y forma resultante de la red de fracturas
- Distancia perpendicular entre las paredes adyacentes de la discontinuidad que genera el acuífero.
- Proyección de la pared de la roca a lo largo de la superficie de la discontinuidad.
- Material sólido que cubre o rellena las superficies de las discontinuidades.

Todas estas variables inciden directamente en los parámetros hidrodinámicos del acuífero, y por tanto inciden en el nivel piezométrico local. En base a los datos de que se disponen, se establece el nivel piezométrico asociado a este tipo de acuíferos en la zona de ubicación de la balsa de Palomero: entre 80 y 100 metros de profundidad.

## **5.- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

### **5.1.- Introducción:**

Un acuífero es un depósito de agua subterránea, agua almacenada en la porosidad de las rocas almacén. Las características y potencialidad de los acuíferos dependen de sus dimensiones, de su forma, y de la permeabilidad de los materiales que los forman; por lo tanto los materiales y la tectónica de la zona nos marca el comportamiento hidráulico de las aguas subterráneas del entorno de la actividad objeto del presente proyecto.

Una vez efectuado un exhaustivo análisis hidrogeológico de los materiales existente bajo la parcela afectada por la actividad que nos ocupa y tras realizar estudios geofísicos en la misma, no se ha detectado ningún acuífero bajo la zona de ubicación de la balsa, sí que se ha detectado una zona de fracturación con agua subterránea a unos 25 metros del límite de la balsa que estaría conectada con el pozo existente junto a la balsa, si bien la traza de la fractura pasa por fuera de la zona de la balsa, y en cualquier caso, el pozo no se va a usar.

A continuación se describen las principales características hidrogeológicas de los materiales subyacentes de la parcela afectada, así como la permeabilidad de los mismos, niveles piezométricos asimilados, etc.

#### ***Pizarras del Precámbrico del Alogrupo Domo Extremeño:***

Estos son materiales desde el punto de vista hidrogeológico estériles, esterilidad provocada por la impermeabilidad o muy baja permeabilidad de estos materiales. Estas formaciones tan sólo presentan acuíferos relacionados con fracturas tardihercínicas de descompresión. Estas fracturas están rellenas por filones de cuarzo.

El acuífero que se relaciona con este tipo de materiales, presenta un nivel de permeabilidad muy baja a baja, tan sólo presenta algo de permeabilidad asociada a zonas de fracturas y fallas generada por la macrofracturación que presentan estas fracturas.

El posible acuífero que pudiera haber relacionado con la Formación Pizarras del Precámbrico del Alogrupo Domo Extremeño sería de tipo limitado con bordes negativos, y en el que funcionamiento hidráulico es complejo ya que se encuentra íntimamente ligado a la dimensión del conjunto de fracturas y la dirección de las mismas.

Es de tipo discontinuo, son los típicos que afectan a las rocas con un comportamiento ante la deformación frágil; y que generan porosidades secundarias constituidas por fracturación, trituración y alteración, se trata en definitiva de un acuífero fisural.

En resumen tenemos un acuífero de tipo discontinuo, fisural, limitados y confinados, limitado por la impermeabilidad de las pizarras. Se trata pues de un acuífero generado por permeabilidad secundaria debida a la porosidad generada por la fracturación.

Este tipo de acuíferos tienen una recarga difícil por regla general, en el aspecto positivo mencionar que tienen un alto coeficiente de almacenamiento.

Las pizarras son materiales impermeables, que resultan permeables por la porosidad generada por la fracturación, trituración y alteración en zona de macrofracturación, dependiendo de la anchura de la zona de fracturación.

Según datos tomados en pizarras similares tenemos una **permeabilidad** en la zona de:

3 a 75 metros:  $K = 2,11 \times 10^{-9}$

75 a 110 metros:  $K = 2,38 \times 10^{-8}$

En zonas de fracturación:  $K = 1,30 \times 10^{-7}$

Como se puede apreciar tiene una permeabilidad muy baja, propia de materiales impermeables, tan sólo permeables en zonas de fracturación, donde existe porosidad secundaria tectónica que produce un aumento de la permeabilidad.

### ***Materiales cuaternarios:***

No se puede hablar de acuífero ya que no existe un seno hidrogeológicamente bien, está compuesto por un conjunto de materiales de baja porosidad constituidos por litologías detríticas (sedimentos de alteración pizarrosa (arenas y limos con restos de pizarras).

No se puede hablar de acuífero ya que no existe un seno hidrogeológicamente bien, está compuesto por un conjunto de materiales de baja porosidad constituidos por litologías detríticas (sedimentos de alteración pizarrosa (arenas y limos con restos de pizarra).

Los límites de la profundidad de un supuesto acuífero vienen claramente condicionados por el espesor del seno de alteración precámbrica y la potencia del recubrimiento neógeno, según esto la potencia de un supuesto acuífero puede estimarse en unos 0,6 metros. Con este espesor no es posible que se formen acuíferos, ya que el agua infiltrada termina evaporándose en pocos días.

**No se ha detectado en la zona de la balsa ningún acuífero detrítico, el escaso espesor del cuaternario en la zona, unido al alto coeficiente de evaporación anula la existencia de acuíferos detríticos asociado a los materiales cuaternarios.**

### **5.2.- Velocidad de avance del flujo:**

En lo que respecta a las velocidades de avance del flujo subterráneo, manifiesta en el tipo de acuífero que nos podríamos encontrar en la zona, una extrema variabilidad espacial en lo que a conductividad hidráulica y cantidad de flujo se refiere.

En este sentido cabe decir que el flujo hidráulico que circula por la zona no saturada se rige por la Ley de Darcy que, en dirección vertical puede ser descrita en la siguiente forma:

$V_x = k(o)/\theta \times \delta h/\delta x$  , donde  $V_x$  es la velocidad del flujo,  $\theta$  el contenido de la humedad,  $\delta h/\delta x$  la gradiente hidráulica no saturada, y  $k(o)$  la conductividad hidráulica no saturada que es una función del contenido de la humedad.

El contenido de la humedad y la conductividad hidráulica vertical no saturada son funciones del potencial hídrico del suelo, que es consecuencia de la afinidad del agua para superficies sólidas y es controlado por la distribución del tamaño de los poros y/o fracturas.

Las velocidades del agua a través de fracturas individuales pueden ser extremadamente altas, pero las fracturas usualmente ocupan solo una parte del acuífero, en base a esto, el promedio del flujo volumétrico suele ser bajo en este tipo de acuíferos.

Teniendo en cuenta esto último y aplicándolo a nuestro caso en concreto, en el que tenemos pizarras con una red de fracturación no muy elevada y con escaso material cuaternario de recubrimiento (> 2 m.), la velocidad de flujo natural en la zona no saturada es inferior a 0,2 mt/día a corto plazo, y menos aún promediadas a periodos más largos.

### **5.3.- Ubicación de punto de control:**

A pesar de no detectarse acuífero bajo la balsa afectada se diseña una red de drenaje con una arqueta de paso ciega y un piezómetro de control de filtraciones.



## **6.- ESTUDIO DE LA INTERCONECTIVIDAD:**

### **6.1.- Introducción:**

Expuestas las características geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas de la zona, pasamos a analizar la relación de la actividad industrial con la hidrogeología e hidrología de la zona. La actividad que nos ocupa puede afectar a la calidad de las aguas, para conocer el grado de afección de la balsa vamos a estudiar por separado la incidencia sobre la cantidad y sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas de la zona.

### **6.2.- Estudio de la afección de la balsa sobre las aguas superficiales:**

El estudio de las relaciones entre la actividad que aquí nos ocupa y la corriente superficial se ha basado en un estudio hidrológico de campo y de diferentes factores que pudieran influir de un modo decisivo en la afectividad entre el y la dinámica de cualquier cauce fluvial más cercano.

Partimos de la base que la actividad para la que se redacta el presente estudio hidrogeológico no puede afectar a las aguas de corriente, a no ser que se viertan las aguas depuradas al cauce fluvial.

Si podría afectar a la dinámica fluvial si se produjesen filtraciones o colmataciones que llegasen a un cauce fluvial.

No se observan cauces fluviales en un perímetro de 100 metros del lugar de ubicación de la balsa, el cauce más cercano se encuentra a más de 250 metros al norte del lugar de ubicación de la balsa, se trata del Arroyo de Palomero, al sur se observa un regatón que es afluente del propio arroyo palomero, y se encuentra a unos 230 metros; estas distancias anulan cualquier posibilidad de afección directa sobre estos cauces fluviales.

En base a esto mencionar la balsa está fuera de cualquier llanura de inundación, y por tanto está fuera del área de influencia hidrológica de las correnteras o del Arroyo de Palomero, siempre y cuando exista una impermeabilización efectiva y que no existan colmataciones de la balsa, para lo cual se ha hecho un diseño efectivo de la balsa.

### **6.3.- Estudio de la afección de la balsa sobre las aguas subterráneas de la zona:**

#### *6.3.1.- Introducción:*

Una vez visto las características geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas de la zona, pasamos a intentar analizar la posible influencia que puede tener la actividad objeto del presente proyecto sobre la zona.

6.3.2.- *El Riesgo de contaminación de las aguas subterráneas:*

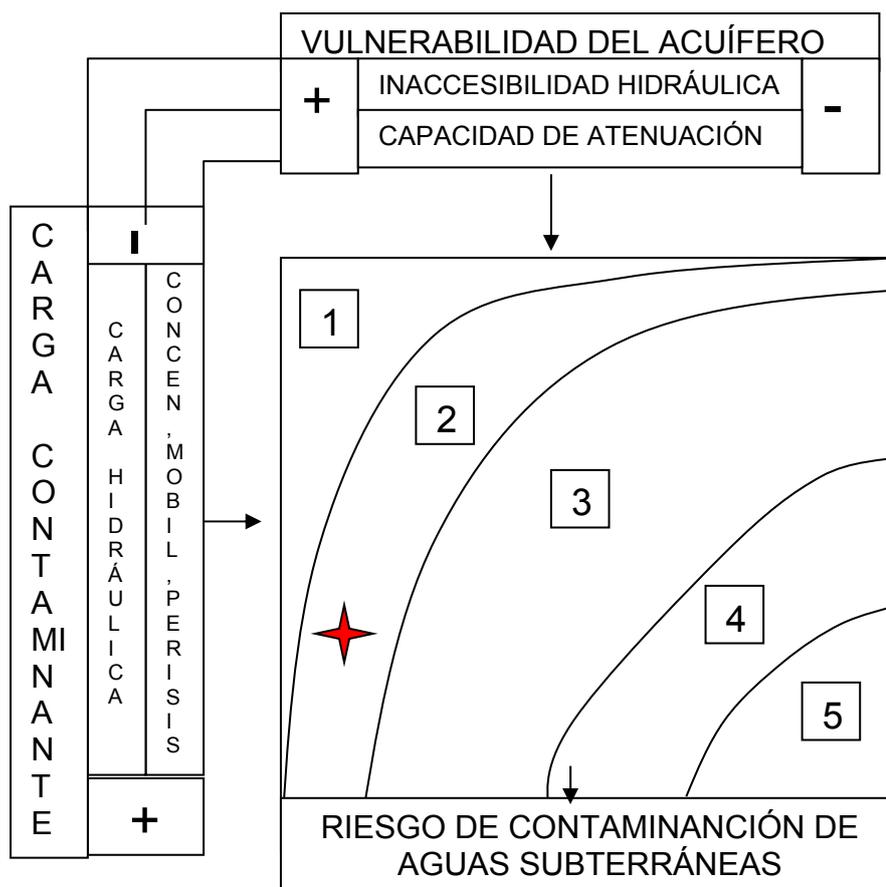
6.3.2.1.- Introducción:

La calidad natural de las aguas subterráneas, entendiendo como tal su composición original, es producto de la interacción del agua de infiltración y de los materiales con los que entra en contacto durante el ciclo hidrogeológico. Determinados factores externos, principalmente de actividades antrópicas pueden provocar alteraciones en dicha composición al introducir sustancias ajenas susceptibles de modificar su naturaleza original.

6.3.2.2.- Concepto fundamental del riesgo de contaminación:

6.3.2.2.1.- Introducción:

La definición más lógica del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas es concebida como la interacción entre la carga contaminante y la vulnerabilidad del acuífero. La determinación entre la carga contaminante y la vulnerabilidad del acuífero determina el riesgo de que la contaminación penetre al acuífero. Adoptando tal esquema podremos obtener una alta vulnerabilidad sin riesgo de contaminación, por la ausencia de una carga significativa de contaminantes y viceversa. Ambos son perfectamente lógicos en la práctica.



- 1.- MUY BAJO
- 2.- BAJO
- 3.- MODERADO
- 4.- ELEVADO
- 5.- EXTREMO

 *BALSA DE SAN MER, S.A. CON IMPERMEABILIZACIÓN*

### Esquema conceptual del riesgo de contaminación de aguas subterráneas

Como se puede ver en la gráfica a pesar de que la carga contaminante es alta, ya que los residuos que aquí estamos tratando son contaminantes, sin embargo la no existencia de acuíferos bajo la balsa, el escaso espesor del seno arenoso y la impermeabilidad de las pizarras existente debajo de la futura balsa de efluentes de almazara, unido a la efectiva impermeabilización a realiza, nos indica que el riesgo de contaminación será bajo.

El término vulnerabilidad del acuífero a la contaminación representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta.

En nuestro caso el potencial acuífero que pudiera existir en el área de ubicación de la parcela afectada sería poco vulnerable debido a las características hidrogeológicas impermeables de las pizarras, además la carga contaminante no supone un problema con la debida impermeabilización.

También es importante conocer el comportamiento hidráulico del acuífero relacionado con la posible introducción de sustancias contaminantes en las aguas del mismo. En este sentido cabe decir que el flujo hidráulico que circula por la zona no saturada está en función del contenido de la humedad y la conductividad hidráulica vertical no saturada, que son funciones del potencial hídrico del suelo, que es consecuencia de la afinidad del agua para superficies sólidas y es controlado por la distribución del tamaño de los poros y/o fisuras.

Teniendo en cuenta esto último y aplicándolo a nuestro caso, en el que tenemos materiales pizarrosos, la variación no es dramática ya que no existen macroporos en las pizarras ni se han detectado fracturas significativas bajo la balsa que puedan retener y conducir agua solamente a muy bajo potencial hídrico, por lo que tiene que existir un potencial hídrico altísimo para conducir contaminantes al interior de un supuesto acuífero.

La tasa del flujo de agua y de la penetración de algunos contaminantes en formaciones graníticas, como es el caso que estamos estudiando, pueden estar en un orden de magnitud mucho más alto cuando existe una carga hidráulica importante. Este es un factor clave en la determinación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas ya que al tener una tasa de flujo inferior a 0,2 metros al día, debido a las características hidrogeológicas del acuífero implica que el tiempo de tránsito que tarda un contaminante en llegar al acuífero puede ser más alto que en otro tipo de formaciones, en tal caso la contaminación microbiológica y bacteriológica no adquiere importancia; ya que el tiempo de tránsito generalmente es superior al periodo de vida y por tanto de contaminación de un determinado contaminante microbiológico.

#### 6.3.2.3.2.- Caracterización de la vulnerabilidad del acuífero:

El termino vulnerabilidad a la contaminación del acuífero es usado para representar las características intrínsecas que determinan la sensibilidad de un acuífero a ser adversamente afectado por una carga contaminante. La vulnerabilidad del acuífero es una función de:

\* La inaccesibilidad de la zona saturada, en un sentido hidráulico, a la penetración de contaminantes.

\* La capacidad de atenuación de los estratos encima de la zona saturada del acuífero como resultado de su retención física y reacción química con contaminantes.

En función de todos los factores anteriormente mencionados se aporta una descripción de la vulnerabilidad hidrogeológica a la contaminación en la parcela afectada.

Como se cita en los apartados anteriores, tras los estudios geológicos y geofísicos efectuados mencionar que no se localizan aguas subterráneas bajo la balsa. En lo que respecta a las formaciones cuaternarias en los 0,6 metros de espesor que tenemos en la zona, es un terreno vulnerable a la contaminación ya que se trata de un terreno detrítico, si bien la impermeabilidad manifiesta de la balsa protege la vulnerabilidad hidrogeológica y edafológica de este tramo.

La vulnerabilidad de las pizarras existente bajo la balsa es muy baja ya que se tratan de materiales impermeables por los que tan sólo discurre agua a lo largo de fracturas, si bien estos acuíferos son muy locales y de escaso caudal, con una accesibilidad hidráulica muy baja, por lo que la vulnerabilidad es baja.

#### **6.4.- Medidas preventivas para evitar la contaminación de suelos y agua:**

La mejor medida preventiva para evitar la contaminación de las aguas subterráneas es el diseño de construcción e impermeabilización que se ha diseñado para la misma, cuyas características están descritas en el **apartado 1.2**, del presente estudio hidrogeológico.

## **7.- CONCLUSIONES:**

### **7.1.- Introducción:**

El presente Estudio Hidrogeológico se ha realizado con el objetivo de determinar la posible afección de la impermeabilización y uso de una balsa para el vertido de aguas procedentes del clasificado de aceitunas de mesa, en la parcela 399 del polígono 7 del Término Palomero (Cáceres). Este estudio de posible afectividad se ha basado en un estudio hidrogeológico, geológico, geofísico y edafológico de la zona afectada, del cual se ha deducido que por las características geofísicas, geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas observadas en la zona afectada, no existiría afección a la hidrología, hidrogeología y edafología de la zona, basado en tres razones fundamentales:

- a. Impermeabilidad y baja vulnerabilidad de las pizarras subyacente en la zona de la balsa.
- b.- No se han detectado acuíferos bajo la balsa a los que pudiera afectar lixiviados de aguas alpechinadas.
- c.- El diseño de las balsa unido a la efectiva impermeabilización de la que estará dotada la misma.

### **7.2.- Conclusiones al Estudio Hidrogeológico:**

Como conclusiones al estudio hidrogeológico podemos citar las siguientes:

- a.- Las características constructivas y la impermeabilización de la futura balsa limitan las posibilidades de filtración, y el diseño de las características morfológicas de la balsa dificulta cualquier posibilidad de colmatación.
- b.- La vulnerabilidad del acuífero en la parcela afectada es baja debido a las características hidrogeológicas impermeables de las pizarras existentes en la zona.

### **Firma el presente estudio hidrogeológico**

En Santa Marta a 24 de Julio de 2019



**Fdo. Francisco Javier Fernández Amo**  
**Geólogo Colegiado n°.: 3.214**

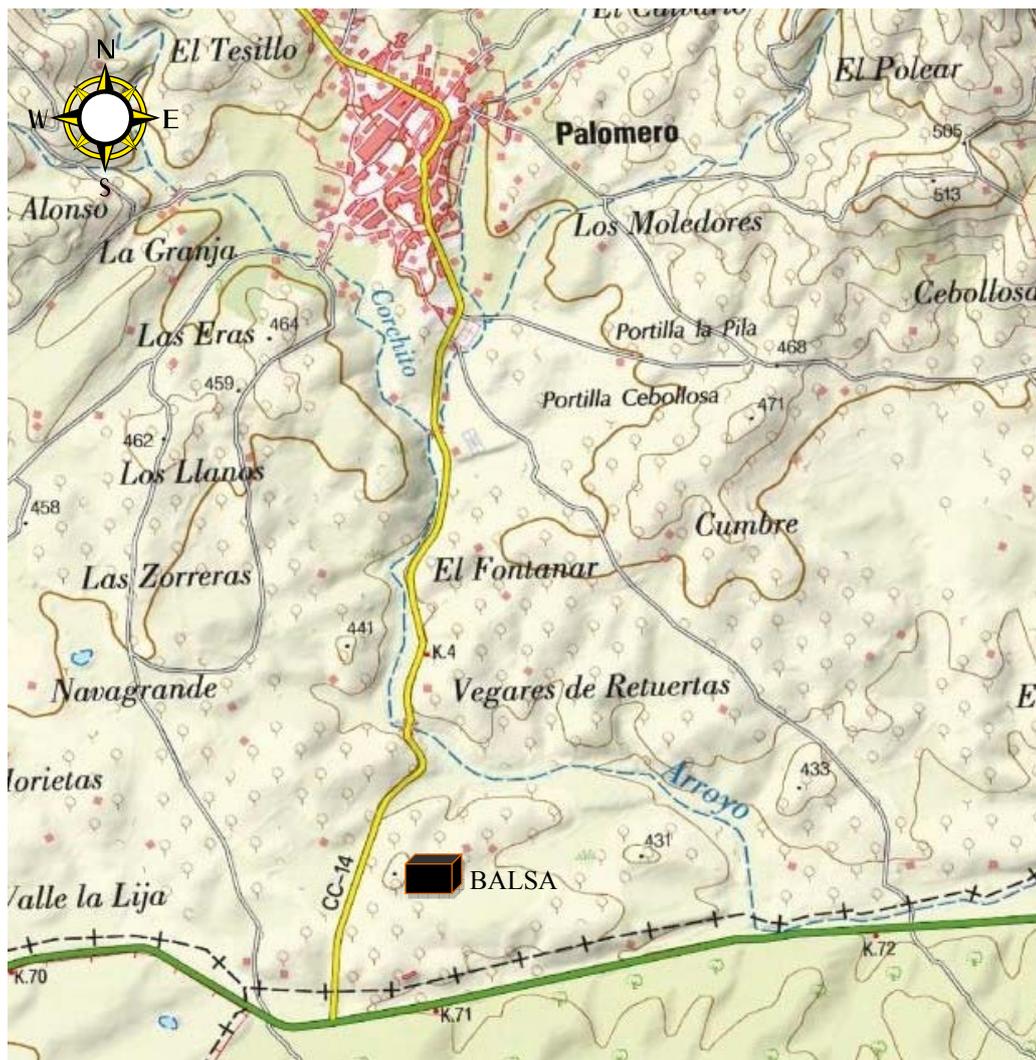
# **ANEXO I**

# **MAPAS Y PLANOS**

**MAPA TOPOGRÁFICO CON CURVAS DE NIVEL**

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE AFECCIÓN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DE LA Balsa de Aguas de Aderezo. Parcela 399 del Polígono 7 del Término Municipal de Palomero (Cáceres)”

## MAPA TOPOGRÁFICO DE LOCALIZACIÓN DE LA Balsa EN LA PARCELA 399 DEL POLÍGONO 7 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALOMERO (CÁCERES, EXTREMADURA)

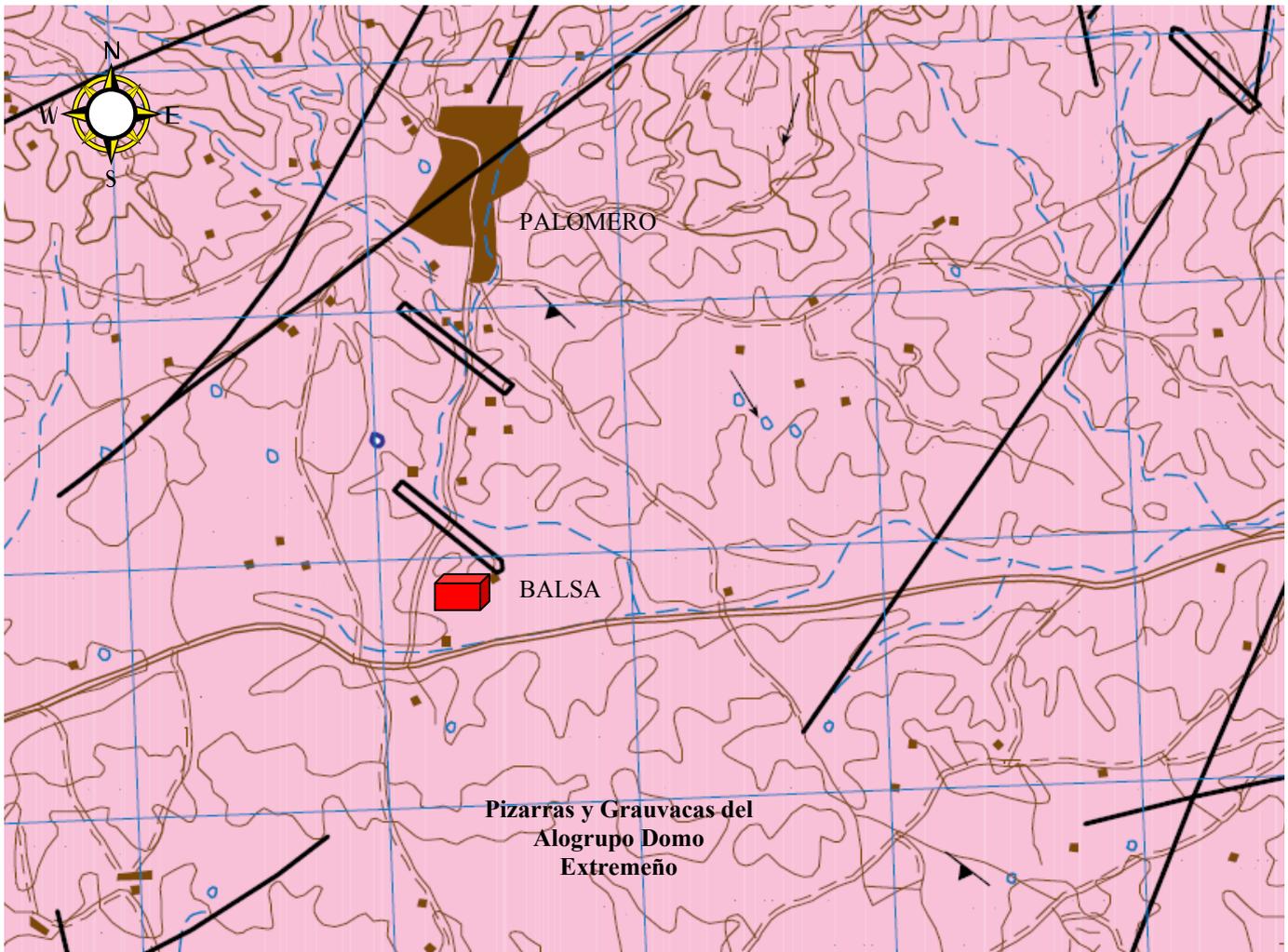


<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b> SAN MER S.A.	<b>Autor:</b> Francisco J. Fernández Amo	<b>FECHA:</b> 24-07-2019	<b>ESCALA:</b> 1 : 50.000	<b>Nº DE PLANO:</b> 1
---	---	-----------------------------	------------------------------	--------------------------

**MAPA GEOLÓGICO**

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE AFECCIÓN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DE LA Balsa de Aguas de Aderezo. Parcela 399 del Polígono 7 del Término Municipal de Palomero (Cáceres)”

## MAPA GEOLÓGICO DE LOCALIZACIÓN DE LA Balsa EN LA PARCELA 399 DEL POLÍGONO 7 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALOMERO (CÁCERES, EXTREMADURA)



<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b> SAN MER S.A.	<b>Autor:</b>  Francisco J. Fernández Amo	<b>FECHA:</b> 24-07-2019	<b>Nº DE PLANO:</b> 2	<b>ESCALA:</b> 1 : 25.000
---	--	-----------------------------	--------------------------	------------------------------

**MAPA HIDROLÓGICO ESCALA 1 : 25.000**

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE AFECCIÓN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DE LA Balsa de Aguas de Aderezo. Parcela 399 del Polígono 7 del Término Municipal de Palomero (Cáceres)”

## MAPA HIDROLÓGICO DE LOCALIZACIÓN DE LA Balsa EN LA Parcela 399 DEL POLÍGONO 7 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALOMERO (CÁCERES, EXTREMADURA)



**NOMBRE PROPIETARIO:**

SAN MER S.A.

**Autor**

Francisco J. Fernández Amo

**FECHA:**

24-07-2019

**ESCALA:**

1 : 25.000

**Nº DE PLANO:**

3

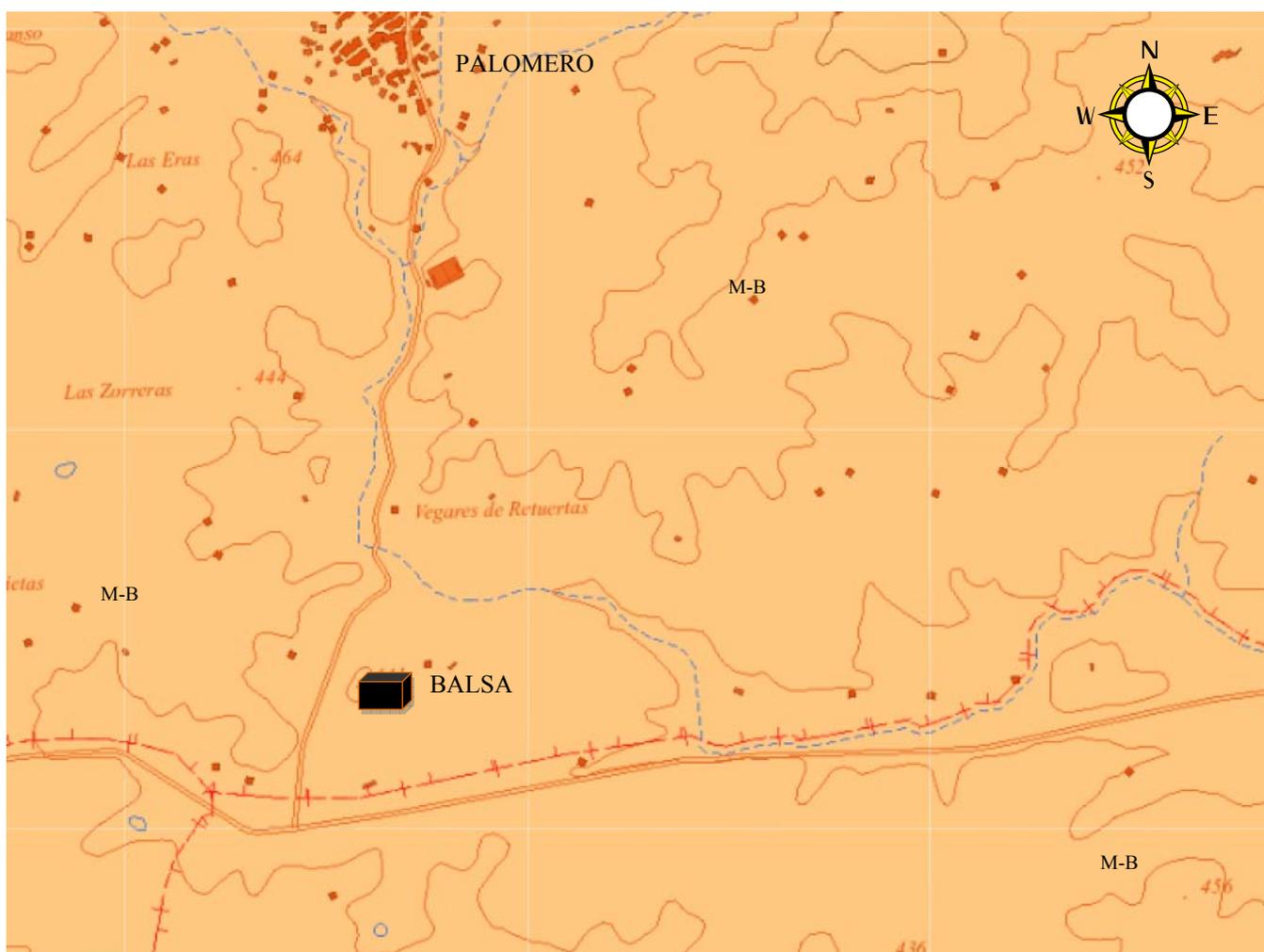
**MAPA DETALLADO DE LAS UNIDADES  
HIDROGEOLÓGICAS**

No hay presencia de unidades hidrogeológicas en la zona afectada.

**MAPA DE PERMEABILIDADES DE LA ZONA  
AFECTADA**

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE AFECCIÓN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DE LA Balsa de Aguas de Aderezo. Parcela 399 del Polígono 7 del Término Municipal de Palomero (Cáceres)”

## MAPA DE PERMEABILIDADES DE LOCALIZACIÓN DE LA Balsa EN LA Parcela 399 DEL POLÍGONO 7 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALOMERO (CÁCERES, EXTREMADURA)



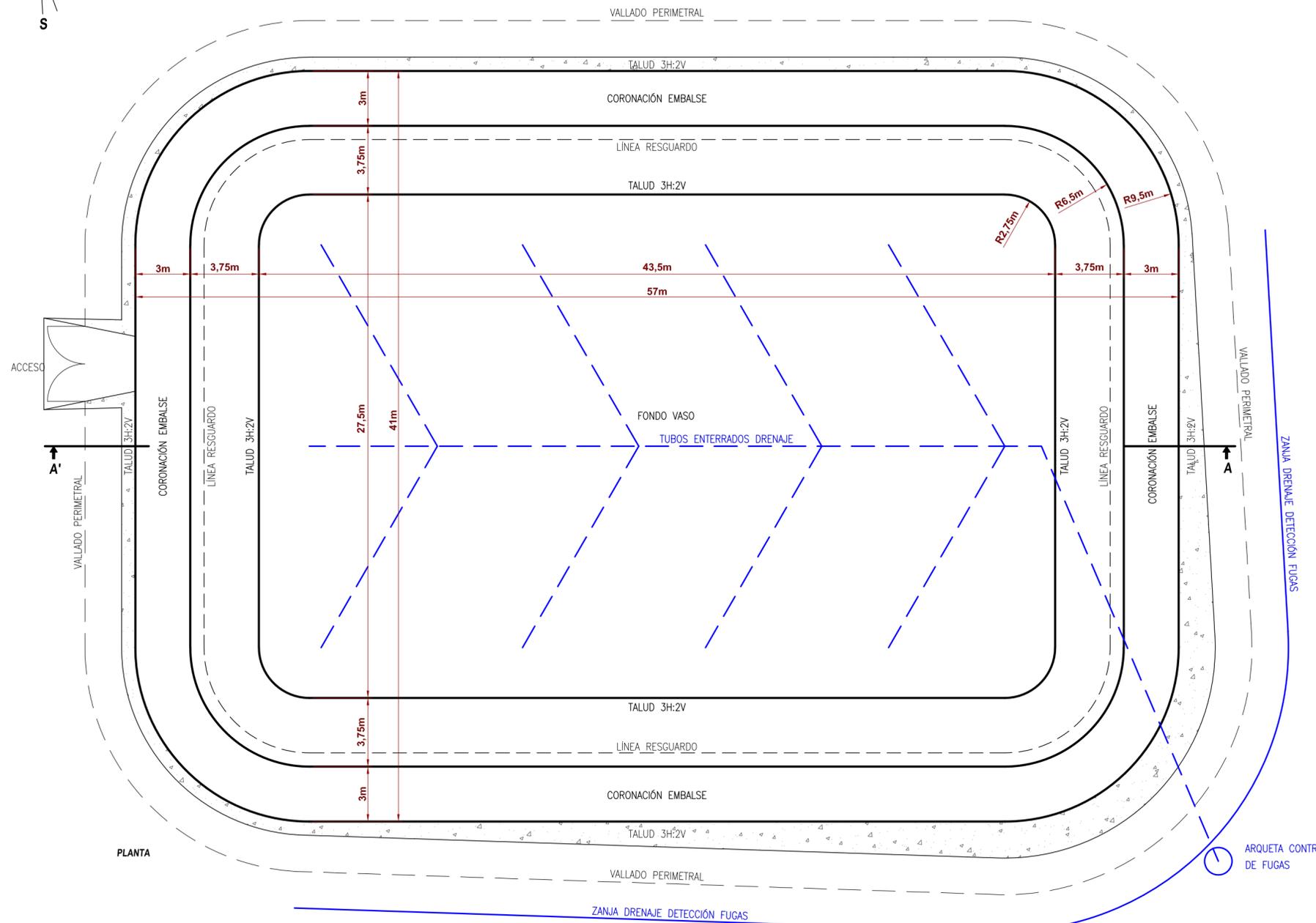
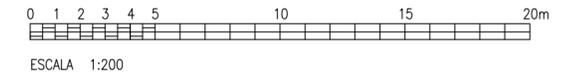
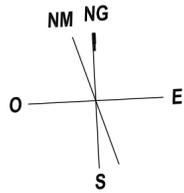
<b>NOMBRE PROPIETARIO:</b> SAN MER S.A.	<b>Autor:</b>  Francisco J. Fernández Amo	<b>FECHA:</b> 24-07-2019	<b>ESCALA:</b> 1 : 40.000	<b>Nº DE PLANO:</b> 4
--	---	-----------------------------	------------------------------	--------------------------

# LEYENDA

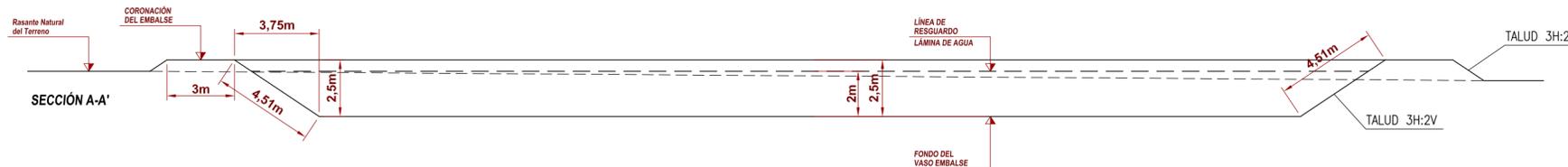
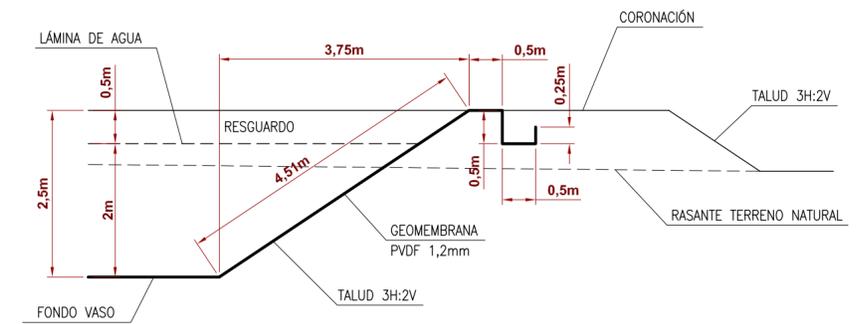
## PERMEABILIDAD

LITOLOGÍAS		PERMEABILIDAD					
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA	
CON AGUAS UTILIZABLES	FISURABLES Y SOLUBLES	CARBONATADAS	C-MA	C-A	C-M	C-B	C-MB
		DETRÍTICAS (Cuaternario)	Q-MA	Q-A	Q-M	Q-B	Q-MB
	POROSAS	DETRÍTICAS	D-MA	D-A	D-M	D-B	D-MB
		VOLCÁNICAS (Piroclásticas y lávicas)	V-MA	V-A	V-M	V-B	V-MB
		META-DETRÍTICAS	M-MA	M-A	M-M	M-B	M-MB
	FISURABLES	ÍGNEAS	I-MA	I-A	I-M	I-B	I-MB
POROSAS POR METEORIZACIÓN		EVAPORÍTICAS	E-MA	E-A	E-M	E-B	E-MB
	SOLUBLES						
CON AGUAS NO UTILIZABLES O DE MUY BAJA CALIDAD							

**PLANOS DE LAS INSTALACIONES**



**DETALLE E 1:75 SECCIÓN TALUD EMBALSE**



**DATOS DEL EMBALSE**

* ÁREA SUPERIOR MÁXIMA DEL VASO.	1.749 m <sup>2</sup>
* ÁREA SUPERIOR ÚTIL DEL VASO (Superf. Lámina Agua).	1.630 m <sup>2</sup>
* ÁREA INFERIOR DEL VASO.	1.190 m <sup>2</sup>
* PERÍMETRO SUPERIOR MÁXIMO DEL VASO.	161 m
* PERÍMETRO SUPERIOR ÚTIL DEL VASO.	156 m
* PERÍMETRO INFERIOR ÚTIL DEL VASO.	137 m
* ÁREA OCUPADA POR EL EMBALSE.	2.456 m <sup>2</sup>
* PERÍMETRO OCUPADO POR EL EMBALSE.	187 m
* ANCHO DE CORONACIÓN.	3,00 m
* ALTURA MÁXIMA DEL VASO.	2,50 m
* RESGUARDO.	0,50 m
* ALTURA ÚTIL MÁXIMA DEL VASO.	2,00 m
* TALUD INTERIOR DEL VASO EN TERRAPLEN.	3 h : 2 v
* TALUD EXTERIOR DEL VASO EN TERRAPLEN.	3 h : 2 v
* VOLÚMEN MÁXIMO INCLUIDO RESGUARDO.	3.655 m <sup>3</sup>
* VOLÚMEN EMBALSADO SIN INCLUIR RESGUARDO.	2.810 m <sup>3</sup>
* ESPESOR TIERRA VEGETAL.	0,50 m
* VOLUMEN DE EXCAVACIÓN.	2.810 m <sup>3</sup>
* VOLUMEN DE RELLENO EN TERRAPLÉN.	331 m <sup>3</sup>
* SUPERFICIE DE LÁMINA IMPERMEABILIZANTE.	2.430 m <sup>2</sup>
* LONGITUD DE VALLADO.	200 m <sup>2</sup>

Fecha: **14/06/19**  
Escala: **1:200**

Situación: POLÍGONO 7, PARCELA 399, PARAJE "VEGARES DE RETUERTAS" DEL T.M. PALOMERO (CÁCERES)

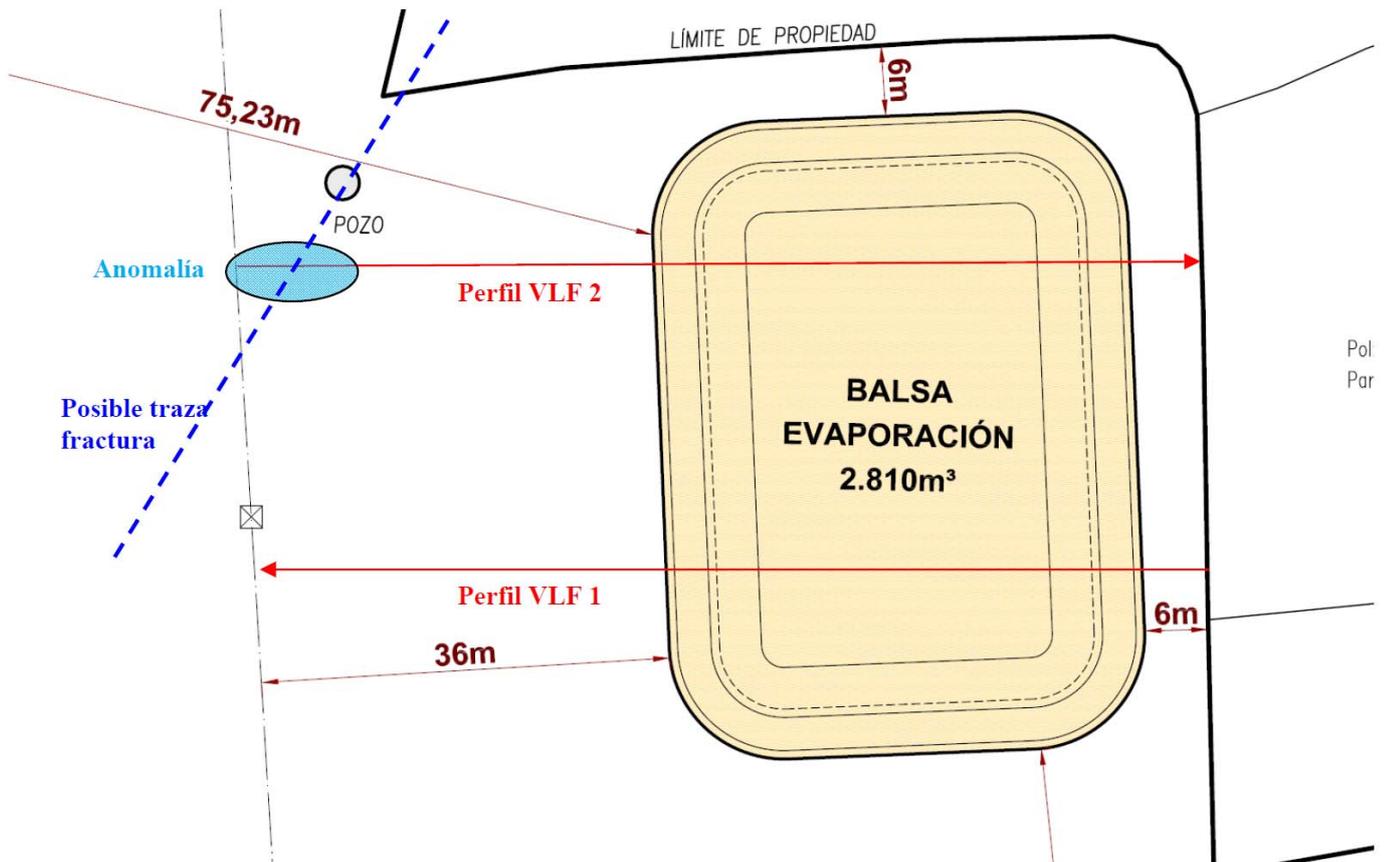
Promotor: **SAN MER, S.A.**

Formato: ISO - A2  
Plano Nº: **15001-5-DO-C03**

Plano: **INSTALACIÓN Balsa de Evaporación.**

**MAPA DE PUNTOS DE AGUA**

## MAPA DE PUNTO DE AGUA Y ZONA DE RECARGA DEL MISMO EN EL ENTORNO DE LA Balsa EN LA PARCELA 399 DEL POLÍGONO 7 DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALOMERO (CÁCERES, EXTREMADURA)



<b>NOMBRE PROPIETARIO:</b> SAN MER S.A.	<b>Autor:</b>  Francisco J. Fernández Amo	<b>FECHA:</b> 24-07-2019	<b>ESCALA:</b> 1 : 40.000	<b>Nº DE PLANO:</b> 6
--	---	-----------------------------	------------------------------	--------------------------

El mapa de puntos de agua es el plano de instalaciones en sí, ya que no existen en un perímetro de 300 metros ni manantiales ni pozos. Tanto las construcciones, como las balsas y los puntos de vertidos vienen detallados en los planos de instalaciones.

**PLANO DE LA RED DE VIGILANCIA  
PROPUESTA CON LAS CORRESPONDIENTES  
COORDENADAS (ETRS89)**



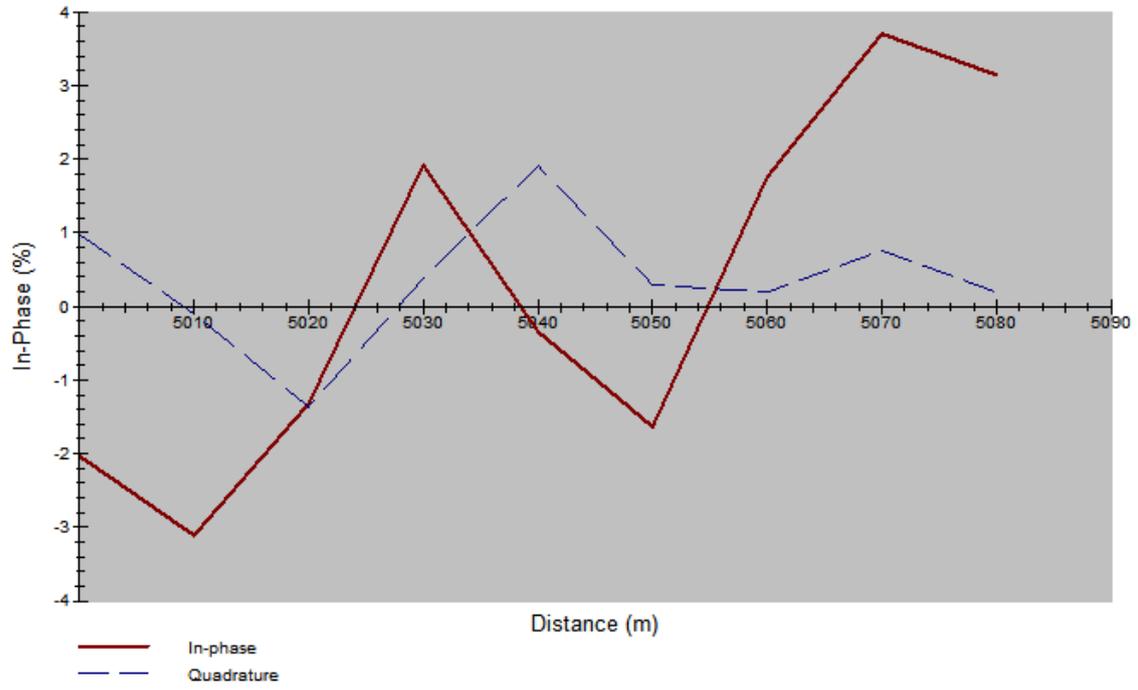
# **ANEXO II**

# **DATOS GEOFÍSICOS**

SANMER5.wad

Profile: 0005E

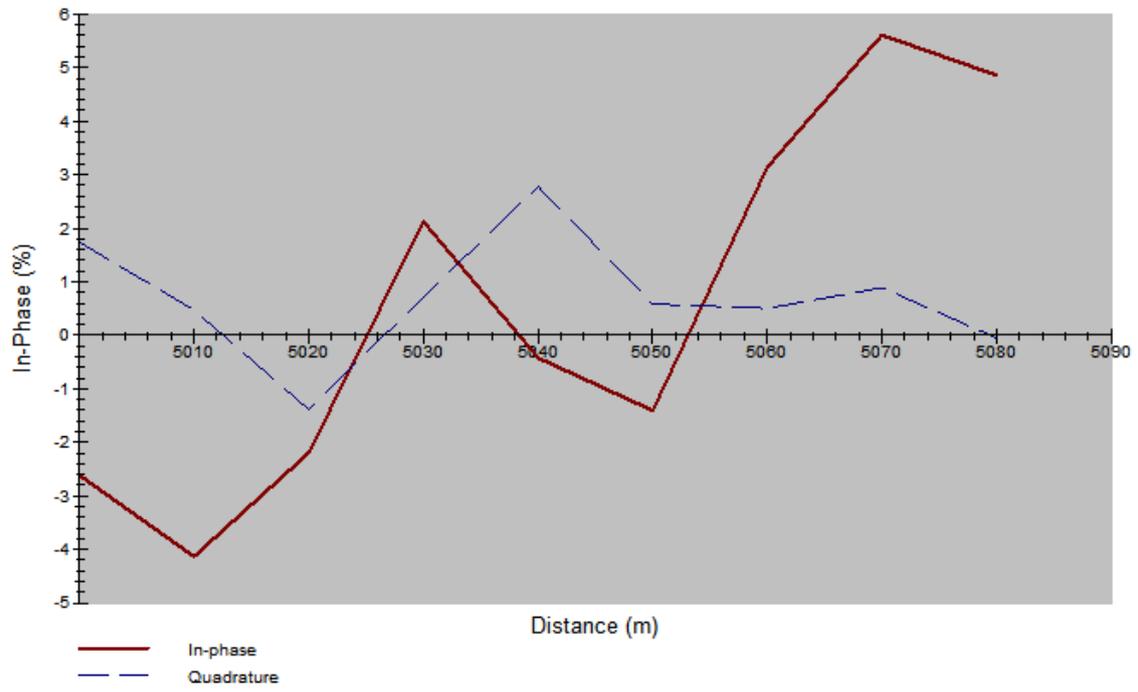
Filter depth = 5 m



SANMER5.wad

Profile: 0005E

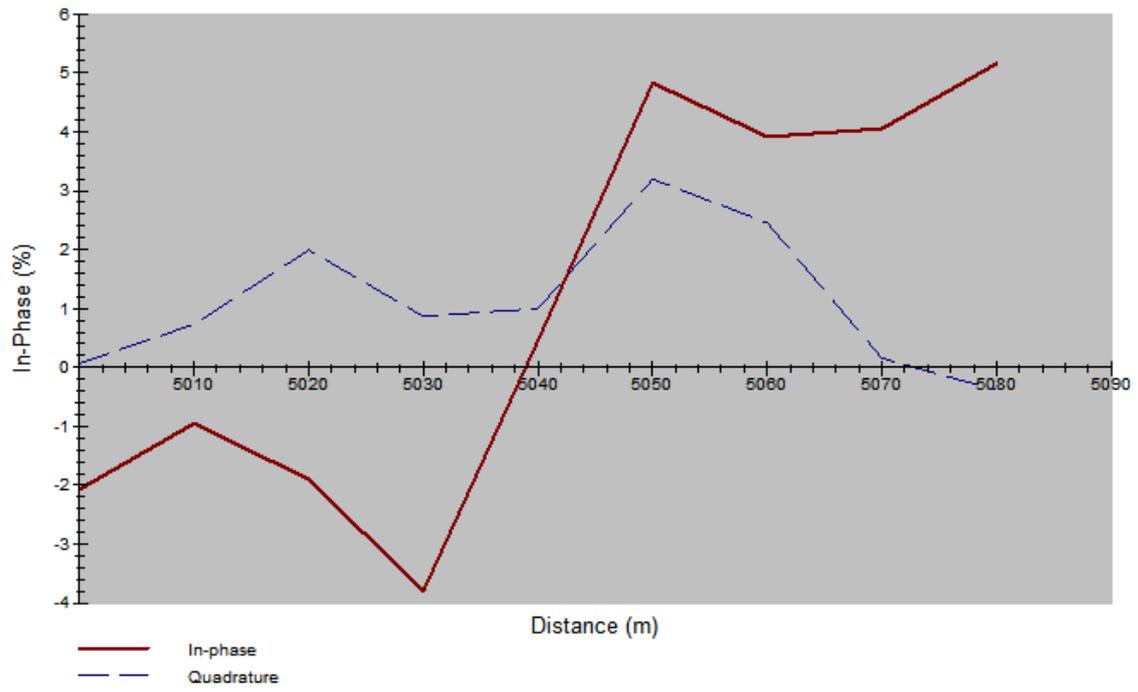
Filter depth = 10 m



SANMER5.wad

Profile: 0005E

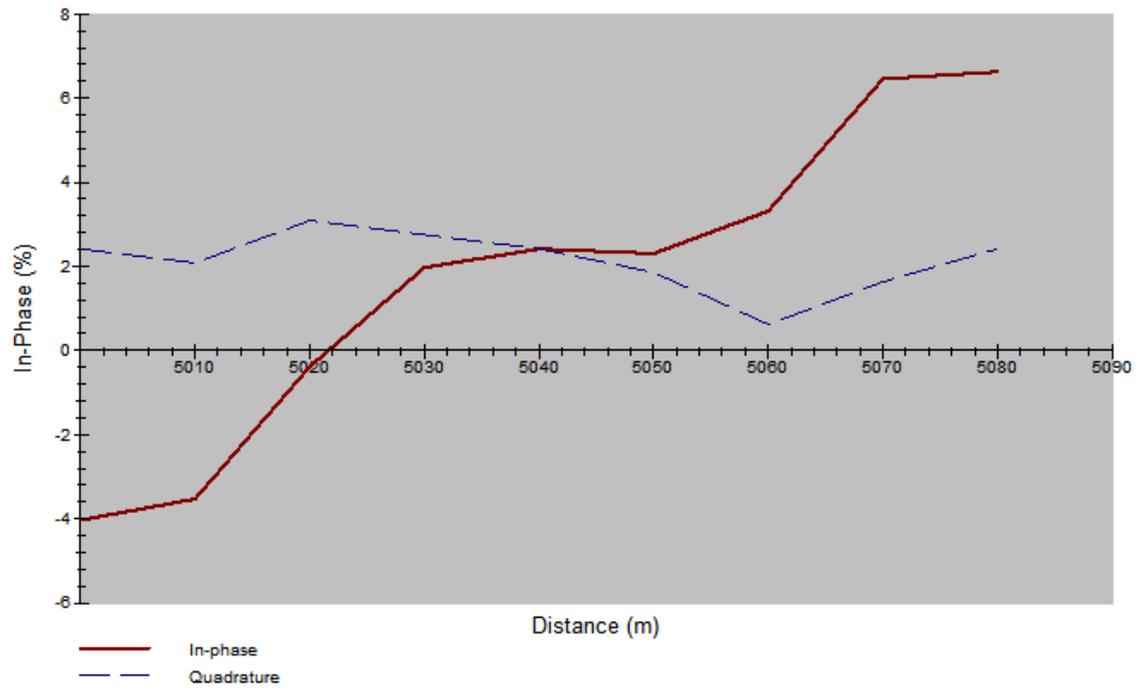
Filter depth = 25 m



SANMER5.wad

Profile: 0005E

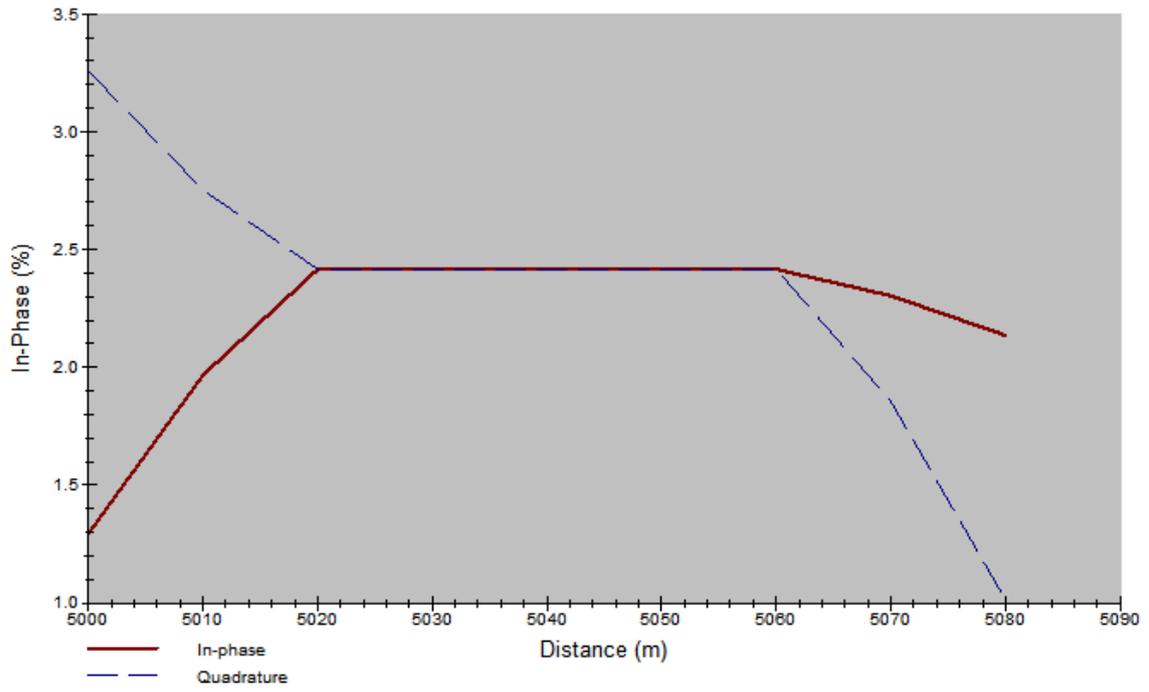
Filter depth = 50 m



SANMER5.wad

Profile: 0005E

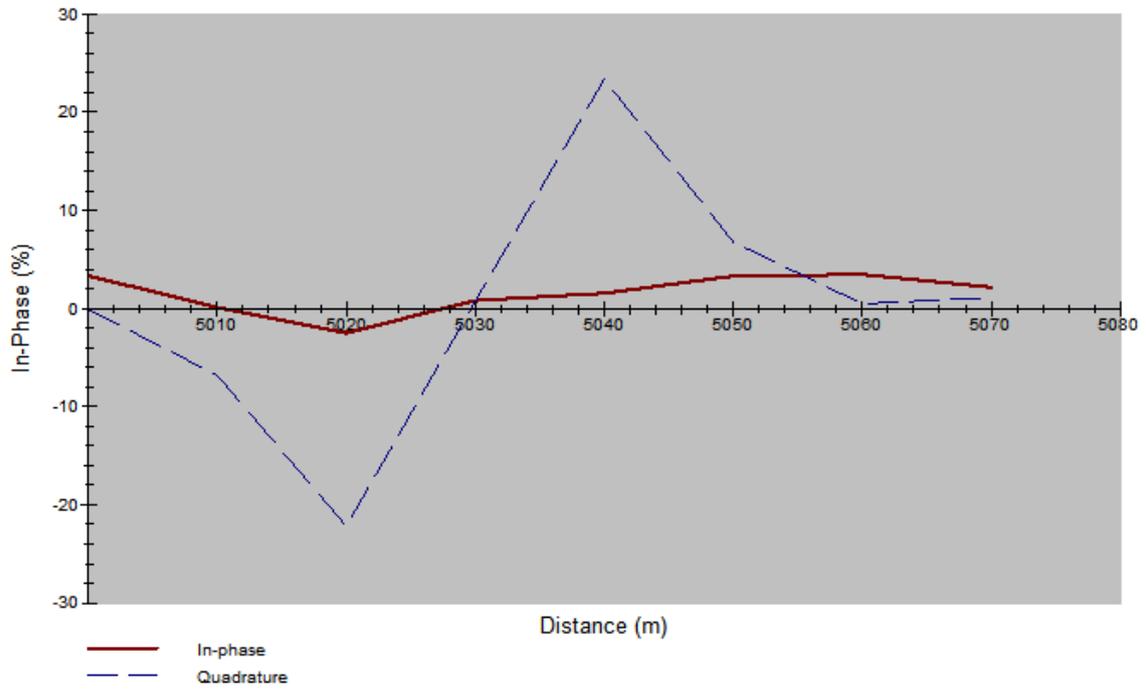
Filter depth = 70 m



SANMER6.wad

Profile: 0006E

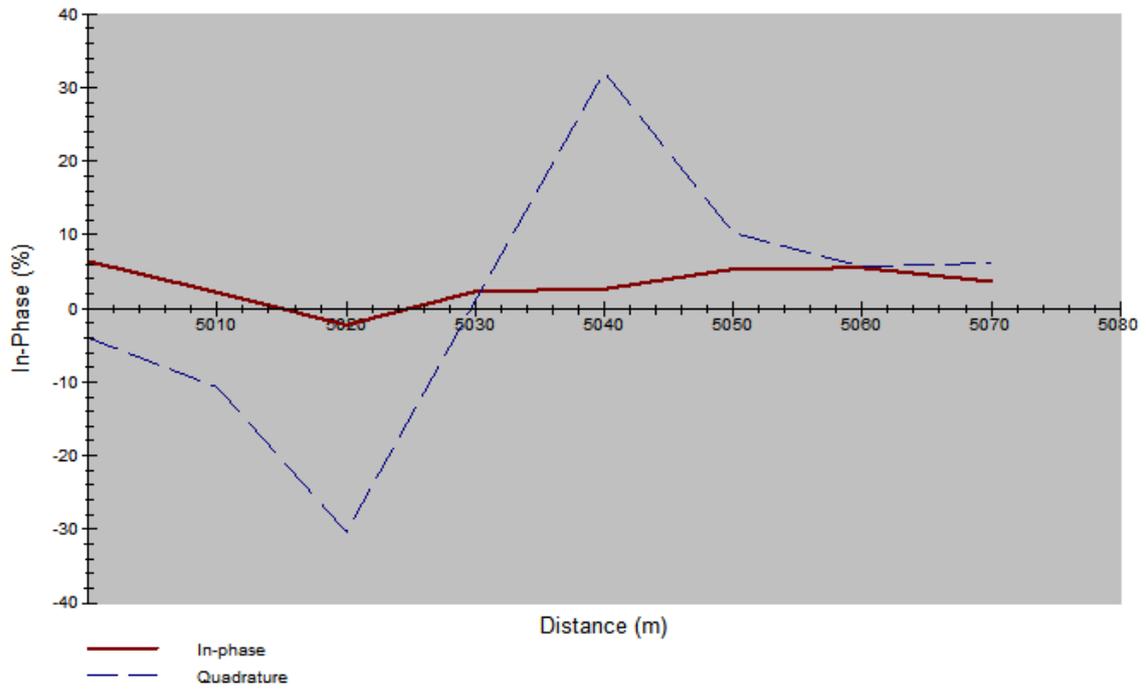
Filter depth = 5 m



SANMER6.wad

Profile: 0006E

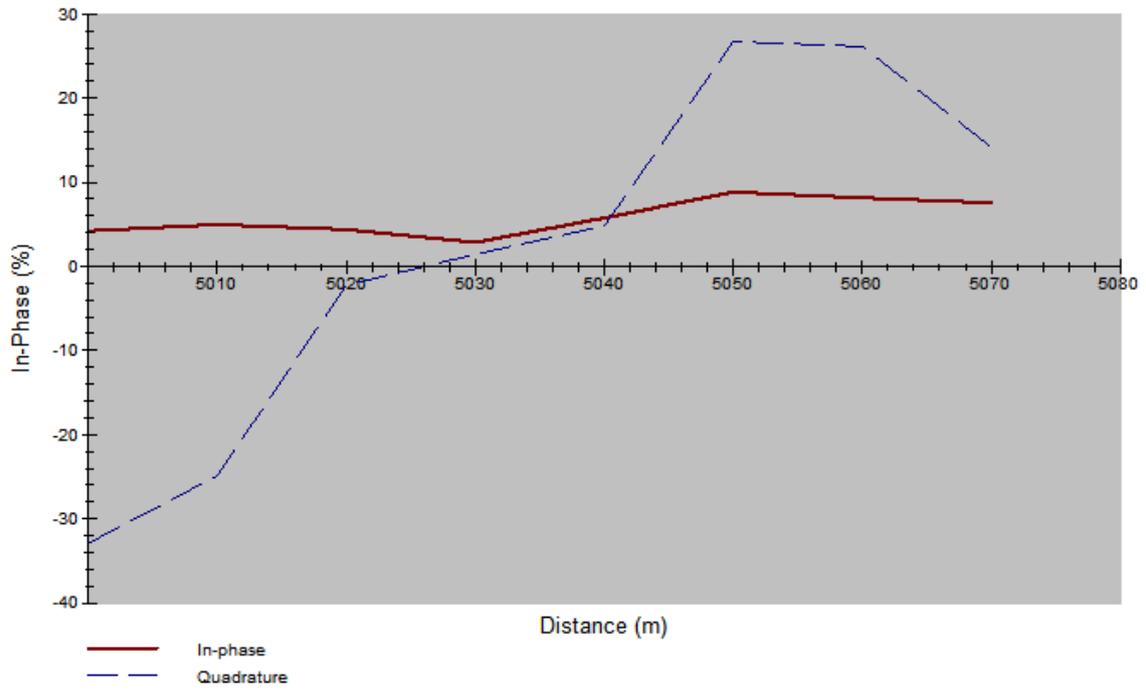
Filter depth = 10 m



SANMER6.wad

Profile: 0006E

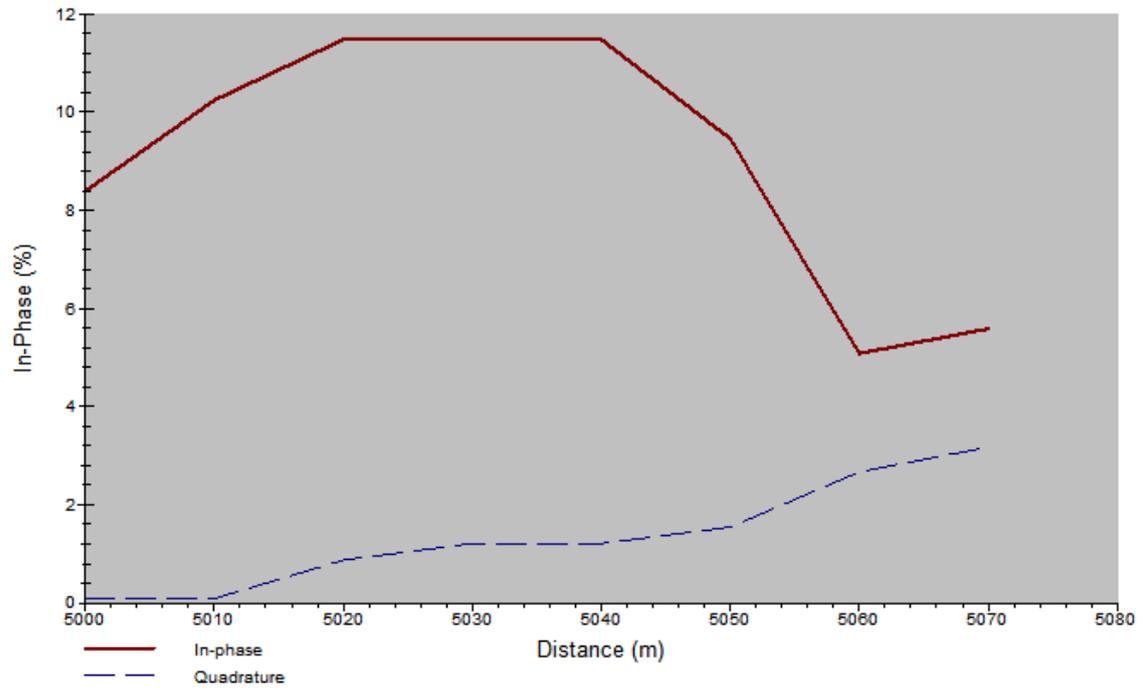
Filter depth = 25 m



SANMER6.wad

Profile: 0006E

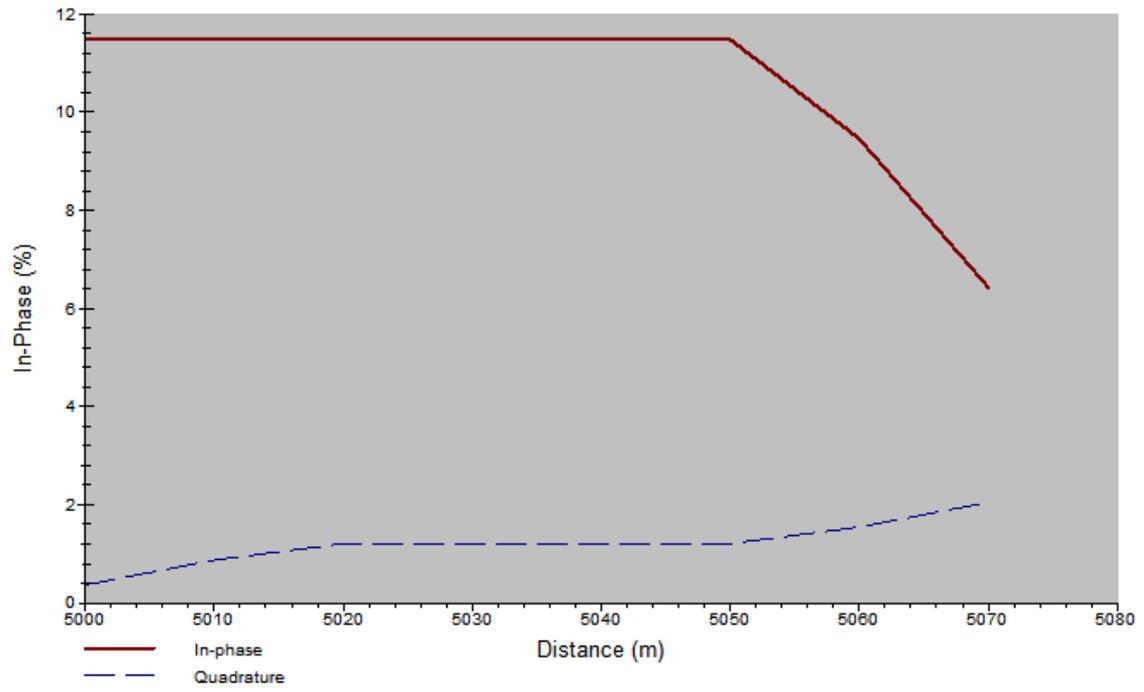
Filter depth = 50 m



SANMER6.wad

Profile: 0006E

Filter depth = 60 m



# **ANEXO III**

# **DECLARACIÓN RESPONSABLE SOBRE HABILITACION PROFESIONAL COMO TÉCNICO COMPETENTE**

# **DECLARACIÓN RESPONSABLE SOBRE HABILITACIÓN PROFESIONAL COMO TÉCNICO TITULADO COMPETENTE**

## **1. IDENTIFICACIÓN DEL DECLARANTE.**

**Nombre:** Francisco Javier

**Apellidos:** Fernández Amo

**DNI:** 34.773.410-D

**Dirección (a efectos de notificaciones):** C/ Estatuto de Autonomía, s/n

**Localidad:** Santa Marta de los Barros

**Código Postal:** 06150

**Provincia:** Badajoz

**País:** España

**Móvil:** 600 036 547

**Correo electrónico:** francis@tecmineras.com

**Titulación Profesional:** Geólogo

**Colegio profesional al que pertenece:** Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España

**Número de Colegiado:** 3.214

## **2. IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL REALIZADO.**

Estudio geológico e hidrogeológico de la zona de ubicación de la balsa de aguas procedentes de fábrica de aderezo, parcela 399 del polígono 7 del término municipal de Palomero (Cáceres).

**Peticionaria:**

**SAN MER, S.A.**

## **3. DECLARO bajo mi responsabilidad.**

- Poseo la titulación indicada en el apartado 1.
- Reúno todos los requisitos exigidos para ser considerado Técnico Titulado Competente de acuerdo a las atribuciones profesionales de mi titulación, tal y como exigen la normativa vigente contempladas en el trabajo profesional indicado en el apartado nº 2, y que le sean de aplicación.
- No estoy inhabilitado, ni administrativamente ni judicialmente, para la redacción y firma del trabajo profesional indicado.

En Santa Marta de los Barros, a 24 de julio de 2019

Firma del declarante



Fdo.: Francisco Javier Fernández Amo  
Geólogo Colegiado nº: 3.214