

1.- INTRODUCCIÓN:

1.1.- Generalidades:

El presente Estudio Hidrogeológico se presenta a petición de SUSTRATOS EXTREMADURA, S.L. cuyo C.I.F. es B-06519094, con domicilio en C/ Bélgica 26, de la localidad de Villafranca de los Barros (Badajoz). El objetivo del presente estudio no es otro que determinar el carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se asienta una balsa de lixiviados de lodos de depuradoras, así como determinar la posible influencia hidrogeológica de esta balsa sobre el suelo, hidrología e hidrogeología del entorno inmediato.

La balsa de lixiviados de lodos se encuentra en la parcela 118 del polígono 29 del término municipal de Villafranca de los Barros (Badajoz).

1.2.- Descripción de la actividad:

La actividad principal de las instalaciones es el transformado de lodos mediante su compostaje, procedentes de las depuradoras de aguas residuales urbanas, EDARs, y de otros lodos compatibles producidos por industrias.

Este lodo recibido proviene de instalaciones que cuentan con adecuados tratamientos, de modo que incluso podría utilizarse para aplicación directa sobre el terreno.

El sistema de compostaje es una técnica cada vez más conocida y frecuente que se va imponiendo sobre la aplicación directa de los lodos, ya que ofrece mayores garantías medioambientales y permite obtener un producto estabilizado para el tratamiento de los suelos. El sistema empleado es el abierto, con pilas de volteo, obteniendo un compost de calidad tras varios meses de proceso. Los biosólidos son mezclados con restos de biomasa triturada y permite obtener un producto de más calidad y riqueza agronómica, que puede aplicarse sin riesgos de fitotoxicidad para actividades como restauración de suelos.

La actividad de compostaje en estas instalaciones, se inicia con la retirada de los lodos y fangos obtenidos de las depuradoras, para su transporte a estas instalaciones, procediéndose a su tratamiento mediante secado y volteo así como a una maduración posterior en un proceso que dura cuatro meses.

El lodo llega a la instalación y se descarga en un foso de hormigón armado desde donde se procede a su extendido en la era número 1, donde se produce el secado principal y la pérdida de humedad durante dos a cuatro meses, esta humedad y líquidos se transmiten mediante unas zanjales perimetrales a una balsa para lixiviados, posteriormente pasa a las eras de secado donde pasa deferentes volteos hasta llegar a obtener el producto final.

Posteriormente el sustrato está preparado para su venta a granel o envasado.

Además de esto tenemos una gran cantidad de lodo que se retira de los productores y se aplica directamente. También se va a recoger cenizas y escorias procedentes de plantas de biomasa para su adición al compost.

Los residuos que se tratan y gestionan en estas instalaciones son los lodos procedentes de depuradoras e instalaciones fabriles de la comarca, estos son:

- **Residuo código LER 19.08.05.** Lodos de tratamiento de aguas residuales urbanas. Lodos procedentes de las depuradoras, aunque es un lodo tratado del que podría hacerse aplicación directa, tal y como se hace con algunos de los lodos recogidos.

Cantidad de lodos tratados LER19.08.05.: 3.500 toneladas anuales.

- **Residuo código LER 02 03 99** (polvo de maíz).

Cantidad de residuos tratados LER 02 03 99: 150 toneladas anuales.

- **Residuo código LER 02 02 04** (lodos del tratamiento in situ de efluentes). se trata de un residuo de la preparación y elaboración de carnes, pescado y otros alimentos de origen animal procedente empresas que disponen de AAU para su actividad y los lodos que se producen y que son gestionados por esta empresa son lodos debidamente tratados y con el consecuente tratamiento previo para su uso como compostaje.

Además esta sociedad ya tiene autorización para gestionar estos lodos desde el 6 de julio de 2012, Autorización nº. B -06.519.094/E)VAV-131.

Cantidad de residuos tratados LER 02 02 04: 700 toneladas anuales.

- **Residuo código LER 02 07 02** (residuos de la destilación de alcoholes).

Cantidad de residuos tratados LER 02 07 02: 750 toneladas anuales.

- **Residuo código LER 19 08 12** (lodos procedentes del tratamiento biológico de aguas residuales). Procedentes de Torrepret S. l.

Cantidad de residuos tratados LER 19 08 12: 2.500 toneladas anuales.

- **Residuo código LER 02 03 01** (lodos de lavado, limpieza, pelado, centrifugado y separación).

Cantidad de residuos tratados LER 02 03 01: 50 toneladas anuales.

- **Residuo código LER 10 01 01** (Cenizas y Escorias de Biomasa).

Cantidad de residuos tratados LER 10 01 01: 1.000 toneladas anuales.

1.3.- Descripción de las instalaciones:

1.3.1.- Balsa de Lixiviados:

La balsa tiene una superficie de 1.200 m² con unas dimensiones de 30 x 40 metros con una profundidad de 2,10 metros, formando en todo su perímetro un talud de 1,70 metros de altura.

Dimensiones de la Balsa:

- Superficie de la Balsa: 1.200 m².
- Profundidad: 2,10 metros.
- Superficie de evaporación: 1,10 metros.
- Talud en las paredes: 45 °.



BALSA DE LIXIVIADOS DE LODOS

La fabricación de la balsa se ha realizado una excavación de 0,50 metros de profundidad, y se ha formado un talud con materiales producto de esa excavación de 1,70 metros de altura y 6 de anchura, formando una profundidad máxima de 2,10 metros.

Para la impermeabilización, una vez realizada la pequeña excavación se ha compactado la tierra, sobre esta capa compactada se ha instalado una red de drenaje para detectar posibles fugas, esta red de drenaje está compuesta por tubos de PVC en forma de espiga que conducirán posibles fugas a la arqueta de detección realizada, estos tubos de PVC se han colocado en forma de cono mediante una solera de grava y hormigón para realizar las inclinaciones necesarias hasta la arqueta y se ha añadido encima una capa de gravas para que actué como drenante para detectar posibles fugas, posteriormente se ha colocado en la base y taludes una lámina de geotextil de 250 gr/m² situada sobre la tierra excavada y los taludes y una lámina de polietileno de 1,5 mm de espesor resistente a los rayos Uva y microorganismos.

Características de la lámina:

Sentido	Resistencia al desgarro, N/mm				
	Tiempo de instalación, años				
	0	3	5	6	8
Longitudinal	162	179	179	162	167
Transversal	154	174	167	161	167

Característica	Tiempo de instalación, años									
	0		3		5		6		8	
	E*	I	E	I	E	I	E	I	E	I
Resistencia al punzonamiento, N/mm	540	510	740	575	627	521	663	601	677	585
Recorrido, mm	11	12	12	14	11	13	12	14	12	14

Característica	Tiempo de instalación, años									
	0		3		5		6		8	
	L*	T	L	T	L	T	L	T	L	T
Resistencia a la tracción, MPa	36,0	31,0	28,0	23,0	31,3	28,5	27,6	29,8	32,3	31,4
Alargamiento, %	923	705	869	690	808	646	743	601	747	794

Característica	Tiempo de instalación, años									
	0		3		5		6		8	
	L*	T	L	T	L	T	L	T	L	T
Esfuerzo en el punto de fluencia, MPa	22,0	23,0	22,1	23,0	24,2	23,1	27,6	27,1	23,4	22,8
Alargamiento en el punto de fluencia, %	13	14	15	14	13	14	13	13	14	14

CONCLUSIONES DEL FABRICANTE DE LA LÁMINA DE LAS BALSAS:

1. Los valores de la resistencia al desgarro al cabo de los ocho años de colocadas las láminas en las balsas no han experimentado cambios notables, si bien en los polietilenos de alta y media densidad se han incrementado ligeramente al tiempo que disminuían en los de baja y muy baja densidad.

2. La resistencia a la tracción y el alargamiento en rotura no han variado considerablemente a lo largo de los ocho años de su puesta en obra, se denota, generalmente, una cierta disminución. En el caso de los polietilenos de alta y media densidad, por tener un punto de fluencia bien definido se ha determinado el esfuerzo y el alargamiento en dicho punto, destacando el notable incremento del alargamiento en el PEMD.

3. Las muestras de geomembranas extraídas a lo largo de los ocho años que llevan instaladas, han conducido a resultados correctos al efectuar la prueba de doblado a bajas temperaturas (-75°C), ya que no se han detectado roturas, agrietamientos u otros síntomas de deterioro en la zona de la flexión.

4. La prueba de resistencia mecánica a la percusión o impacto dinámico ha sido superada por las muestras, pues tras lanzar el percutor de 0,5 kg con extremo en forma de semiesfera de 12,7 mm de diámetro, desde una altura de 500 mm, la lámina no sufre perforación en la zona de impacto, como se comprobó al realizar una posterior prueba de estanquidad. No superó la prueba la barrera geosintética de PEBD como consecuencia de su pequeño espesor; no obstante el problema para su empleo en este campo de la Tecnología no es tan grave porque su uso es siempre bajo tierra.

5. La resistencia al punzonamiento o impacto estático presenta unos datos de carga bastante elevados. Pero, lo que determina el buen estado del material es el recorrido del punzón antes de perforar siendo el polietileno de muy baja densidad el de mejor comportamiento; en el extremo opuesto se encuentra el polietileno de alta densidad. Los valores elevados del recorrido en el PEMBD lo hacen muy útil para su empleo sobre taludes o soleras cuya compactación no es la idónea.

6. Al llevar a cabo la resistencia de la soldadura por tracción, la totalidad de las probetas rompen en las proximidades o en el borde de la unión, pero fuera de la soldadura propiamente dicha. Los valores más altos son los alcanzados por el PEAD, seguido del PEMD y, por último, el PEMBD. Los resultados numéricos obtenidos son muy altos tanto en tracción como en pelado. Quizás sea el polietileno de alta densidad la geomembrana que alcanza los valores más elevados.

Esta lamina de polietileno tiene una durabilidad mínima de ocho años garantizada por el fabricante, no obstante se elaboraran controles periódicos de su estado.

Esta impermeabilización se considera suficiente dadas las características de los lixiviados que se van a producir por la naturaleza del residuo que se va a recoger y hace que no haya vertidos.

La balsa de evaporación estanca y no tiene por qué tener ningún tipo de aliviadero, eso significa que debe de tener un mantenimiento anual y una limpieza de los lodos para evitar su colmatación.

Esta balsa tiene al final de los tubos de PVC una arqueta de detección de fugas para poder controlar si estas existen, además de esto se va a hacer una segunda arqueta en un lateral de la balsa con unas dimensiones de 2,00 x 0,40 metros y hasta una profundidad de 1 metro para tener otro punto más de control de esta balsa.

1.3.2.- Eras de secado:

Se han dispuesto cuatro eras de secado con una superficie de 2.500 m² cada una, con unas dimensiones de 65 x 40 metros.

Las eras están divididas en cuatro apartados:

Inicialmente el lodo llega a una **zona de descarga y recepción** de lodos que está totalmente hormigonada con una superficie de 850 m², ahí se elimina la práctica totalidad de los lixiviados que son enviados a la balsa.

- **Era de recepción de lodos: Área 1:** En este área es donde se produce el secado total de los lodos.

Este área esta impermeabilizada con una lámina de PVC de 1,5 mm de espesor colocada sobre la tierra compactada. Este área tiene una inclinación hacia una zanja hormigonada que canaliza los lixiviados hasta la balsa, dada la compactación de la tierra situada debajo de la lámina no se considera necesario establecer ningún sistema de fugas, ya que cuando llega hasta ahí el lodo está lo suficientemente seco como para que prácticamente los lixiviados sean mínimos.

Al lado de esta área se encuentra una zona de descarga y recepción de lodos que está totalmente hormigonada con una superficie de 850 m².

- **Era de compostaje: Área 2, 3 y 4:** el resto de las eras sirven para extender y producir el compostaje del lodo que ira volteando hasta quedar hecho y preparado para su venta en el área 4.

Rodeando las eras se han realizado canales de hormigón perimetrales encargados de transportar el agua a la balsa de lixiviados, estos canales tienen unas dimensiones de 1,5 metros de anchura por 0,5 metros de profundidad, en su parte más baja desembocaran en una arqueta separadoras para eliminar los sólidos en la escorrentía, esta arqueta está realizada en ladrillo macizo con unas dimensiones de 2,00 x 1,50 x 1,30 m de profundidad, desde ahí se bombeara el agua por gravedad mediante un colector de 300 mm enterrado.

- **Vallado.** Todas las instalaciones están cerradas mediante un vallado perimetral mediante postes de 2 metros y malla galvanizada.

- **Alumbrado e instalación eléctrica.** La parcela no tiene electricidad.

- **Servicios:** Los servicios de abastecimiento y saneamiento para la evacuación de vertidos procedentes de los aseos y vestuarios se tomaran de la red municipal existente en las inmediaciones de la EDAR, situada muy cercana a esta instalación.

- **Maquinaria de proceso.** La maquinaria necesaria es:

- Pala Cargadora para realizar las labores de carga y volteo.

- Volteadora de pilas.

- Camión bañera de 20 toneladas.

- **Instalaciones auxiliares:** No se dispone de oficinas, sino de una caseta con un aseo completo con ducha.

- **Área de acopios de otros productos.** Se habilitara un área cercana a la era 4 para el acopio de Cenizas y escorias, que serán utilizadas como aditivos al compostaje para actuar como corrector de acidez.

1.4.- Descripción de los procesos productivos:

Todos los procesos de Valorización que aquí se realizan se denominan:

- R3 Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes (incluidos el compostaje y otros procesos de transformación biológica).

- R12 Intercambio de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R 1 y R 11.

- R13 Almacenamiento de residuos en espera de cualquiera de las operaciones numeradas de R 1 a R 12 (excluido el almacenamiento temporal, en espera de recogida, en el lugar donde se produjo el residuo).

El proceso productivo es el tratamiento de lodos procedentes de diferentes lugares para su compostaje, mediante su descomposición aeróbica.

Una vez estos lodos o fangos llegan a estas instalaciones se inician tres procesos:

- Digestión del fango. Estabilización de la materia orgánica.
- Espesamiento. Eliminación de parte del agua en el fango.
- Deshidratación. Tratamiento que se puede realizar por medio de centrifugadoras o filtros prensa, y consigue la solidificación de los lodos eliminando el agua que contienen.

La transformación del lodo en tiene varias fases:

La primera fase de transformación del lodo se realiza en las eras de recepción, **Área 1**, donde pierde la humedad, y fermentación, **Área 2**. Esta fase somete el lodo a una fermentación aeróbica, controlando su humedad y temperatura, teniendo un proceso de fermentación de unos dos meses, con un volteo semanal de cada pila para homogeneizar la fermentación y oxigenar el lodo.

La segunda fase es la maduración y secado, **Área 3**, que durara otros dos meses. Este tratamiento consiste en apilar el producto una vez superada la fermentación y acelerar su proceso mediante volteos continuos se homogeneice el producto. Con estos volteos continuos conseguimos una máxima aireación y secado del producto, quedando al final seco y homogéneo y apto para su uso.

Por último y para dar una mejor vista al producto se hará un triturado y cribado para obtener una granulometría ente 0,3 y 0,7 mm de grosor para facilitar su mezcla y posible envasado.

La tercera fase es la transformación de este producto en un sustrato de calidad, **Área 4**, para ello se realiza una mezcla adecuada para que sea un producto óptimo para cultivo en viveros, jardinería, agricultura y enmienda de la tierra. Este sustrato llevara en 60% de lodo, una composición con los elementos más adecuados que lo haga apto para cualquier suelo.

Se estima que se trataran unos 10.000 m³/año.

Aparte del lodo se van a recoger cenizas procedentes de biomasa, que serán utilizadas como corrector para el compostaje para su aplicación agrícola, el manejo se estas cenizas será:

Tradicionalmente las cenizas y escorias se han valorizado mediante su utilización en el sector de la construcción, ya sea como aditivo en la producción de cemento, hormigones o bloques o como componente árido.

El panorama económico actual, en el cual el sector de la construcción está en recesión, permite la búsqueda de alternativas para este recurso, siendo el de la fertilización uno muy interesante como se desprende de las características de este residuo.

La utilización de cenizas procedentes de la quema de biomasa es una práctica comúnmente utilizada en la agricultura, ya sea como corrector de la acidez o como enmienda mineral.

El objeto de la gestión de dicho residuo contemplara esta posibilidad, suministrándolo como enmienda mineral y recomendando las dosis adecuadas.

Adicionalmente se plantea aprovechar las ventajas de la ceniza o escoria de biomasa en cuanto a su composición físico-química, al utilizarla como aditivo en cantidades limitadas en el proceso de compostaje de los lodos.

Las cenizas o escorias serán retiradas de la Planta de Biomasa en transporte adecuado. Este residuo está considerado como no peligroso.

Una vez en la Planta de Compostaje se procederá a su descarga en lugar habilitado para ello, **junto a la ERA 4**, procediendo a su cubrición con plástico para protegerlo de los agentes atmosféricos.

La cantidad estimada de recogida de este residuo se estima en 1.000 Tn/año.

La posible utilización de la ceniza en el proceso de compostaje se reduce a su aplicación en la fase final de la fermentación en pilas, ya que de lo contrario alteraría el equilibrio C/N robando N al proceso. El riesgo de contaminación es nulo al ser un residuo libre de contaminantes biológicos en razón de su origen, la combustión a altas temperaturas.

Se recomienda una proporción que no supere el 5 %, por ello aunque solo se utilizaran 500 toneladas al año de estas cenizas para nuestro proyecto, el resto se almacenaran o venderán para aditivos a otras plantas de compostaje o como corrector de acidez para su aplicación directa en terrenos.

Tras finalizar totalmente el periodo de fermentación, el compost sigue su proceso normal ya descrito en Proyecto básico.

La utilización de cenizas/escorias de Biomasa (herbácea-leñosa) como aditivo en procesos de compostaje de residuos orgánicos, resulta una opción muy interesante por sus aportes cualitativos al producto fertilizante final y que se resumen en:

- Enriquecimiento de elementos minerales como potasio, calcio, fósforo y magnesio.
- Contribución a mejorar la textura del suelo,
- Aumento el PH de suelos ácidos,
- Facilita la aireación del suelo
- Incremento de la capacidad de retención de agua

- Control de la salinidad.

A la balsa llegan los lixiviados producidos por la descarga y secado de los lodos a través de canales perimetrales, preparados a tal efecto.

La balsa se emplea para el tratamiento de los lixiviados mediante **evaporación**, y el proceso se realiza mediante el vertido de los lixiviados a través de canales perimetrales existentes en las eras de secado que conducen las aguas con los lixiviados de los lodos a la balsa, acumulando los mismos hasta su **evaporación natural**, obteniendo lodos que una vez secos son retirados y reutilizados para compost o bien retirados a un gestor autorizado para su valorización o eliminación.

Además la balsa también recibe el agua utilizada en el riego del compost y de las eras de compostaje, así como las aguas pluviales.

1.5.- 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 la balsa, 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.

1.6.- Localización Geográfica:

La zona donde se encuentra la balsa se enclava a unos 2.000 m. al norte de Villafranca de los Barros (Badajoz), más en concreto se sitúa en la parcela 118 del Polígono 29 (Ver mapas y planos en anexos).

Desde el punto de vista hidrológico la zona afectada se ubica en la cuenca hidrográfica del Guadiana.

En Proyección U.T.M. Datum Europeo (ETRS89) HUSO 29.

X = 0730917 Y = 4274244

El acceso al área de ubicación de la balsa es a través de un camino que parte del pk 15 de la carretera BA-9014, que parte al norte de la localidad de Villafranca de los Barros a unos 1.750 metros se localiza la balsa de lixiviados.

2.- ASPECTOS FISIOGRAFICOS E HIDROLOGÍA:

2.1.- Geomorfología:

La morfología del término de Villafranca de los Barros 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 una penillanura.

En el área cartografiada se presenta un relieve marcado por suaves ondulaciones constituyendo lo que se conoce como “paisaje de penillanura”, donde destacan algunos relieves residuales.

En el área cartografiada se presenta un relieve marcado por suaves ondulaciones constituyendo lo que se conoce como “paisaje de pendientes suaves”.

La estratigrafía de la zona es típica sedimentaria cuaternaria y terciaria. Los aluviones están formados por masas de canturrales, con materiales muy rodados, de tamaño variable pero que rara vez superan en su diámetro equivalente los 10 cm.

El área donde se ubicará la actividad, presenta un paisaje con una morfología de suave ondulación donde los cauces fluviales ocupan pequeños valles con escasa diferencia de cota con respecto al resto de la topografía del lugar. Las cotas topográficas en la zona de ubicación de la balsa oscilan entre los 397 y los 401 m.

2.2.- Hidrología:

La hidrología de la zona estudiada está marcada por el escaso desarrollo de la red fluvial, el cauce fluvial más cercano es el Arroyo Bonhabal al este de la parcela afectada, a una distancia de unos 325 metros.

En base a lo anteriormente definido la balsa de lixiviados no afecta hidrológicamente a ningún cauce fluvial y debido a la distancia con el más cercano se descarta cualquier posibilidad de afección en el futuro.

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 zanja filtrante 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:

En el contexto geológico la parcela afectada pertenece al dominio de Ossa – Morena, según la división del Macizo Hespérico realizada por LOTZE en 1945, dentro de la Zona de Ossa-Morena se encuentra en el Dominio Geológico Norte de la Antiforma Olivenza – Monesterio.

Dentro de este dominio bajo la parcela afectada se encuentran tres formaciones estratigráficas claramente diferenciadas: Formación cuaternaria, Formación Terciaria y la Formación Precámbrica de Gneises de Azuaga y Anfibolitas de Las Mesas.

3.3.- Estratigrafía:

3.3.1.- Introducción:

En la exploración de campo realizada se ha estudiado la geología de la zona. En la misma se ha comprobado que hay tres formaciones en la zona, se trata de las formaciones obviamente más superficiales que son la Formación Cuaternaria y la Terciaria Continental y la Formación Precámbrica Gneises de Azuaga y Anfibolitas de Las Mesas; no obstante para una mejor comprensión de la geología local se van a relacionar todas las formaciones que aparecen subyacentes en la parcela afectada, para de este modo caracterizar toda la columna litológica en un tramo de 0 a 120 metros de profundidad.

3.3.2.- *Formación Precámbrica de Gneises de Azuaga y Anfibolitas de las Mesas:*

Los materiales pertenecientes a este Dominio corresponde básicamente al Precámbrico Inferior-Medio, más en concreto al Proterozoico, se localizan a lo largo de todo el casco urbano de Villafranca de los Barros y se extiende a las localidades de Aceuchal, Almendralejo o Santa Marta.

Esta formación presenta una esquistosidad de dirección N110° con vergencia al noroeste limitado por un cabalgamiento al sur y con buzamientos de 85°N.

La Formación Precámbrica Proterozoica está compuesta por gneises, anfibolitas esquistos y micaesquistos entre otros materiales, estos aparecen ampliamente distribuidos por la Hoja Geológica 829 “Villafranca de los Barros” y son observables en algunos cortes de la carretera de N-630, pk n°.: 669, así mismo también se puede contemplar en la zona de Los Cortinales.

Dentro de los materiales aflorantes en la zona se distinguen una sucesión de gneises, esquistos, metagrauwackas, micaesquistos y anfibolitas.

Esta sucesión está parcialmente recubierta por materiales neógenos y cuaternarios, donde la erosión ha denudado la cobertera neógena y Holocena por los afloramientos observados permiten suponer que esta sucesión continua lateralmente con la Hoja de Barcarrota y la de Zafra.

Los materiales que aparecen debajo de la cobertera terciaria y cuaternaria, en la parcela 118 del polígono 29, pertenecen al basamento precámbrico y las litologías que se localizan son gneises y anfibolitas.

Los gneises tienen de composición bastante ácida, aparentemente muy fracturado, y se podría decir que dentro de la gran heterogeneidad que presenta el grupo es un gneis similar a los ortogneis de Aceuchal, Almendralejo y Villafranca. La textura es granoblástica cataclastizada.

Los componentes principales son: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y/o moscovita, hornblenda, cordierita y, a veces, granate; como accesorios se observan el circón, apatito y opacos.

La potencia de este tramo de gneises se puede estimar en unos 120 metros aproximadamente.

Otros materiales correspondientes a esta unidad y que aparecen a unos kilómetros al sur son los esquistos y las metagrauwackas, que son las rocas dominantes de esta sucesión, se trata de metagrauwackas biotíticas, esquistos biotíticos y esquistos moscovíticos.

La mineralogía está compuesta por: cuarzo, biotita, plagioclasa y moscovita. Además se observan como accesorios opacos, esfena, apatito o fdk. Las texturas son esquistas, más en concreto son de granolepidoblásticas a blastopsamíticas.

Otros materiales incluidos en esta unidad son las anfibolitas que parecen tener un origen sedimentario, presentan una textura nematoblástica y una paragénesis mineralógica de:

✓ *Minerales esenciales*: Hornblenda, Cuarzo y plagioclasa.

✓ *Minerales accesorios*: Circón (en biotitas), apatito, opacos y óxidos de hierro.

✓ *Minerales secundarios*: Clorita y sericita.

La edad de esta formación es Proterozoico, la datación tiene que establecerse por correlación estratigráfica.

3.3.3.- Formación Terciaria Continental (Mio):

3.3.3.1.- Introducción:

La representación del terciario alcanza una muy considerable extensión a lo largo de toda la franja este de la Hoja 829 denominada “Villafranca” y de la Sur de la Hoja 803 “Almendralejo”.

El origen de los sedimentos hay que situarlo en los tiempos miocénicos y pliocénicos, en que vuelven a reactivarse los procesos erosivos que dismantelan casi por completo la penillanura postligocénica, para dar como resultado al final del Terciario una superficie de erosión, situada por término medio a 100-200 metros por debajo de los restos de dicha llanura postligocénica.

La representación del mismo alcanza prácticamente la totalidad de la extensión de la Hoja objeto de esta memoria. Los depósitos terciarios que nos encontramos podrían dividirse en dos formaciones: Formación Terciaria Miocena y Formación Terciaria Pliocena, aunque en el caso de esta última formación se trata más de un depósito pliocuaternario que un depósito plioceno propiamente dicho, por este motivo va a ser tratado en otro apartado.

La Formación Terciaria Continental Miocena es casi exclusivamente detrítica, litológicamente está compuesta fundamentalmente por arcillas rojas y costras calcáreas, con presencia ocasional de conglomerados polimícticos, que no han sido detectados bajo la parcela afectada.

A lo largo de su deposición han alternado los periodos de sedimentación con los de fases erosivas, debido a lo cual las discordancias erosivas entre niveles diversos son frecuentes.

Esta superficie de erosión es la que constituye los llanos típicos que se observan en la Comarca de Barros. El Terciario Continental en esta zona a diferencia de lo que ocurre por la zona de las Vegas del Guadiana es bastante superficial, por lo general tiene espesores que no superan la veintena de metros.

A continuación se exponen las diferentes litologías que se observan en la parcela afectada y alrededores y que componen la formación terciaria miocena que se observa en esta área.

3.3.3.2.- Fangos rojizos:

Está formado por arcillas marrónáceo rojizas, arcosas amarillas y arcillas pardas. Es el tramo más potente de toda la formación miocena; alcanza en la zona un espesor de hasta 10 metros según la geofísica realizada, contrastada con sondeos realizados en entornos cercanos. Sobre este tramo se desarrollan suelos originados por un proceso de descarbonatación que origina un eluviado total de los carbonatos de la parte alta, depositándose los mismos a profundidades aproximadas de 0,6 a 0,7 metros. A continuación se da una argilización con el consiguiente desarrollo de un horizonte argílico, por último ocurre una rubefacción, que oxida y deshidrata los óxidos de hierro, dando al suelo un aspecto rojizo.

Existe una relación directa entre las propiedades físicas de las arcillas miocenas y la composición mineralógica de las mismas, por lo tanto la determinación es básica a la hora de estudiar las propiedades de la arcilla.

La composición mineralógica de las arcillas miocenas es la siguiente:

Litológicamente las Arcillas Terciarias Miocenas de la parcela 151 del polígono 21 están constituidas por: cuarzo, feldespato potásico, algo de carbonato (calcita y dolomita), clorita, óxidos de hierro, esmectita, paligorskita, illita, caolinita y micas. Se realizó una difracción de rayos X, mediante un análisis semicuantitativo se nos define los siguientes grupos porcentariales:

Mayoritarios: Cuarzo ($\approx 40\%$) y minerales de arcilla ($\approx 40\%$).

Intermedios: Carbonatos, feldespato potásico, óxidos de hierro y mica.

Minoritarios: Clorita.

El alto porcentaje de minerales arcillosos nos indica una relación arena/fracción arcilla, cercana al 1. Esto se traduce en una alta plasticidad y alto coeficiente de absorción, todo ello se ve favorecido por que dentro de ese 40 % aproximado de minerales de arcilla el componente mayoritario de los mismos es la esmectita y la paligorskita, minerales de arcillas hinchable capaz de absorber una gran cantidad de agua, mientras que la illita proporciona una plasticidad más intermedia. Las micas y cloritas producen el mismo efecto que la illita.

En cuanto al contenido de $Fe_2 O_3$ es elevado lo que le confiere a la Arcilla ese característico color rojizo, la presencia de carbonatos proviene de las costras calcáreas conocidas como caleños.

A medida que profundizamos nos encontramos con una arcilla con tonos marrones claros a rojizos y tonalidades amarillentas, existe diferencias radicales en las composiciones mineralógicas con respecto a las superficiales.

La fracción arcilla aumenta considerablemente situándose en torno al 90 %. Desaparece la illita y la paligorskita aumenta a porcentajes del 65 al 70 % de media, el resto de la fracción arcilla es esmectita, lo que es una ventaja para este tipo de material como material absorbente de posibles lixiviados, el feldespato se encuentra en cantidades inferiores al 5 %. En algunas muestras aparece carbonato cálcico, puede ser debido a contaminación ya que este no se observa en la mayoría de las muestras y su presencia en las que se observa es muy irregular.

El resto de la composición minoritaria lo forma el cuarzo que raramente supera el 10 %; apareciendo por último las micas y cloritas como accidentales.

3.3.3.3.- Costras calcáreas:

Son las que ocupan altos topográficos al tener una mayor resistencia mecánica que los materiales que las rodea, que precisamente son las arcillas. Estudiándolas con fotografía aérea presentan un aspecto blanquecino que contrasta con el rojizo de las arcillas. Representan restos de una superficie de erosión al final del Terciario. Están muy presentes en la parcela afectada, son conocidos como caleños.

Litológicamente son carbonato cálcico con pequeñas cantidades magnésicas y un grado de cristalización muy bajo. Las costras poseen un espesor que rara vez supera 1 m. y están dispuestas con un bandeado de unos 5 cm., son bastante porosas lo que le aporta un escaso peso específico.

Absorben lixiviados con facilidad, debido a la irregularidad de su disposición estratigráfica (anastomosadas, irregulares, lentejones y continuos acuñaientos), impide la formación de acuíferos en estas costras de escaso espesor y poca continuidad lateral.

3.3.4.- Cuaternario:

Los materiales cuaternarios que se observan son de piedemonte o coluviales son los sedimentos resultados de la erosión de las sierras locales.

Los sedimentos son en general arcillosos y están acompañados por fragmentos de cuarcitas y rocas metamórficas provenientes de la disgregación mecánica y química de las rocas preexistentes. Se pueden establecer tres horizontes para este tipo de afloramientos:

a.- Superior: Relativamente rico en materia orgánica.

b.- Medio: de naturaleza arcillosa, debido a la limitada acción química que tiene aquí su máxima intensidad.

c.- Inferior: Arcillas rojas miocenas.

En general tienen un espesor que rara vez sobrepasa los dos metros y una textura arcillo-limosa lo que le confiere un color pardorrojizo, es pobre en elementos nutritivos y se seca con facilidad.

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

Cuarzo, feldespato, mica, clorita, illita, caolinita y pequeñas cantidades de interestratificados.

3.4.- Tectónica:

3.4.1.- Introducción:

Observando la geología local se puede ver parte de la megaestructura regional conocida como Antiforma Olivenza - Monesterio, que como se definió en el apartado de geología regional, estaba incluido dentro de la Zona de Ossa-Morena

En la cartografía efectuada se puede contemplar una clara dirección hercínica (N130-150°E), que se repite a lo largo de toda Sierra Morena y que posee una clara vergencia hacia el suroeste.

Es claramente sabido por todos los geólogos que han trabajado en Ossa-Morena, que la geología de esta zona está claramente marcada por la compartimentación en diversos dominios estrechos y alargados, con diferentes evoluciones estratigráficas. Parece claro que el dominio observable en la zona de estudio Norte de la Antiforma Olivenza - Monesterio, está en contacto en épocas tardías lo que dificulta la correlación de las deformaciones que presenta.

En este Dominio se observan los materiales más antiguos de toda la zona, se trata de la Formación Precámbrica Proterozoica, debido a la antigüedad de los materiales y su alto grado de tectonización resulta muy difícil poner de manifiesto las diferentes fases de deformación que han afectado a esta Formación. Además la cataclasticización tardía, ha contribuido a que se haya borrado parcial o totalmente la estructuración primigenia.

En los gneises y anfibolitas se pueden apreciar cuatro fases de deformación; la primera de ellas se trata de una esquistosidad muy penetrativa con un metamorfismo de grado muy alto, con anatexia. Esta da lugar a una serie de diques aplíticos y pegmatíticos.

La segunda fase se genera por una esquistosidad de flujo sinmetamórfica. Esta esquistosidad es claramente observable en los afloramientos.

La tercera fase es cataclástica, se desarrolla mediante un flujo cataclástico y la aparición de milonitas, no observables en la zona de estudio. Se pueden apreciar en las anfibolitas investigadas la existencia de micropliegues de dirección NW-SE. Posteriormente existe una cuarta fase que origina el microplegamiento de la esquistosidad de flujo cataclástico.

3.4.2.- Fases de Deformación Hercínicas:

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

En la zona estudiada se manifiesta lo que es el recubrimiento de parte de una gran estructura, la del núcleo Precámbrico del Antiforma Olivenza-Monesterio. La dirección hercínica es NNO-SSE con una vergencia hacia el O.

Son observables tres fases de plegamiento:

- Primera Fase.
- Segunda Fase.
- Tercera Fase.

1ª Fase de Deformación Hercínica:

Durante la primera fase se desarrolla una esquistosidad de plano axial (S1), que se observa en el Precámbrico metamórfico. Debido a las altas presiones y temperaturas a que han estado sometidas las rocas, han perdido rigidez y se ven afectadas en consecuencia a pliegues isoclinales de vergencia SW.

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

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.

Esta fase es la responsable de las grandes estructuras, sincrónicamente a los pliegues se desarrolla una esquistosidad de fractura de plano axial (S2) con un espaciado irregular y está originada por los materiales pelíticos crenulares. En esta fase se producen la cataclisis de los macizos graníticos vecinos como el Stock de Santa Marta por ejemplo.

3ª Fase de Deformación Hercínica:

Es la última fase, consiste en un plegamiento que dio lugar a pliegues de naturaleza cilíndrica de dirección N120°E de amplio radio y plano axial subvertical que es claramente visible en la zona de Casas de Aguilar.

3.4.3.- Fase de Deformación Tardihercínica:

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

Esta fase de deformación es la que puede ser responsable de la cataclasis del gneis de Villafranca, la fracturación que se observa en este es menor que la observada en los macizos gnéisicos cercanos, el emplazamiento de dichos macizos tuvo lugar antes de la 2ª fase de deformación hercínica compresiva, esto condiciona una solidificación total de la roca, en consecuencia la respuesta lógica de la misma sería la cataclasis generalizada.

3.4.4.- Tectónica de fracturación.

3.4.4.1.- Introducción:

De la observación de la cartografía regional se deduce que la distribución actual de los diferentes dominios, unidades y conjuntos litológicos está condicionada, en gran parte, por el funcionamiento de un gran número de fallas de distinta edad, dirección y salto. La tectónica de fracturación responde a un comportamiento frágil de los diferentes materiales afectados por las diferentes orogenias.

La observación de estas fracturas es muy importante a la hora de buscar un modelo hidrogeológico de la zona estudiada, ya que las diferentes fallas y fracturas son el conducto por el que se infiltran y mueven las aguas subterráneas de la mayoría de los acuíferos localizados en la Comarca de Barros.

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

3.4.4.2.- Primera Familia de Fracturas:

Son fallas y fracturas de dirección N 140°-160° E.

Existen así mismo fracturas menores con la misma orientación, aunque manifiestan una fuerte componente de falla normal sobre todo hacia el final de la orogenia hercínica.

3.4.4.3.- Segunda Familia de Fracturas:

Son fracturas de dirección N40°-60°E, son fallas de desgarre sinestrosas cauterizadas a veces por intrusiones básicas.

3.4.4.4.- Tercera Familia de Fracturas:

Son fracturas de dirección N90°-100° E, estas fracturas son observables en el gneis de Villafranca de los Barros.

Por lo observado parece ser que son las fracturas más recientes de las estudiadas.

3.4.5.- Neotectónica:

Existe una actividad tectónica que afecta a los materiales miocénicos de la Cuenca del Guadiana. Esta tectónica consiste en una compartimentación de los bloques de la cuenca, causada por el rejuego de las fallas subyacentes que afectan al zócalo precámbrico y paleozoico. Esta neotectónica se manifestó bajo un régimen distensivo.

La edad de esta deformación es posterior a la colmatación de la cuenca miocena, ya que las fracturas afectan a la superficie arrasada del zócalo (S1), correspondiente al enrase de la superficie de colmatación de la cuenca miocena.

Las superficies posteriores a la colmatación no presentan ninguna deformación. Se deduce por lo tanto que la actividad tectónica ha permanecido prácticamente inactiva desde el Plioceno.

3.5.- Edafología:

Toda la parcela se encuentran recubierto por un seno arcilloso terciario de origen miocénico y/o pliocénico que conforma un suelo del Orden “Vertisol” y “Alfisol”, suborden “Xerents” y “Xeralf”, y por último pertenecientes al gran grupo de los Xerorthents y Xerorrepts el primero y Chromoxerents el segundo.

En general se trata de suelos pardo – rojizos en los que ha habido una descarbonatación intensa, afectando aproximadamente a un metro del espesor del suelo: profundidad a la que se suele formarse acumulaciones deleznable de carbonato cálcico.

Son suelos uniformemente arcillosos hasta la superficie sin que existan acusadas diferencias texturales a lo largo del perfil. El tipo de suelo es siempre profundo (con potencia superior a un metro). La potencia del suelo o sedimentos arcillosos, objeto de estudio, se averiguará una vez se efectúen los sondeos eléctricos y mecánicos, no obstante esta probablemente oscilará entre los 100 y los 2.000 cm.

Los otros materiales que aparecen en la zona son sedimentos pliocénicos arcillosos de glaciares que conforman un suelo del orden “Entisol”, suborden “Psamments” y pertenecientes al gran grupo de los Xeropsamments.

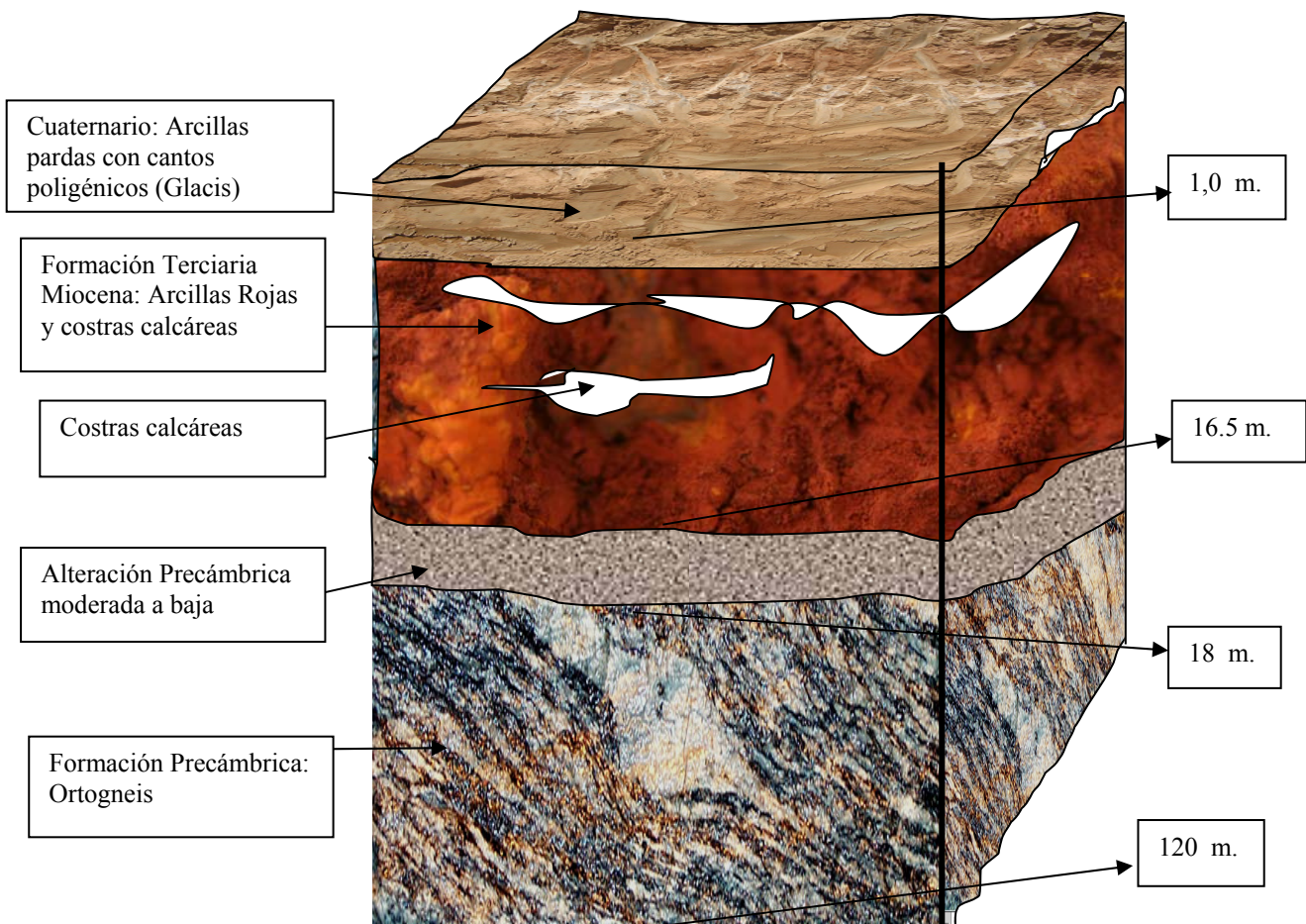
En general se trata de suelos pardo rojizos de bajo espesor, pobres en elementos nutritivos y con potencias inferiores a un metro, son suelos poco evolucionados y sin horizontes de diagnóstico. Se trata en general de suelos arcillosos originados en climas secos.

3.6.- Columna estratigráfica:

Con los datos extraídos de la geofísica, por sondeos realizados en áreas anexas, por la geofísica efectuada y por la geología de la zona, se ha construido la columna estratigráfica. Inicialmente aparece un tramo de arcillas pardas que engloban numerosos cantos que corresponden a la Formación Cuaternaria, se trata de un pequeño nivel bastante edafogeneizado de aproximadamente 1,50 metro de espesor, en general se trata de una arcilla con un contenido en materia orgánica muy alto; a partir de esa profundidad aparece la arcilla roja miocena clásica de Tierra de Barros (barros rojos); esta arcilla sigue apareciendo hasta los 15 metros de profundidad más o menos; dentro de este seno arcilloso aparece en ocasiones algunas costras calcáreas interstratificadas, lo que ocurre en los niveles más superficiales de la Formación Terciaria Miocena. A los 16,5 metros se detecta la presencia de material gnésico alterado; este material alterado proviene de la alteración del sill gnésico subyacente. A partir de los 18 metros de profundidad se localiza el ortogneis de Villafranca de los Barros que tiene un carácter impermeable.

Desde aquí hasta los 120 metros de profundidad no se aprecian cambios litológicos, en la geofísica efectuada no se ha detectado la presencia de ningún acuífero.

A continuación se puede observar el corte geológico tipo obtenido tras el levantamiento estratigráfico de la investigación efectuada.



4.- HIDROGEOLOGÍA:

4.1.- Marco hidrogeológico:

4.1.1.- Introducción:

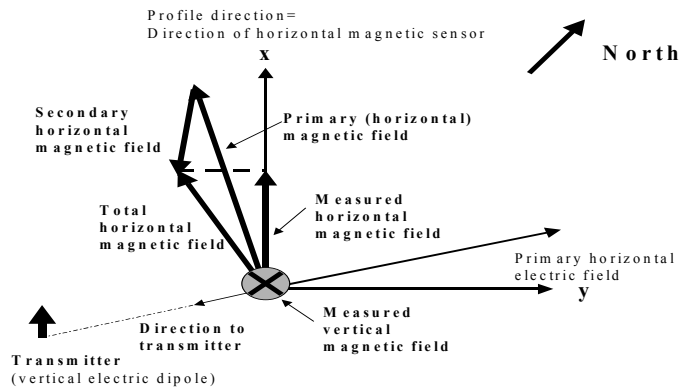
Como ya se ha mencionado en la geología conocemos que la zona de estudio está caracterizada por la existencia de tres litologías: cuaternario con materiales arcillo-limosos, terciarios con arcillas y costras calcáreas y gneises de la Formación Precámbrica, estas últimas son impermeables desde el punto 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:

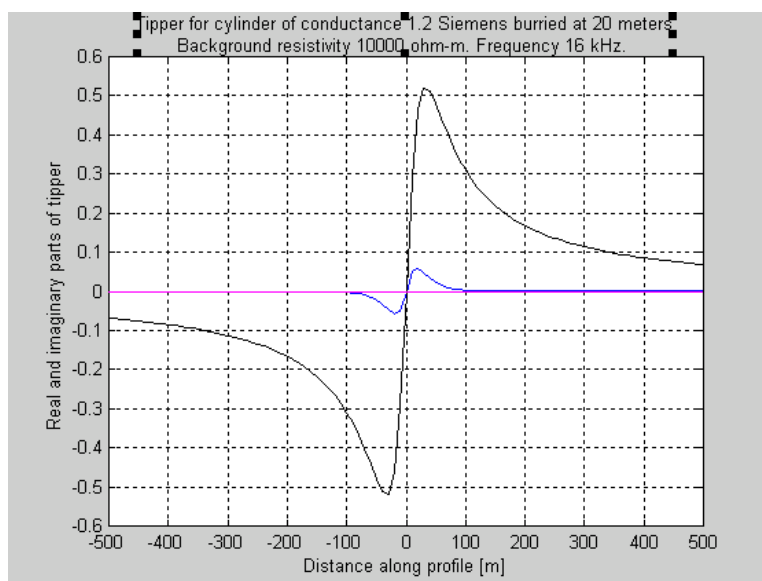
La geofísica efectuada en la finca afectada está basada en el método VLF. Mediante estas mediciones se puede determinar la situación en el subsuelo de diferentes estructuras y formaciones geológicas.

El sistema 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.



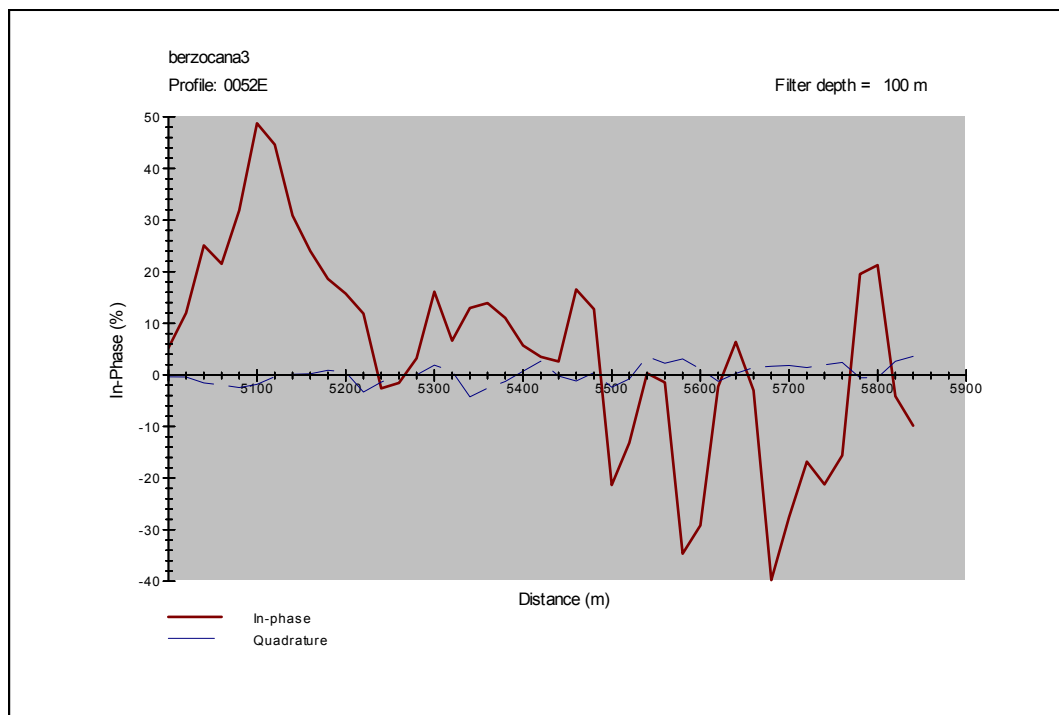
Dos componentes magnéticas (H_x, H_z) son medidas, relacionadas por la fórmula $H_z = AH_x$, donde A es una compleja cantidad con una parte real y otra imaginaria, debido a que en una frecuencia dada, los campos horizontales y verticales tienen normalmente un desfase en tiempo causado por inducción electromagnética 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.



La interpretación de los datos obtenidos se han tratado con el programa RAMAG 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 y curva elaborada con hoja de cálculo Xcel (Microsoft)(Perfil VLF-2)



El objetivo de este estudio es por lo tanto estudiar la columna geofísica de la zona para hacer una interpretación de la columna estratigráfica de la zona, así mismo se pretende estudiar posibles zonas de macrofracturación tardihercínicas cuya resistividad en profundidad nos indicaría la presencia de agua, ya que cada material tiene su propia resistividad al igual que el propio material húmedo.

A la hora de hacer un estudio hidrogeológico para estudiar la hidrogeología del subsuelo se antojan como básicos dos aspectos diferentes: el primero de ellos es el conocer la geología de la zona ya que en algunos casos se puede plantear la duda de tener una misma resistividad que podría corresponder a diferentes materiales, pero que conociendo la litología que nos podemos encontrar dicho problema prácticamente se descarta. El segundo aspecto básico que entraña un estudio de estas características es el conocer obviamente las resistividades que aparecen en la zona ya que el conocimiento de las mismas es el que nos marca la posible existencia o no de aguas subterráneas.

Se han efectuado un perfil de una distancia de 50 metros.

4.1.1.2.- Interpretación del perfil VLF nº.: 1 efectuado:

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: 4274442
 X: 731084

Punto nº.: 6 Y: 4274442
 X: 731075

Se toman puntos a cada 10 metros de distancia, la longitud del perfil es de unos 180 metros aproximadamente.

En la presente zona, la investigación geofísica se centra en determinar el espesor del cuaternario coluvial y terciario, y en la localización de posibles fracturas dentro de la Formación Precámbrica de Gneises 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 arcilloso que corresponde con un suelo, con una resistividad aparente de 53,90 Ωm , a continuación se aprecia un aumento de la resistividad apareciendo materiales calcáreos (costras calcáreas) que tiene un espesor de 2,40 metros y una resistividad de 216,60 Ωm . A los 3,40 metros de profundidad se localiza un tramo arcilloso de una resistividad de 68,70 Ωm y una potencia aproximada de 10,20 metros. A continuación se produce un ascenso de la resistividad (321,10 Ωm) que podría corresponder por el espesor (1,80 m.) con otra costra calcárea, a continuación vuelve a descender los valores indicándonos de nuevo la presencia de arcillas hasta los 16,6 metros. A partir de esa profundidad se detecta inicialmente un pequeño lhem gneísico con resistividades de 171,50 Ωm , de 1,40 metros de potencia, y a los 18,00 metros se localiza los gneises de la formación precámbrica, y estos mismos materiales se sigue observando hasta los 120 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.

4.1.2.- 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.

Tras la geofísica efectuada no se localizan acuíferos bajo la zona de la balsa. 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):

Una vez estudiada la parcela en cuestión, mencionar que se pueden observar 3 formaciones con caracteres hidrogeológicos diferentes: Formación Precámbrica de Gneises, Formación Miocena (Arcillas Rojas y Costras Calcáreas) y Formación Cuaternaria Holocena.

Formación Precámbrica de Gneises:

Esta Formación está formada por materiales eminentemente gnéisicos de edad precámbrica.

Los materiales que se pueden observar pertenecientes a esta formación en la zona son esencialmente gnéisicos, los gneises son rocas de colores rojizos, de grano medio y textura granoblástica.

Los materiales gnéisicos presentan un comportamiento hidrogeológico similar a los granitos. Dentro de esta Formación podemos encontrar dos tipos de acuífero, uno asociado al lhem gnéisico (arenas de alteración gnéisica) y otro de tipo tectónico asociado a las zonas de fractura, por las que se produce (por el paso continuo de agua) meteorización química dando lugar a macrofracturas alteradas, en las que podemos encontrar agua en las porosidades de la roca.

Mencionar que el primer tipo de acuífero que nos podemos encontrar en la zona, el asociado a lhems gnéisicos (tosca) (alteración superficial de materiales gnéisicos) podría ser considerado como una de las posibles unidades hidrogeológicas importantes en esta área. Todo ello se debe a su alto porcentaje en fracción arena con respecto a la fracción arcilla o limo que tiene este material, esto facilita la infiltración del agua de lluvia y que posteriormente se deposita en el contacto con el gneis “fresco” que actúa como pantalla impermeable, el espesor de material unido a la profundidad a la que se encuentra provoca que la componente evapo-transpiración prácticamente sea nula, esto hace que esta unidad hidrogeológica adquiera una gran importancia.

No obstante este no es nuestro caso, ya que el lhem existente en la zona posee un espesor muy bajo (> 2 m.), lo cual incide en la nula o escasa capacidad de almacenamiento del potencial acuífero.

Es el otro tipo de acuífero el que encontramos en la zona, el asociado a las zonas de fractura. En las mismas se produce un aumento de la permeabilidad de las rocas, que da lugar a acuíferos locales.

En general las producciones medias sobre estos materiales suelen estar por debajo de un litro por segundo, aunque en determinadas ocasiones pueden ser superiores. Este tipo de acuíferos en general están asociados a las zonas de fractura donde se produce un aumento de la permeabilidad de las rocas, que da lugar a acuíferos muy locales.

El acuífero que se asocia a este tipo de materiales es confinado y tectónico o discontinuo, este presenta un difícil recarga y muy buena capacidad de almacenamiento.

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

3 a 50 metros: $K = 2,74 \times 10^{-8}$

50 a 75 metros: $K = 5,84 \times 10^{-11}$

En zonas de fracturación: $K = 3,24 \times 10^{-7}$

Como se puede apreciar tiene una permeabilidad muy baja, propia de materiales impermeables, tan sólo en zonas de filones con fracturación, donde existe porosidad secundaria tectónica se aprecia un ligero aumento de la permeabilidad, que no deja de ser baja.

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable, al tratarse de un pozo tectónico, si bien suele ser de 50 y 70 metros de profundidad. La circulación del agua (**dirección de flujo**) tiene una dirección aproximada NNW-SSE, aproximadamente N140°-160°E, coincidiendo con la dirección principal de fracturación hercínica de la zona, el flujo de aguas subterráneas tiene una clara influencia de la red de fracturado hercínico local, la cual se dispone según esta dirección principal. Aunque también se recarga de una fractura que cruza en la dirección NNE-SSW. Los acuíferos relacionados con la Formación Precámbrica, exceptuando los relacionados con los lhem gnéisicos, son de tipo fisural asociados a zonas de macrofracturación (fallas y diaclasas) que afecta a los gneises precámbricos, estas fallas y/o diaclasas actúan como conductos por los que circulan las aguas infiltradas al macizo gnéisico lavando y alterando estas zonas, generando acuíferos de tipo fisural. La dirección de flujo NNE-SSW (N40°-60°E en concreto), es una de las direcciones de fracturación más comunes en la zona y las fallas pertenecientes a esta familia originan acuíferos fisurales que albergan los gneises precámbricos. De hecho en la zona de Villafranca de los Barros, Aceuchal, Almendralejo o la Fuente del Maestre, existen numerosas lineaciones de pozos en esta dirección (*dirección de flujo NNE-SSW*) alimentándose de acuíferos fisurales asociados a fallas y/o diaclasas que tienen esta dirección. Al igual que existen otros asociados la familia de fallas y/o diaclasas de NNW-SSE (N140°E-160°E), en la dirección N90°-100°E o en la N10-20°E.

Formación Miocena:

Se trata de una formación eminentemente detrítica que se dispone sobre el zócalo precámbrico, y tiene un espesor de 1 a 10 metros. La edad de la formación es miocena.

Los materiales terciarios que se observan en la zona pertenecen a la Formación Terciaria Continental Miocena, en concreto en la zona aparece la Facies Almendralejo que es casi exclusivamente detrítica, litológicamente está compuesta por fangos rojizos con cantos, arcosas, grauvacas, costras calcáreas, cantos de cuarcita redondeados con matriz arcillosa y conglomerados polimícticos.

Estos depósitos se disponen en niveles separados por superficies erosivas de gran escala y morfología canalizada. Estos canales tienen una anchura de 1 a 5 metros y una potencia máxima de unos 2 a 3 metros. Tanto el ordenamiento de los niveles como la megasecuencia general es granocreciente. Dentro de los canales la estructura dominante es la estratificación cruzada en surco de mediana y gran escala. Existen también estructuras de estratificación y laminación cruzada debidas a paleocorrientes y a crecimiento de barras. En los materiales más finos, atribuidos a ambientes de llanura de inundación, existen evidencias de exposición subaérea continuada que se manifiesta en la repetición de horizontes con rasgos edáficos, estos depósitos podrían corresponder a un sistema de abanicos aluviales con canales de morfología trenzada.

A lo largo de la deposición de estos materiales terciarios han alternado los periodos de sedimentación con los de fases erosivas, debido a lo cual las discordancias erosivas entre niveles diversos son frecuentes.

Esta superficie de erosión es la que constituye los llanos típicos que se observan en la Comarca de Barros. El Terciario Continental en esta zona a diferencia de lo que ocurre por la zona de las Vegas del Guadiana es bastante superficial, por lo general tiene espesores que no superan la veintena de metros si bien es cierto que para que una determinada zona sea explotable tampoco es preciso que el espesor de la formación sea muy alto.

Se trata de un paquete de sedimentos detríticos del terciario, que tiene morfología tabular y un espesor en la zona de 1 a 10 metros. A muro de este depósito terciario se sitúan materiales precámbricos.

Estos depósitos terciarios albergan acuíferos que están íntimamente relacionados con la potencia de los materiales más permeables de la serie, en este caso las costras calcáreas y conglomerados polimícticos. En base a ello no existe un seno hidrogeológicamente bien definido, básicamente está compuesto por un conjunto de materiales de media porosidad.

El régimen predominante del acuífero es de carácter confinados por los niveles de fangos rojizos que rodean a niveles calcáreos y conglomeráticos, que en este caso funcionan como acuitardos.

Los posibles acuíferos que nos podemos encontrar asociados a estos materiales dependen de la potencia de los materiales más permeables. Se trata de acuíferos de fácil recarga y escaso coeficiente de almacenamiento, que unido a la presencia de lentejones, contribuye a la obtención de caudales variables.

Cuando los niveles costras calcáreas y conglomerados están englobados en senos fangosos, el acuífero tiene un carácter confinado. En estos casos, el agua está sometida a una presión superior a la atmosférica y ocupa totalmente los poros o huecos de la formación terciaria, saturándola totalmente. No existe zona no saturada. Si perforásemos en estas zonas, el nivel de agua asciende hasta situarse en una determinada posición que coincide con el nivel de saturación del acuífero en el área de recarga.

Si la topografía es tal que la boca del pozo está por debajo del nivel del agua, el pozo es surgente o artesiano; si no es así el nivel del agua ascenderá hasta el nivel correspondiente, pero no será surgente.

El muro y/o techo no son totalmente impermeables sino que son acuitados y permiten la filtración vertical del agua y, por tanto, puede recibir recarga o perder agua a través del techo o de la base. Este flujo vertical sólo es posible si existe una diferencia de potencial entre ambos niveles.

Para este tipo de acuíferos el **nivel piezométrico** de esta formación terciaria de la facies Almendralejo, en esta zona es variable si bien suele ser de 0,5 a 10 metros de profundidad, en función de la época en la que nos encontremos, por ejemplo en épocas de lluvias suele estar a 0,5 m, mientras en verano suele ubicarse a 15 metros, e incluso llega a agotarse el almacenamiento del acuífero.

Mencionar en cualquier caso que bajo la parcela afectada no se han detectado niveles de conglomerados polimícticos ni otros materiales detríticos de interés hidrogeológico, con la excepción de las costras calcáreas, es por ello que no se han descrito en el Estudio Hidrogeológico presentado.

No se puede hablar de acuífero ya que no existe un seno hidrogeológicamente bien definido, ya que de existir estaría compuesto por un conjunto de materiales de baja porosidad constituidos por costras calcáreas.

Formación Cuaternaria Coluvial y Edáfica:

Esta Formación está formada por los siguientes tramos:

Depósito cuaternario glacis y perfil de alteración de los materiales que conforman las diferentes formaciones geológicas que nos encontramos en la zona.

No se puede hablar de acuífero ya que no existe un seno hidrogeológicamente bien definido, está compuesto por un conjunto de materiales de baja porosidad constituidos por litologías detríticas y un seno de alteración edáfico.

Los límites de la profundidad del acuífero vienen claramente condicionados por el espesor del seno de alteración precámbrica y la potencia del recubrimiento neógeno, según esto la potencia del acuífero puede estimarse en unos 1 metros, no obstante hay que mencionar que esporádicamente la profundidad puede llegar a 2 metros.

El tipo de acuífero es de tipo libre, estos acuíferos son los típicos en los que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior de la zona de saturación. Esta superficie libre se conoce como superficie freática y el nivel a que ella se eleva, respecto a otro de referencia, nivel freático. Está formado por un estrato permeable parcialmente saturado de agua, que es el perfil de alteración edáfico y Formación Cuaternaria aluvial, que yace sobre otro estrato impermeable o relativamente impermeable, en este caso, las formaciones geológicas anteriormente mencionadas que forman una barrera impermeable que provoca el almacenamiento y flujo de las aguas subterráneas.

Este tipo de acuíferos tienen una buena recarga y alimentación, muy poca capacidad de almacenamiento ya que la componente evapotranspiración en este tipo de pozos es muy importante, entre el 60 y 75 % de la pluviometría total.

En estudios realizados sobre acuíferos libres asociados a “sedimentos detríticos glaciares” se le asignan al conjunto del “acuífero” una transmisividad del orden de 5 a 10 m²/día, que para un espesor medio de 3 metros, significa una **permeabilidad** del orden de $3,57 \times 10^{-6}$ m/s. De los citados ensayos se puede deducir la existencia de dos capas diferentes. La superior, que serían los sedimentos glaciares de 1 a 2 metros con una transmisividad de 14 m²/día y la inferior de 0,5-1 metros (seno de alteración edáfica) y una transmisividad del orden de 1 - 2 m²/día.

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable si bien suele ser de 0,5 a 2 metros de profundidad, en función de la época en la que nos encontremos, por ejemplo en épocas de lluvias suele estar a 0,5 m, mientras en verano suele ubicarse a 2 metros, e incluso llega a agotarse el almacenamiento del acuífero. La circulación del agua (**dirección de flujo**) tiene una dirección isótropa. Los acuíferos de carácter libre (que son los que se asocian a esta formación) son los típicos en los que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior de la zona de saturación, y no existen direcciones preferentes de flujo, ya que no están limitados, el agua circula en todas las direcciones dentro del acuífero, no tiene direcciones preferentes de flujo como puede ser el caso de los acuíferos fisurales.

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 “tectónicos”. 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 tectónicos o discontinuos, 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, no existen sondeos en un perímetro de 200 metros en torno a la zona donde se ubica la balsa.

Al tratarse de acuíferos de tipo tectónico 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.

No obstante se han tomado medidas de nivel en varios pozos de la zona y el nivel piezométrico oscila entre los 50 y 70 metros de profundidad.

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.

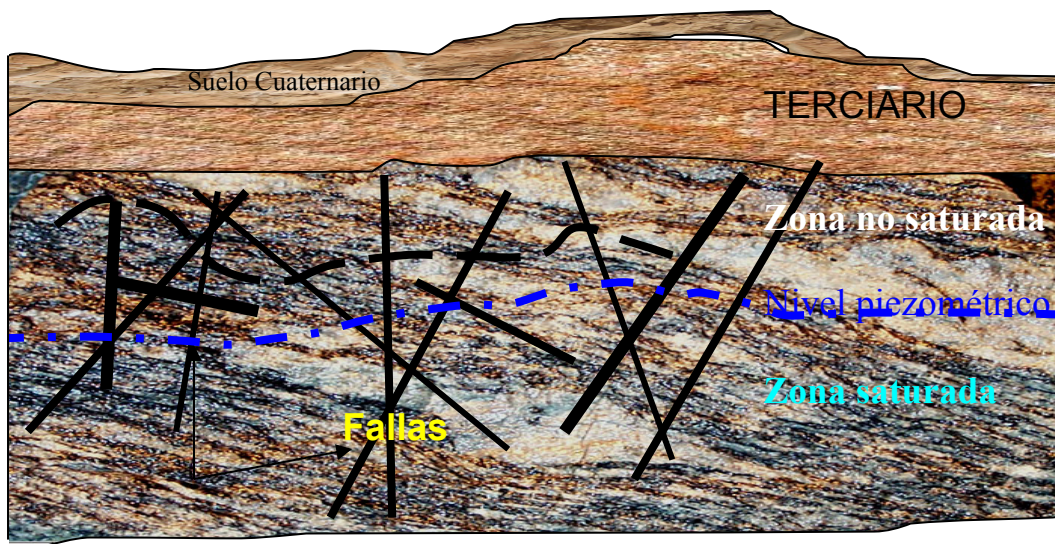
Las propiedades hidráulicas de los acuíferos tectónicos son muy anisotrópicas y están definidas en conjunto con información espacial (direccional) de las fracturas existentes en la zona, en base a ello los acuíferos que se podrían dar en la zona presentan una circulación del agua (**dirección de flujo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

- ❶ N140°-160°E
- ❷ N40°-60°E
- ❸ N90°-100°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 (gneises en nuestro caso), se trata de una red de fracturas (fallas y diaclasas) interconectadas entre sí, el bloque matriz es el macizo cuarzoarenítico ocupado 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 al cuaternario es la formación cuaternaria compuesta por aproximadamente un metro de recubrimiento de materiales cuaternarios.

El agua se infiltra a través de la cobertera cuaternaria permeable y llega a las arcillas miocenas que actúan como pantalla impermeable, las escasas aguas que logran infiltrarse a través de costras calcáreas, conglomerados polimícticos o por capilaridad intergranular, llegan al macizo gneísico impermeable, en las áreas donde se encuentren fracturas (principalmente fallas), que no es el caso de la zona donde se ubica la balsa, ya que la geofísica no las ha detectado; 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:

No se localizan pozos, ni sondeos, ni manantiales en un perímetro de 200 metros en torno al área de ubicación de la balsa.

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 31). 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 (75°-90°), las tres direcciones de fracturación se repiten por todo el área, no obstante en ciertas áreas aparece una cuarta dirección de fracturación con menor frecuencia de repetición que es la N0-10°E. La circulación del agua (**dirección de flujo subterráneo**) tiene una dirección aproximada NNW-SSE, aproximadamente N140°-160°E, coincidiendo con la dirección principal de fracturación de la zona, si bien puede existir recarga en algún cruce de fracturas hercínicas conjugadas (N40-60°E y N90-100°) 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 los gneises 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** en la zona de:

3 a 50 metros: $\kappa = 2,74 \times 10^{-8}$

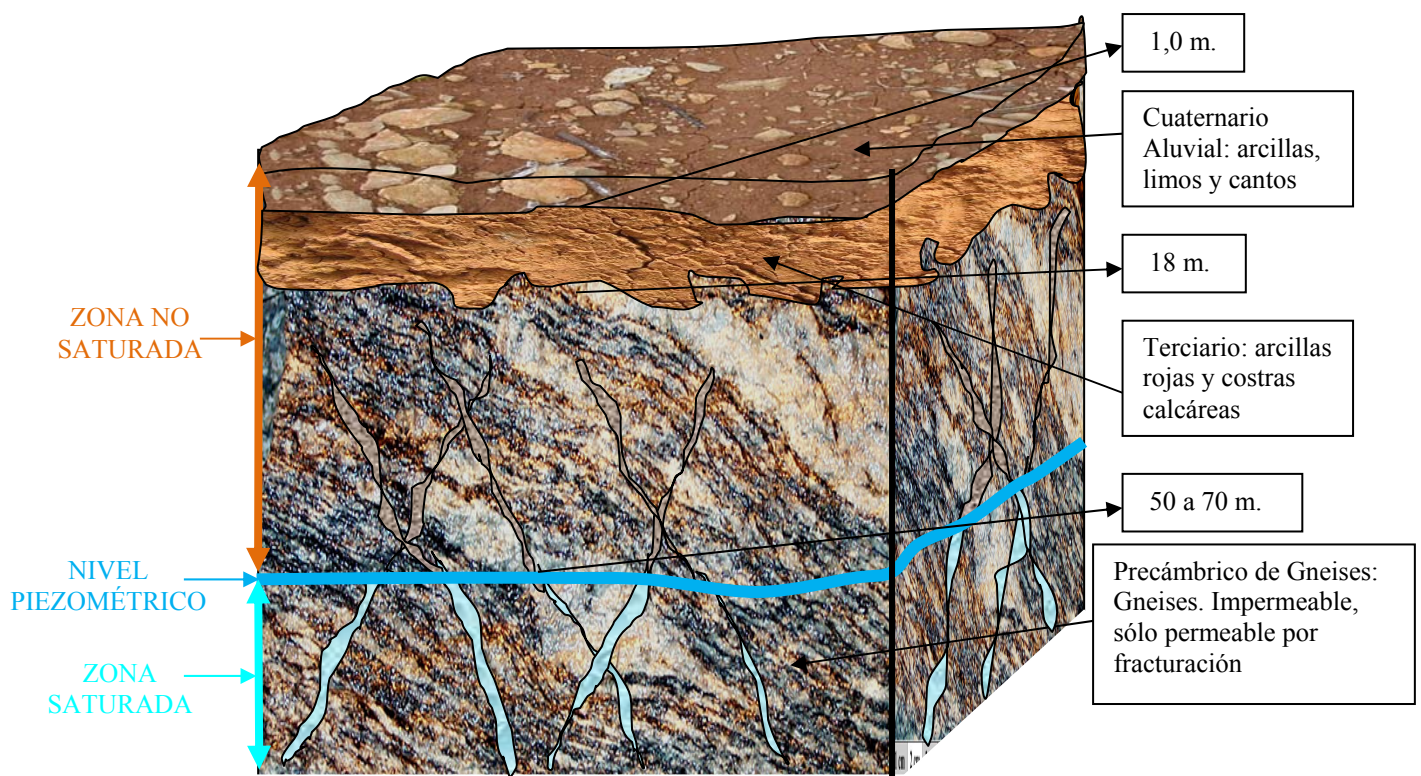
50 a 75 metros: $\kappa = 5,84 \times 10^{-11}$

En zonas de fracturación: $\kappa = 3,24 \times 10^{-7}$

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 cuaternarias procedentes de la meteorización de las filitas, que es un tramo de unos 1 metro 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 infiltran a través de las fracturas hasta llegar a la zona saturada.

En el caso de existir espesores altos de suelos cuaternarios y costras calcáreas de gran espesor también se puede dar un proceso de aporte de flujo subhorizontal, aunque esto último no sucede en la zona en la que se localiza la balsa.

4.2.5.- Situación del nivel piezométrico local:

Como ya se ha mencionado anteriormente no se ha detectado acuífero local en un entorno de más de 200 metros de la parcela afectada, por lo que se desconoce el nivel piezométrico local.

No obstante se dispone datos de niveles piezométricos en captaciones de Villafranca de los Barros, que aprovechan acuíferos tectónicos dentro del Precámbrico de Gneises, distantes a unos kilómetros, y 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 Villafranca de los Barros: entre 50 y 70 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 parcela afectada, sí que se han detectado fracturas de pequeña entidad, pero no albergan acuíferos tectónicos. Por lo que no existe nivel piezométrico en la zona.

En lo que respecta al nivel freático es también inexistente debido al escaso espesor del suelo cuaternario existente, que no puede generar acuífero.

En cualquier caso y teniendo en cuenta que los estudios geofísicos realizados pueden tener un margen de error de un 20 % 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.

Formación Precámbrica de Gneises:

Esta Formación está formada por materiales eminentemente gnéisicos de edad precámbrica.

Los materiales que se pueden observar pertenecientes a esta formación en la zona son esencialmente gnéisicos, los gneises son rocas de colores rojizos, de grano medio y textura granoblástica.

Los materiales gnéisicos presentan un comportamiento hidrogeológico similar a los granitos. Dentro de esta Formación podemos encontrar dos tipos de acuífero, uno asociado al lhem gnéisico (arenas de alteración gnéisica) y otro de tipo tectónico asociado a las zonas de fractura, por las que se produce (por el paso continuo de agua) meteorización química dando lugar a macrofracturas alteradas, en las que podemos encontrar agua en las porosidades de la roca.

Mencionar que el primer tipo de acuífero que nos podemos encontrar en la zona, el asociado a lhem gnéisicos (tosca) (alteración superficial de materiales gnéisicos) podría ser considerado como una de las posibles unidades hidrogeológicas importantes en esta área.

Todo ello se debe a su alto porcentaje en fracción arena con respecto a la fracción arcilla o limo que tiene este material, esto facilita la infiltración del agua de lluvia y que posteriormente se deposita en el contacto con el gneis “fresco” que actúa como pantalla impermeable, el espesor de material unido a la profundidad a la que se encuentra provoca que la componente evapo-transpiración prácticamente sea nula, esto hace que esta unidad hidrogeológica adquiera una gran importancia.

No obstante este no es nuestro caso, ya que el lhem existente en la zona posee un espesor muy bajo (> 2 m.), lo cual incide en la nula o escasa capacidad de almacenamiento del potencial acuífero.

Es el otro tipo de acuífero el que encontramos en la zona, el asociado a las zonas de fractura. En las mismas se produce un aumento de la permeabilidad de las rocas, que da lugar a acuíferos locales.

En general las producciones medias sobre estos materiales suelen estar por debajo de un litro por segundo, aunque en determinadas ocasiones pueden ser superiores. Este tipo de acuíferos en general están asociados a las zonas de fractura donde se produce un aumento de la permeabilidad de las rocas, que da lugar a acuíferos muy locales.

El acuífero que se asocia a este tipo de materiales es confinado y tectónico o discontinuo, este presenta un difícil recarga y muy buena capacidad de almacenamiento.

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

3 a 50 metros: $K = 2,74 \times 10^{-8}$

50 a 75 metros: $K = 5,84 \times 10^{-11}$

En zonas de fracturación: $K = 3,24 \times 10^{-7}$

Como se puede apreciar tiene una permeabilidad muy baja, propia de materiales impermeables, tan sólo en zonas de filones con fracturación, donde existe porosidad secundaria tectónica se aprecia un ligero aumento de la permeabilidad, que no deja de ser baja.

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable, al tratarse de un pozo tectónico, si bien suele ser de 50 y 70 metros de profundidad. La circulación del agua (**dirección de flujo**) tiene una dirección aproximada NNW-SSE, aproximadamente N140°-160°E, coincidiendo con la dirección principal de fracturación hercínica de la zona, el flujo de aguas subterráneas tiene una clara influencia de la red de fracturado hercínico local, la cual se dispone según esta dirección principal. Aunque también se recarga de una fractura que cruza en la dirección NNE-SSW.

Los acuíferos relacionados con la Formación Precámbrica, exceptuando los relacionados con los lhem gnéisicos, son de tipo fisural asociados a zonas de macrofracturación (fallas y diaclasas) que afecta a los gneises precámbricos, estas fallas y/o diaclasas actúan como conductos por los que circulan las aguas infiltradas al macizo gnéisico lavando y alterando estas zonas, generando acuíferos de tipo fisural. La dirección de flujo NNE-SSW (N40°-60°E en concreto), es una de las direcciones de fracturación más comunes en la zona y las fallas pertenecientes a esta familia originan acuíferos fisurales que albergan los gneises precámbricos. De hecho en la zona de Villafranca de los Barros, Aceuchal, Almendralejo o la Fuente del Maestre, existen numerosas lineaciones de pozos en esta dirección (*dirección de flujo NNE-SSW*) alimentándose de acuíferos fisurales asociados a fallas y/o diaclasas que tienen esta dirección. Al igual que existen otros asociados la familia de fallas y/o diaclasas de NNW-SSE (N140°E-160°E), en la dirección N90°-100°E o en la N10-20°E.

Formación Miocena:

Se trata de una formación eminentemente detrítica que se dispone sobre el zócalo precámbrico, y tiene un espesor de 1 a 10 metros. La edad de la formación es miocena.

Los materiales terciarios que se observan en la zona pertenecen a la Formación Terciaria Continental Miocena, en concreto en la zona aparece la Facies Almendralejo que es casi exclusivamente detrítica, litológicamente está compuesta por fangos rojizos con cantos, arcosas, grauvacas, costras calcáreas, cantos de cuarcita redondeados con matriz arcillosa y conglomerados polimícticos.

Estos depósitos se disponen en niveles separados por superficies erosivas de gran escala y morfología canalizada. Estos canales tienen una anchura de 1 a 5 metros y una potencia máxima de unos 2 a 3 metros. Tanto el ordenamiento de los niveles como la megasecuencia general es granocreciente. Dentro de los canales la estructura dominante es la estratificación cruzada en surco de mediana y gran escala. Existen también estructuras de estratificación y laminación cruzada debidas a paleocorrientes y a crecimiento de barras. En los materiales más finos, atribuidos a ambientes de llanura de inundación, existen evidencias de exposición subaérea continuada que se manifiesta en la repetición de horizontes con rasgos edáficos, estos depósitos podrían corresponder a un sistema de abanicos aluviales con canales de morfología trenzada.

A lo largo de la deposición de estos materiales terciarios han alternado los periodos de sedimentación con los de fases erosivas, debido a lo cual las discordancias erosivas entre niveles diversos son frecuentes.

Esta superficie de erosión es la que constituye los llanos típicos que se observan en la Comarca de Barros. El Terciario Continental en esta zona a diferencia de lo que ocurre por la zona de las Vegas del Guadiana es bastante superficial, por lo general tiene espesores que no superan la veintena de metros si bien es cierto que para que una determinada zona sea explotable tampoco es preciso que el espesor de la formación sea muy alto.

Se trata de un paquete de sedimentos detríticos del terciario, que tiene morfología tabular y un espesor en la zona de 1 a 10 metros. A muro de este depósito terciario se sitúan materiales precámbricos.

Estos depósitos terciarios albergan acuíferos que están íntimamente relacionados con la potencia de los materiales más permeables de la serie, en este caso las costras calcáreas y conglomerados polimícticos. En base a ello no existe un seno hidrogeológicamente bien definido, básicamente está compuesto por un conjunto de materiales de media porosidad.

El régimen predominante del acuífero es de carácter confinados por los niveles de fangos rojizos que rodean a niveles calcáreos y conglomeráticos, que en este caso funcionan como acuitardos.

Los posibles acuíferos que nos podemos encontrar asociados a estos materiales dependen de la potencia de los materiales más permeables. Se trata de acuíferos de fácil recarga y escaso coeficiente de almacenamiento, que unido a la presencia de lentejones, contribuye a la obtención de caudales variables.

Cuando los niveles costras calcáreas y conglomerados están englobados en senos fangosos, el acuífero tiene un carácter confinado. En estos casos, el agua está sometida a una presión superior a la atmosférica y ocupa totalmente los poros o huecos de la formación terciaria, saturándola totalmente. No existe zona no saturada. Si perforásemos en estas zonas, el nivel de agua asciende hasta situarse en una determinada posición que coincide con el nivel de saturación del acuífero en el área de recarga.

Si la topografía es tal que la boca del pozo está por debajo del nivel del agua, el pozo es surgente o artesiano; si no es así el nivel del agua ascenderá hasta el nivel correspondiente, pero no será surgente.

El muro y/o techo no son totalmente impermeables sino que son acuitardos y permiten la filtración vertical del agua y, por tanto, puede recibir recarga o perder agua a través del techo o de la base. Este flujo vertical sólo es posible si existe una diferencia de potencial entre ambos niveles.

Para este tipo de acuíferos el **nivel piezométrico** de esta formación terciaria de la facies Almendralejo, en esta zona es variable si bien suele ser de 0,5 a 10 metros de profundidad, en función de la época en la que nos encontremos, por ejemplo en épocas de lluvias suele estar a 0,5 m, mientras en verano suele ubicarse a 15 metros, e incluso llega a agotarse el almacenamiento del acuífero.

Mencionar en cualquier caso que bajo la parcela afectada no se han detectado niveles de conglomerados polimícticos ni otros materiales detríticos de interés hidrogeológico, con la excepción de las costras calcáreas, es por ello que no se han descrito en el Estudio Hidrogeológico presentado.

No se puede hablar de acuífero ya que no existe un seno hidrogeológicamente bien definido, ya que de existir estaría compuesto por un conjunto de materiales de baja porosidad constituidos por costras calcáreas.

Formación Cuaternaria Coluvial y Edáfica:

Esta Formación está formada por los siguientes tramos:

Depósito cuaternario glacis y perfil de alteración de los materiales que conforman las diferentes formaciones geológicas que nos encontramos en la zona.

No se puede hablar de acuífero ya que no existe un seno hidrogeológicamente bien definido, está compuesto por un conjunto de materiales de baja porosidad constituidos por litologías detríticas y un seno de alteración edáfico.

Los límites de la profundidad del acuífero vienen claramente condicionados por el espesor del seno de alteración precámbrica y la potencia del recubrimiento neógeno, según esto la potencia del acuífero puede estimarse en unos 1 metros, no obstante hay que mencionar que esporádicamente la profundidad puede llegar a 2 metros.

El tipo de acuífero es de tipo libre, estos acuíferos son los típicos en los que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior de la zona de saturación. Esta superficie libre se conoce como superficie freática y el nivel a que ella se eleva, respecto a otro de referencia, nivel freático.

Está formado por un estrato permeable parcialmente saturado de agua, que es el perfil de alteración edáfico y Formación Cuaternaria aluvial, que yace sobre otro estrato impermeable o relativamente impermeable, en este caso, las formaciones geológicas anteriormente mencionadas que forman una barrera impermeable que provoca el almacenamiento y flujo de las aguas subterráneas.

Este tipo de acuíferos tienen una buena recarga y alimentación, muy poca capacidad de almacenamiento ya que la componente evapotranspiración en este tipo de pozos es muy importante, entre el 60 y 75 % de la pluviometría total.

En estudios realizados sobre acuíferos libres asociados a “sedimentos detríticos glacis” se le asignan al conjunto del “acuífero” una transmisividad del orden de 5 a 10 m²/día, que para un espesor medio de 3 metros, significa una **permeabilidad** del orden de 3,57 x 10⁽⁻⁶⁾m/s. De los citados ensayos se puede deducir la existencia de dos capas diferentes. La superior, que serían los sedimentos glacis de 1 a 2 metros con una transmisividad de 14 m²/día y la inferior de 0,5-1 metros (seno de alteración edáfica) y una transmisividad del orden de 1 - 2 m²/día.

El **nivel piezométrico** de esta formación en esta zona es variable si bien suele ser de 0,5 a 2 metros de profundidad, en función de la época en la que nos encontremos, por ejemplo en épocas de lluvias suele estar a 0,5 m, mientras en verano suele ubicarse a 2 metros, e incluso llega a agotarse el almacenamiento del acuífero. La circulación del agua (**dirección de flujo**) tiene una dirección isótropa. Los acuíferos de carácter libre (que son los que se asocian a esta formación) son los típicos en los que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior de la zona de saturación, y no existen direcciones preferentes de flujo, ya que no están limitados, el agua circula en todas las direcciones dentro del acuífero, no tiene direcciones preferentes de flujo como puede ser el caso de los acuíferos fisurales.

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, θ 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.

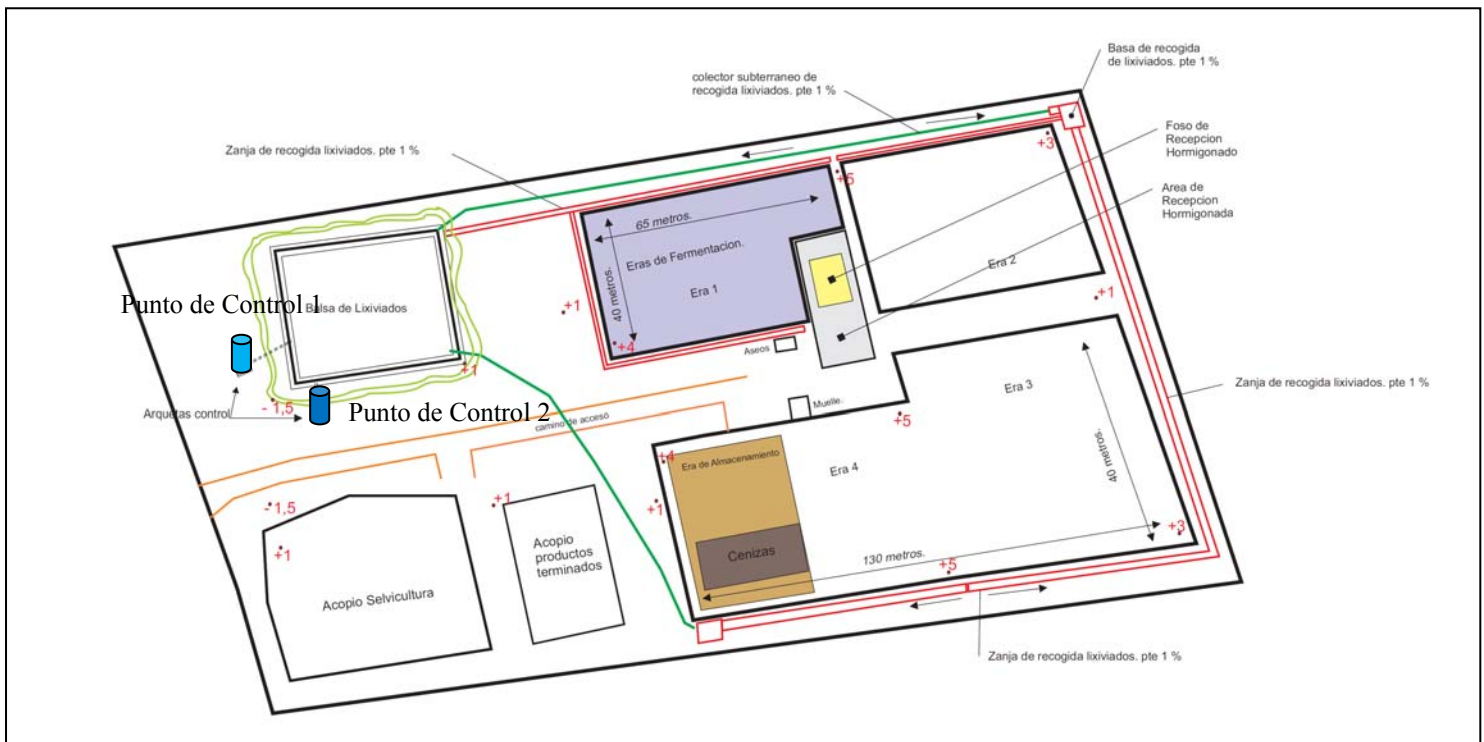
El contenido de la humedad y la conductividad hidráulica vertical no saturada son funciones del potencial hídrico del suelo, que es consecuencia de la afinidad del agua para superficies sólidas y es controlado por la distribución del tamaño de los poros y/o fracturas.

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 formaciones de gneises con una red de fracturación no muy elevada y con un alto espesor material neógeno impermeable de recubrimiento (> 9 m.), la velocidad de flujo natural en la zona no saturada es inferior a 0,3 mt/día a corto plazo, y menos aún promediadas a periodos más largos.

5.3.- Ubicación de punto de control:

La balsa tiene un punto de control con una arqueta de registro.



En base al carácter hidrogeológico de los materiales sobre los que se asienta la balsa (cuaternario y terciario), los acuíferos asociados a estas formaciones tienen un carácter libre (cuaternario) y confinado (terciario asociado a tramos permeables dentro del seno arcilloso cuaternario); estos materiales carecen de líneas preferentes de flujo.

Los depósitos terciarios y cuaternarios en la zona, podrían albergar acuíferos que estarían íntimamente relacionados con la potencia de los materiales más permeables de la serie (costras calcáreas fundamentalmente en el terciario, y arenas en el cuaternario).

En la formación cuaternaria, el régimen del acuífero es de carácter libre, y en la formación terciaria es de carácter confinados por los niveles de arcillas que rodean a las costras calcáreas, que en este caso funcionan como acuitardos.

En lo que respecta a los acuíferos de tipo libre, la dirección de flujo es isotrópica (en todas direcciones), y ello es debido a que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior de la zona de saturación. Esta superficie libre se conoce como superficie freática y el nivel a que ella se eleva, respecto a otro de referencia, nivel freático, cuyos límites en la horizontal depende de la extensión del seno cuaternario detrítico.

En el caso de los posibles acuíferos que pudieran albergar la formación terciaria en la zona, sería acuíferos de tipo confinado, la dirección de flujo en estos acuíferos depende de la morfología de las costras calcáreas y niveles de conglomerados polimícticos, que generalmente presentan una morfología alentejonada y una disposición subhorizontal.

En base a lo anteriormente mencionado se concluye que no existen lineaciones preferentes de flujo sobre las formaciones más superficiales de la zona afectada, por lo que a priori no se puede seleccionar en base a un criterio hidrogeológico mensurable la ubicación en un punto concreto de los puntos de control. En cualquier caso si existiese una fuga en la balsa y atendiendo al carácter hidrogeológico de los materiales más superficiales (dirección isotropa de flujo), los puntos de control deberían de detectar esa fuga.

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 presente Estudio Hidrogeológico se ha realizado con el objetivo de determinar la afección que pudiera tener la balsa sobre el entorno hidrológico e hidrogeológico de la parcela 118 del polígono 29 de Villafranca de los Barros (Badajoz).

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 que es el Arroyo de Bonhabal.

La hidrología de la zona estudiada está marcada por el escaso desarrollo de la red fluvial, se observa el Arroyo Bonhabal al este de la parcela afectada, a una distancia de unos 325 metros.

En base a lo anteriormente definido la balsa de lixiviados no afecta hidrológicamente a ningún cauce fluvial y debido a la distancia con el más cercano se encuentra fuera de la zona de policía del cauce fluvial más cercano.

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.- Tipos de contaminantes posibles:

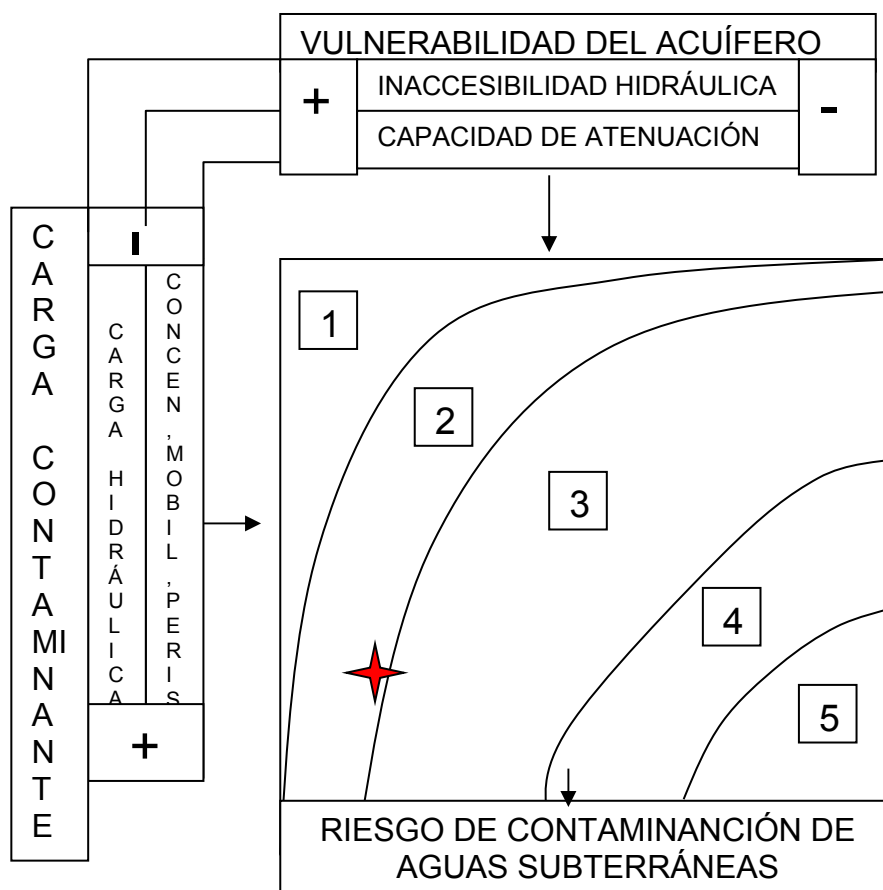
Los lodos de depuradora se caracterizan por ser un residuo extremadamente líquido. Su composición es variable y depende de la carga de contaminación del agua residual inicial y de las características técnicas de los tratamientos llevados a cabo en las aguas residuales.

Los tratamientos del agua concentran la contaminación presente en el agua, y por tanto, los lodos contienen amplia diversidad de materias suspendidas o disueltas. Algunas de ellas con valor agronómico (materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y en menor cantidad calcio (Ca), magnesio (Mg) y otros micronutrientes esenciales para las plantas) y otras con potencial contaminante como los metales pesados, entre ellos cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), los patógenos, y los contaminantes orgánicos.

6.3.2.3.- Concepto fundamental del riesgo de contaminación:

6.3.2.3.1.- 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 LIXIVIADOS DE SUSTRATOS EXTREMADURA, S.L.*

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 el escaso espesor del seno neógeno y la impermeabilidad de las arcillas rojas y gneises existentes bajo la balsa de lixiviados, nos indica que el riesgo de contaminación es bajo, y con la efectiva impermeabilización efectuada el riesgo de contaminación es 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 las parcela afectada sería poco vulnerable debido a las características hidrogeológicas impermeables de las arcillas terciarias y gneises precámbricos, además la carga contaminante está contenida debido a la impermeabilización que tiene la balsa.

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, uso de una balsa de lixiviados, en el que tenemos materiales gneises, la variación no es dramática ya que no existen macroporos en los gneises ni se han detectado fracturas significativas en la zona 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 gnéisicas, 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 0,4 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 hasta los 120 metros de profundidad. En lo que respecta a la formación cuaternaria en los 0,0 a 3,5 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 de la balsa protege la vulnerabilidad hidrogeológica y edafológica de este tramo.

Con respecto a la formación precámbrica de gneises hemos tratado de localizar acuíferos dentro de esta formación, estos acuíferos se circunscriben a áreas de macrofracturación que desarrollan porosidad secundaria por microfisurado, no se han localizado algunas fracturas (ver informe geofísico), significativas que puedan albergar agua subterránea, es por ello que bajo la balsa no se detectan acuíferos.

La vulnerabilidad de los gneises 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:

Las sustancias contaminantes de los lixiviados deben de estar debidamente almacenadas sobre la balsa efectivamente impermeabilizadas, ya que con la ingeniería de impermeabilización aplicada en esta balsa se limita cualquier posibilidad de filtración, ello unido a la dimensión y profundidad de las mismas, evita cualquier posibilidad de colmatación, ya que el volumen de los efluentes dista mucho de sobrepasar la cota de riesgo de colmatación de la balsa. La mejor medida preventiva para evitar la contaminación de las aguas subterráneas es el diseño de impermeabilización que se ha diseñado para la misma y tiene las siguientes características constructivas:

Las características constructivas de la balsa son las siguientes:

La fabricación de la balsa se ha realizado una excavación de 0,50 metros de profundidad, y se ha formado un talud con materiales producto de esa excavación de 1,70 metros de altura y 6 de anchura, formando una profundidad máxima de 2,10 metros.

Para la impermeabilización, una vez realizada la pequeña excavación se ha compactado la tierra, sobre esta capa compactada se ha instalado una red de drenaje para detectar posibles fugas, esta red de drenaje está compuesta por tubos de PVC en forma de espiga que conducirán posibles fugas a la arqueta de detección realizada, estos tubos de PVC se han colocado en forma de cono mediante una solera de grava y hormigón para realizar las inclinaciones necesarias hasta la arqueta y se ha añadido encima una capa de gravas para que actué como drenante para detectar posibles fugas, posteriormente se ha colocado en la base y taludes una lámina de geotextil de 250 gr/m² situada sobre la tierra excavada y los taludes y una lámina de polietileno de 1,5 mm de espesor resistente a los rayos Uva y microorganismos.

Características de la lámina:

Sentido	Resistencia al desgarro, N/mm				
	Tiempo de instalación, años				
	0	3	5	6	8
Longitudinal	162	179	179	162	167
Transversal	154	174	167	161	167

Característica	Tiempo de instalación, años									
	0		3		5		6		8	
	E*	I	E	I	E	I	E	I	E	I
Resistencia al punzonamiento, N/mm	540	510	740	575	627	521	663	601	677	585
Recorrido, mm	11	12	12	14	11	13	12	14	12	14

Característica	Tiempo de instalación, años									
	0		3		5		6		8	
	L*	T	L	T	L	T	L	T	L	T
Resistencia a la tracción, MPa	36,0	31,0	28,0	23,0	31,3	28,5	27,6	29,8	32,3	31,4
Alargamiento, %	923	705	869	690	808	646	743	601	747	794
Característica	Tiempo de instalación, años									
	0		3		5		6		8	
	L*	T	L	T	L	T	L	T	L	T
Esfuerzo en el punto de fluencia, MPa	22,0	23,0	22,1	23,0	24,2	23,1	27,6	27,1	23,4	22,8
Alargamiento en el punto de fluencia, %	13	14	15	14	13	14	13	13	14	14

CONCLUSIONES DEL FABRICANTE DE LA LÁMINA DE LAS BALSAS:

1. Los valores de la resistencia al desgarro al cabo de los ocho años de colocadas las láminas en las balsas no han experimentado cambios notables, si bien en los polietilenos de alta y media densidad se han incrementado ligeramente al tiempo que disminuían en los de baja y muy baja densidad.

2. La resistencia a la tracción y el alargamiento en rotura no han variado considerablemente a lo largo de los ocho años de su puesta en obra, se denota, generalmente, una cierta disminución. En el caso de los polietilenos de alta y media densidad, por tener un punto de fluencia bien definido se ha determinado el esfuerzo y el alargamiento en dicho punto, destacando el notable incremento del alargamiento en el PEMD.

3. Las muestras de geomembranas extraídas a lo largo de los ocho años que llevan instaladas, han conducido a resultados correctos al efectuar la prueba de doblado a bajas temperaturas (-75°C), ya que no se han detectado roturas, agrietamientos u otros síntomas de deterioro en la zona de la flexión.

4. La prueba de resistencia mecánica a la percusión o impacto dinámico ha sido superada por las muestras, pues tras lanzar el percutor de 0,5 kg con extremo en forma de semiesfera de 12,7 mm de diámetro, desde una altura de 500 mm, la lámina no sufre perforación en la zona de impacto, como se comprobó al realizar una posterior prueba de estanquidad. No superó la prueba la barrera geosintética de PEBD como consecuencia de su pequeño espesor; no obstante el problema para su empleo en este campo de la Tecnología no es tan grave porque su uso es siempre bajo tierra.

5. La resistencia al punzonamiento o impacto estático presenta unos datos de carga bastante elevados. Pero, lo que determina el buen estado del material es el recorrido del punzón antes de perforar siendo el polietileno de muy baja densidad el de mejor comportamiento; en el extremo opuesto se encuentra el polietileno de alta densidad. Los valores elevados del recorrido en el PEMBD lo hacen muy útil para su empleo sobre taludes o soleras cuya compactación no es la idónea.

6. Al llevar a cabo la resistencia de la soldadura por tracción, la totalidad de las probetas rompen en las proximidades o en el borde de la unión, pero fuera de la soldadura propiamente dicha. Los valores más altos son los alcanzados por el PEAD, seguido del PEMD y, por último, el PEMBD. Los resultados numéricos obtenidos son muy altos tanto en tracción como en pelado. Quizás sea el polietileno de alta densidad la geomembrana que alcanza los valores más elevados.

Esta lamina de polietileno tiene una durabilidad mínima de ocho años garantizada por el fabricante, no obstante se elaboraran controles periódicos de su estado.

Esta impermeabilización se considera suficiente dadas las características de los lixiviados que se van a producir por la naturaleza del residuo que se va a recoger y hace que no haya vertidos.

La balsa de evaporación estanca y no tiene por qué tener ningún tipo de aliviadero, eso significa que debe de tener un mantenimiento anual y una limpieza de los lodos para evitar su colmatación.

Esta balsa tiene al final de los tubos de PVC una arqueta de detección de fugas para poder controlar si estas existen, además de esto se va a hacer una segunda arqueta en un lateral de la balsa con unas dimensiones de 2,00 x 0,40 metros y hasta una profundidad de 1 metro para tener otro punto más de control de esta balsa.

En cuanto a los controles, se ha estipulado un control semestral de las aguas del piezómetro realizado, aunque hasta ahora no se ha producido ninguna rotura, ya que esta solo puede producirse cuando es limpiada la balsa de lodos por medios mecánicos. En ese caso y como la balsa está limpia y se podría ver la rotura se procedería a sustituir la lámina por otra.

7.- CONCLUSIONES:

7.1.- Introducción:

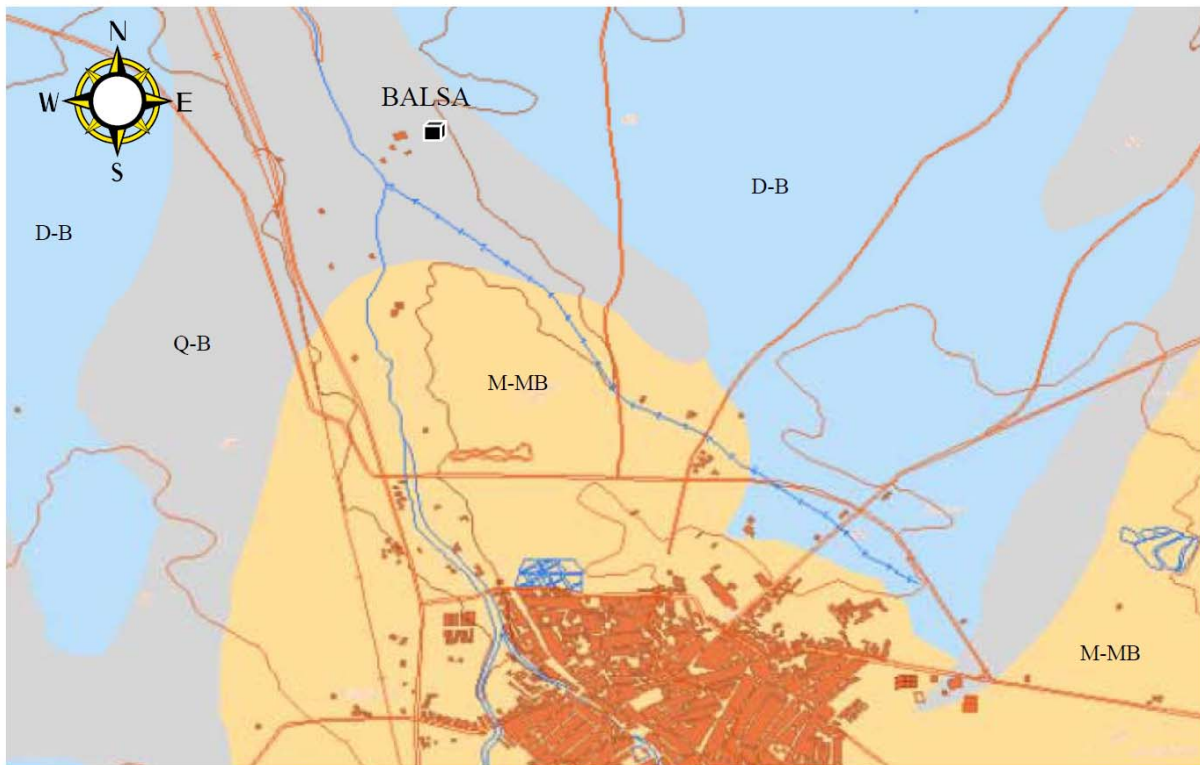
El presente Estudio Hidrogeológico se ha realizado con el objetivo de determinar la posible afección del uso de una balsa de lixiviados de lodos de depuradora en la parcela 118 del polígono 29 del Término Municipal de Villafranca de los Barros (Badajoz). Este estudio de posible afectividad se ha basado 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 los arcillas terciarias y de los gneises precámbricos subyacente en la zona de la balsa.
- b.- No se han detectado acuíferos en la formación subyacente 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.- La vulnerabilidad del acuífero en la parcela afectada es baja, si observamos el mapa de permeabilidades de la zona (extraído del IGME).



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
	POROSAS	DETRÍTICAS (Cuaternario)	Q-MA	Q-A	Q-M	Q-B	Q-MB
		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
	POROSAS POR METEORIZACIÓN	IGNEAS	I-MA	I-A	I-M	I-B	I-MB
SOLUBLES		EVAPORÍTICAS	E-MA	E-A	E-M	E-B	E-MB
CON AGUAS NO UTILIZABLES O DE MUY BAJA CALIDAD							

La permeabilidad de los materiales detríticos cuaternarios es baja, la de los materiales detríticos terciarios es baja y la de los gneises biotíticos es muy baja.

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.

Al tratarse de materiales con baja y/o muy baja permeabilidad unido a la impermeabilización de la balsa, provoca una alta inaccesibilidad de la zona saturada, en un sentido hidráulico, a la penetración de contaminantes.

En lo que respecta a los materiales detríticos cuaternarios y terciarios, destacan sobre el resto la presencia de los fangos rojizos con cantos; estos materiales tienen una vulnerabilidad baja debido a las características hidrogeológicas de las arcillas que lo componen, estos materiales que tienen un gran desarrollo en la zona, y además de ser impermeables, son ricas en minerales como la esmectita o la paligorskita (minerales absorbentes), la presencia de estos materiales unida a la impermeabilización de la balsa provoca una alta capacidad de atenuación de los mismos por las propiedades absorbentes de las arcillas que provocan una alta capacidad de retención física.

Otros materiales terciarios a tener en cuenta y que pueden albergar acuíferos son las costras calcáreas que aparecen interestratificadas dentro de los fangos rojizos. En los estudios geofísicos se ha determinado la presencia de dos tramos de 2,40 m y 1,80 m respectivamente a estas costras calcáreas, si bien no son significativas, hidrogeológicamente hablando, la presencia de los dos niveles de costras calcáreas localizadas mediante geofísica bajo la parcela afectada, ya que se trata de espesores muy bajos para que pueda albergar acuíferos (de hecho la geofísica no los ha detectado), además tienen un carácter alentejonado que limitan en extensión, el potencial desarrollo hidrogeológico de estos tramos.

En lo que respecta los gneises son materiales con una permeabilidad muy baja.

Por lo tanto la vulnerabilidad hidrogeológica de potenciales acuíferos existentes en la zona es baja, ya que además de ser materiales con baja y/o muy baja permeabilidad, disponen de una capa atenuante para una posible contaminación y además disponen de una impermeabilización que minimiza la vulnerabilidad de potenciales acuíferos.

La determinación de la vulnerabilidad del acuífero está basada en una interpretación hidrogeológica de los materiales existentes en la zona, investigados tanto desde el punto de vista geobibliográfico, exploración geológica e hidrogeológica de campo, y además ha contado con el apoyo de un estudio geofísico que ha corroborado los datos geológicos e hidrogeológicos existentes en la zona.

b.- Las características constructivas y la impermeabilización de la balsa limitan la posibilidad de filtración, y el diseño de las características morfológicas de la balsa dificulta cualquier posibilidad de colmatación. La impermeabilización de las balsas con las láminas de polietileno de alta densidad de 1,5 mm., son las más empleadas en la impermeabilizaciones de balsas de vertido, siempre y cuando el sustrato sobre el que se depositan no tengan una alta vulnerabilidad hidrogeológica, en tal caso requeriría hormigonado. Este tipo de impermeabilización, siempre y cuando esté bien ejecutada y sea periódicamente revisada, es lo suficientemente efectiva para contener los lixiviados dentro de la balsa y evitar filtraciones. Hay que tener en cuenta que por las características hidrogeológicas del subsuelo la impermeabilización empleada es la más aceptada y empleada en numerosas balsas de vertidos contaminantes en Extremadura (balsas de aguas alpechinadas, lodos de depuradoras, etc.).

Firma el presente estudio hidrogeológico

En Santa Marta a 14 de Mayo de 2017

Fdo. Francisco Javier Fernández Amo
Geólogo Colegiado n.º: 3.214

ANEXO I

MAPAS Y PLANOS

MAPA TOPOGRÁFICO CON CURVAS DE NIVEL

MAPA GEOLÓGICO

MAPA HIDROLÓGICO ESCALA 1 : 25.000

MAPA DETALLADO DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

La actividad se sitúa sobre la Masa de Aguas de Tierra de Barros, de la cual se adjunta plano, si bien mencionar que la Unidad Hidrogeológica 04.10 “Tierra de Barros” no es unidad hidrogeológica, ya que el comportamiento hidrogeológico de la Facies Badajoz y la facies Almendralejo difieren en grado sumo y no son la misma unidad hidrogeológica.

En cualquier caso se adjunta cartografía hidrogeológica de la zona.

MAPA DE PERMEABILIDADES DE LA ZONA AFECTADA

PLANOS DE LAS INSTALACIONES

MAPA DE PUNTOS DE AGUA

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

ANEXO III

DECLARACIÓN RESPONSABLE SOBRE HABILITACION PROFESIONAL COMO TÉCNICO COMPETENTE