

ANEJO 06

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO

El presente Anejo tiene por objeto describir y caracterizar, desde el punto de vista geológico y geotécnico, los materiales encontrados durante la ejecución de la nueva EDAR de Mercagranada, situada en la parcela donde actualmente se encuentra la EDAR existente. Dicha parcela se encuentra en suelo urbano consolidado industrial en manzana. Esta caracterización sirve para determinar los parámetros necesarios para la elaboración de las recomendaciones geotécnicas de cada una de las obras y/o actuaciones incluidas en el presente Proyecto de Construcción.

Por otro lado, se ha realizado un estudio de procedencia de materiales en el que se incluye el estudio, de cara a su aprovechabilidad, de todos los materiales excavados, y el estudio de yacimientos externos a la misma (canteras y graveras), así como de las necesarias instalaciones de suministro.

Las conclusiones del presente anejo son válidas para todas las actuaciones recogidas en el presente proyecto, ya que desde el punto de vista geológico debido a la escasa extensión en superficie de la actuación, no se consideran viables variaciones en los materiales subyacentes. No obstante, se han realizado las diferenciaciones oportunas en lo que respecta a la descripción litológica de los materiales. Del mismo modo se ha obrado en lo que respecta a la caracterización de los materiales de cara a su aprovechabilidad.

1.2. INFORMACIÓN UTILIZADA

Para la realización del presente documento se ha consultado la documentación que se cita a continuación, referente a la zona de influencia del Proyecto:

- Mapa geotécnico general de Granada-Málaga (Hoja 83) a escala 1:200.000 del ITGE.
- Mapa de Rocas Industriales de Granada-Málaga (Hoja 83) a escala 1:200.000 del ITGE.
- Hojas geológicas a escala 1:50.000 del ITGE: 1.009 (19-41) Granada, y 1.026 (19-42) Padul.
- Las aguas subterráneas en España, estudio de síntesis, ITGE 1993.
- Mapa de Vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos de la España Peninsular, Baleares y Canarias. Escala 1:1.000.000. IGME 1976.

Por otro lado, también se ha contado con la información obtenida a través de los ensayos y caracterizaciones realizados in situ y cuya documentación se incluye como Anexo 1 al presente documento.

1.3. METODOLOGÍA

Tras el exhaustivo análisis de la información citada, utilización de la misma y el reconocimiento preliminar del terreno, en el que se constató que en toda la parcela existía uniformidad de material natural subyacente, se procedió a la planificación de una campaña de trabajos geológico-geotécnicos con la que poder reconocer los materiales afectados por la obra proyectada. De esta manera, con la ejecución de ésta y el estudio de perfiles del terreno en excavaciones de obras en la zona, se han podido reconocer todos los materiales afectados por el proyecto, cubriéndose los siguientes aspectos geológicos:

- Estratigrafía y litología de las formaciones atravesadas por la traza, delimitando los tipos litológicos presentes.
- Disposición estructural de los materiales.
- Descripción geomorfológica del área.
- Afección del agua subterránea a las obras proyectadas, a partir de la determinación del comportamiento hidrogeológico de los materiales.

Los trabajos realizados para el reconocimiento geológico, han sido visitas a campo, en los que se han realizado varias observaciones de los materiales aflorantes y la campaña Geotécnica. Ésta ha consistido, a grandes rasgos, en la ejecución de 1 sondeo a rotación con extracción de testigo continuo y 1 ensayo de penetración dinámica.

Con estos trabajos y la información bibliográfica, se ha redactado el presente documento.

En lo que respecta al estudio de procedencia de materiales se ha seguido una metodología similar, pues se ha partido del análisis de la información previa, para posteriormente complementar esta información con los trabajos realizados a lo largo del desarrollo de la campaña de geotecnia. En ésta se han realizado ensayos de laboratorio para el estudio de la aprovechabilidad de materiales.

2. GEOLOGÍA

2.1. MARCO GEOLÓGICO GENERAL

El área de estudio se encuadra en el sector central de las Cordilleras Béticas. Estas cordilleras representan el extremo más occidental del conjunto de cadenas alpinas europeas. Se trata conjuntamente con la parte norte de la zona africana, de una región inestable afectada en parte del Mesozoico y durante gran parte del Terciario por fenómenos tectónicos mayores situada entre los grandes cratones europeo y africano.

En comparación con las cordilleras de desarrollo geosinclinal se distinguen las *Zonas Internas*, con deformaciones profundas que afectan al zócalo y que están acompañadas de metamorfismo, y las *Zonas Externas* con cobertera plegada, y a veces con estructura de manto de corrimiento. De esta manera, las *Zonas Externas* se sitúan en los bordes de los cratones (Placa Europea y Africana), presentando características propias de cada borde, mientras que las *Zonas Internas* son comunes a ambos lados del mar de Alborán.

Situándose en el área ibérica, se puede decir que están presentes la *Zonas Externas*, correspondientes al borde de placa Europea, y parte de las *Zonas Internas*. El resto de *Zonas Internas* aflora en amplios sectores de las zonas africanas y europeas que rodean al actual Mediterráneo.

Las *Zonas Externas* están representadas por:

- Zona Prebética: Es la más externa y se deposita sobre la corteza continental, la de la meseta. En ella los sedimentos son propios de medios marinos someros o costeros, con episodios puntuales de tipo continental. Se depositan sedimentos durante el Jurásico y Cretácico.
- Zona Subbética: Se sitúa al Sur de la anterior, y presenta fáiles pelágicas más profundas a partir del Lias (Domeriense), con margas, calizas nodulosas, radiolaritas y hasta fácies turbidíticas en el Jurásico terminal. Aparecen esporádicos episodios de volcanismo submarino durante el Jurásico. Dentro de esta Zona se distingue:

- Subbético Externo, que incluye parte del talud que enlaza con el Prebético y un surco con depósitos turbidíticos.
- Subbético Medio: Se caracteriza por facies profundas desde el Lias Superior, con abundancia de radiolaritas y con volcanismo submarino. Representa la parte más profunda de la cuenca Subbética.
- Subbético Interno: Se caracteriza por facies calcáreas durante todo el Jurásico y representaría un umbral sedimentario que probablemente marcaría el límite meridional de las Zonas externas.

Las *Zonas Internas* están representadas por:

- Zona Circumbética: Se trata de una zona situada entre las *Zonas Externas* africanas y europeas, ocupando un amplio surco estructurado a partir del Pliensbachiense, en el que se depositaron radiolaritas y potentes series turbiditas hasta el Mioceno inferior.
- Zona Bética: Esta zona presenta corrimientos y metamorfismo en la mayor parte de sus dominios, que están representados casi exclusivamente por materiales Paleozoicos y Triásicos.

Durante el Mioceno Inferior se produce la compresión entre la placa africana y la placa europea, mediante el juego de toda la zona Bética. Posteriormente, en el Mioceno Superior, los depósitos se adscriben paleogeográficamente, al borde meridional de la cuenca del Guadalquivir. Los efectos de la tectónica distensiva, y la elevación del margen más meridional de la cuenca hacen que se produzcan varias cuencas intramontañosas sobre el edificio Bético, entre las que está la Cuenca o Depresión de Granada, que es donde se desarrolla este Proyecto Constructivo.

Las sucesivas pulsaciones tectónicas hacia el final del Mioceno, producen un cambio en el régimen de depósito, pasando de un medio marino a continental. Los últimos episodios, lacustres y fluviolacustres, se suceden en la Depresión de Granada hasta el Pleistoceno Medio, depositándose (en los alrededores de la zona de estudio), entre otros los conglomerados de la Alhambra. A partir de entonces las etapas erosivas se acentúan en los relieves circundantes a la Depresión de Granada, de manera que se instaura un dispositivo aluvial de gran envergadura, que es el que perdura, con menor intensidad, en la actualidad. En este dispositivo aluvial, se han reconocido hasta tres niveles de terrazas situadas todas ellas entre 4 y 20 metros sobre el cauce actual del río Genil

Situado en el sector central de las Cordilleras Béticas, y sobre la franja NE-SW, que separa los materiales del Dominio Subbético (Zonas externas), de los materiales correspondientes al Bético (Zonas internas), se encuentra ubicada la depresión de Granada, de origen post-orogénico y de edad Neógena. Dentro de ella ocupan gran extensión los depósitos aluviales originados por los ríos y torrentes que acceden a ella procedentes de los relieves circundantes. La geología de la depresión de Granada es relativamente compleja, dados los continuos cambios de facies y potencia de los materiales que la constituyen.

2.2. ESTATRIGRAFÍA

Los materiales que constituyen el área de estudio se ha depositado durante el Cuaternario, desde el Pleistoceno Medio hasta la actualidad. Son de origen fluvial, encontrándose el área fuente en las proximidades, concretamente en los depósitos terciarios alrededores, constituidos a su vez por materiales procedentes de la erosión de los relieves béticos. Por todo esto, la mayor parte de los materiales resedimentados en el área de estudio son de origen ígneo y metamórfico.

La zona de estudio por tratarse de un área urbana está recubierta en algunas zonas por rellenos antrópicos y pavimentos. En la zona donde se situará la EDAR compacta, no hay presencia de dichos rellenos, apareciendo los sedimentos aluviales mencionados.

Debido a las observaciones y ensayos, así como a la extensión y tipo de actuación proyectada, se considera que en la zona de proyecto, existen dos material diferenciado, que constituirán la totalidad de los materiales encontrados durante la ejecución del proyecto.

- Arcillas con material orgánico

La zona de ensayo se encuentra en el interior de un jardín de cierta antigüedad. Esto ha motivado la evolución del suelo existente, presentando en la actualidad una importante cantidad de materia orgánica.

Las arcillas presentan la existencia de cantos dispersos y restos orgánicos.

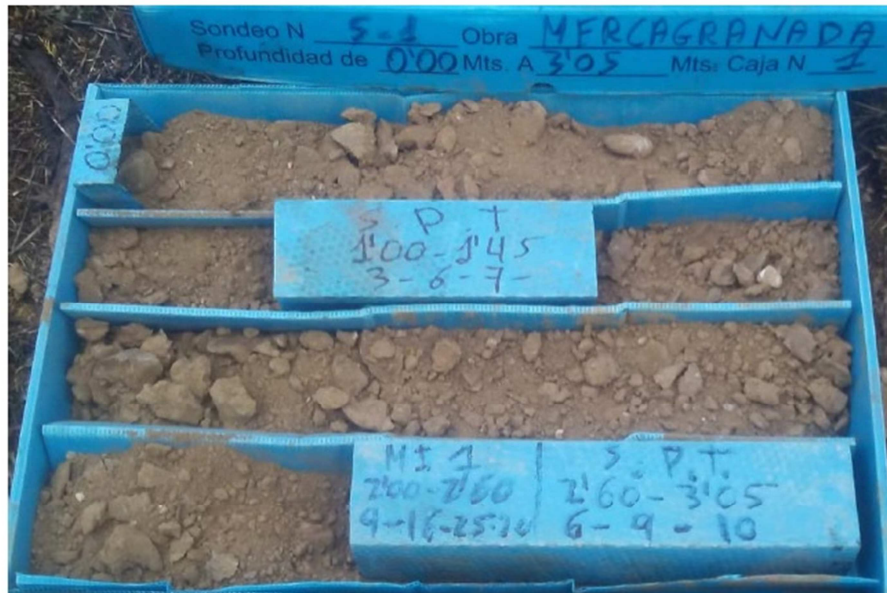
La potencia de esta capa es de escasa potencia, inferior a un metro.

- Arcillas arenosas

Bajo la capa de arcillas arenosas con material orgánico, aparecen unas arcillas arenosas de origen fluvial menos edacificado.

Estas arcillas presentan una tonalidad marrón.

Según la clasificación AASHTO, pertenecen al grupo A-6 (14) Materiales Limosos arcillosos.



2.3. TECTÓNICA

La Cuenca de Granada se comienza a estructurar en el Cretácico Superior-Paleógeno, en este periodo tiene lugar en las cordilleras Béticas el inicio de las deformaciones alpinas. Es en el Mioceno medio cuando se inicia la individualización de la depresión intramontañosa de Granada y de otras próximas, debido a los movimientos laterales y verticales de la extensa red de fracturas alpinas. En el Mioceno

Medio (Serravallense) comienzan a depositarse los primeros materiales en esta depresión a partir de los relieves circundantes recién creados, posteriormente el macizo de Sierra Nevada se levanta, suministrando nuevas áreas de aporte y provocando un cambio de facies en la vertical, al tiempo que se producen otras estructuras que cortan claramente las primeras directrices alpinas.

En la zona de estudio existe una neotectónica, que se ha desarrollado durante finales del Mioceno Superior y el Cuaternario nuevas deformaciones que han rejugado la red de fracturas alpinas y post-alpinas

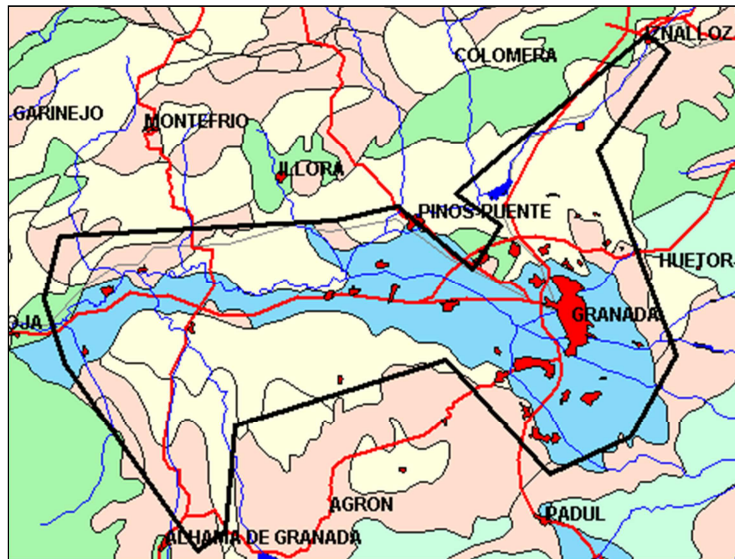
La inestabilidad tectónica, con levantamiento del núcleo de Sierra Nevada, y la generación de movimientos verticales diferenciales de unos bloques respecto de otros, dentro de la depresión de Granada, sigue poniéndose de manifiesto durante el Plioceno, como lo refleja el medio de depósito de la formación Pinos Genil y Alhambra. Esta inestabilidad tectónica, con saltos de componente normal, continúa en la actualidad observándose grandes saltos en los materiales neógenos-cuaternarios.

Dentro del entorno de la Vega de Granada destaca la existencia de dos juegos de fracturas, de direcciones E-W y 120 a 150°. Las fallas de Gabia la Grande (de Alhedín a Belicena) y de Granada (de Pulianillas a Huétor Vega), delimitan parte de la subfosa de la Vega de Granada, situándose el aluvial de la misma en el labio hundido de éstas.

2.4. HIDROGEOLOGÍA

La parcela estudiada se sitúa directamente sobre un nivel acuífero perteneciente a la Cuenca del Guadalquivir, denominado como Unidad Hidrogeológica "UH 05.32. Depresión de Granada", o, según la clasificación establecida por el ITGE, como Sistema Acuífero "S.32: Vega de Granada". Éste, se trata de un acuífero detrítico cuaternario de gran superficie que se extiende en ambos márgenes del río Genil, en él el flujo se realiza hacia el Oeste, en la misma dirección que discurre el río Genil, que constituye una importante descarga de este acuífero. Está constituido mayoritariamente por depósitos fluviales formados por alternancias de gravas, arenas y limos, aunque en sus bordes son frecuentes intercalaciones arcillosas.

Tal como se observa en la figura adjunta este acuífero presenta una forma aproximadamente alargada según un eje de dirección E-W, de unos 22 km de longitud por 8 km del eje menor. La potencia del mismo llega a superar los 250 m en el sector centro-oriental, bajo el cauce actual del río Genil, y disminuye hacia los bordes del acuífero. Los límites laterales del mismo están constituidos mayoritariamente por materiales neógeno-cuaternarios del relleno post-orogénico de la depresión de Granada, de litología variable, desde fracciones conglomeráticas a arcillosas. En sentido amplio, puede generalizarse para los mismos un comportamiento acuitado-acuicludo. Una excepción son los materiales jurásicos calizos de Sierra Elvira, situados en el borde centro-septentrional, los cuales mantienen una descarga subterránea hacia el acuífero de La Vega de Granada. El sustrato del relleno aluvial se supone corresponde a materiales neógenos, posiblemente miocenos, del relleno de la depresión de Granada. En cualquier caso, se trata, independientemente de la edad precisa de tales materiales, de un sustrato de naturaleza impermeable que aísla al acuífero aluvial de otros más profundos.



El nivel piezométrico se sitúa entre 600 y 640 m.s.n.m. a la altura de la localidad de Granada y 530 m.s.n.m. en su extremo más occidental, próximo a la localidad de Láchar, en donde está prácticamente a nivel del terreno. Existen notables variaciones estacionales e interanuales de nivel piezométrico. En la zona central, la amplitud de las fluctuaciones estacionales es del orden de 3 a 6 m, mientras que en las zonas marginales las variaciones del nivel son inferiores por lo general a 2 m.

En la zona a estudio no se ha localizado el nivel freático a una profundidad de 12 metros, por lo que no se hace previsible que su existencia pueda afectar a las actuaciones proyectadas.

La recarga del sistema tiene lugar por infiltración de agua de escorrentía superficial, bien por los propios cauces de los ríos o como retorno de riego a través de acequias, de modo directo por el agua de lluvia y por aportes laterales de otros acuíferos, entre los que se encontraría el de Sierra Elvira. Fundamentalmente las descargas se producen de modo directo a través de manantiales y difusamente a los ríos Genil y Cubillas.

2.5. GEOMORFOLOGÍA

El área de estudio se caracteriza, fundamentalmente, por su morfología de relieve plano ya que se sitúa sobre sedimentos aluviales de la llanura de inundación del río Genil, que está formada por arenas y limos arcillosos con gravas. De este modo la parcela se sitúa en un área prácticamente llana, correspondiente a la vega del río Genil. El desnivel existente dentro de la parcela corresponde a actuaciones antrópicas.

Respecto al sistema de modelado es difícil de apreciar debido a que el trazado ocupa un área totalmente urbanizada. No obstante, se pueden hacer las siguientes apreciaciones respecto a los sistemas, entendiendo como tales, el conjunto de acciones que configuran un proceso determinado. En el área de estudio se pueden distinguir:

- Sistema fluvial: es éste el de mayor relevancia en la zona. Dentro del mismo se diferencian las siguientes unidades morfogenéticas:
 - Terrazas y lechos actuales de inundación: el sistema de terrazas asociado al cauce del río Genil está notablemente desarrollado habiéndose diferenciado hasta 3 niveles de terrazas, comprendidas todas ellas entre los 4 y 20 m del cauce actual. En la cartografía geológica del IGME aparecen incluidas dentro del grupo de aluviales. Por su parte, el antiguo lecho de

inundación del Genil es lo que se ha denominado Vega Baja, y que como ya se ha indicado engloba a su vez los niveles de terrazas, hoy degradados por la acción antrópica. Está formado por materiales detríticos finos con pasadas de arenas y conglomerados.

- Conos de deyección: los conos de deyección se encuentran sobre todo en el contacto entre los materiales pliocuaternarios de la Depresión y los materiales aluviales recientes del río Genil, formando el área llamada Vega Alta. Se trata de materiales detríticos de la misma naturaleza que las litologías de los relieves circundantes, presentando una granulometría decreciente a medida que nos separamos de sus cabeceras. Sobre este sistema de conos se desarrolla un potente nivel de paleosuelos, que ocupan gran parte de la zona estudiada.
- Aluviales actuales: se han considerado como tales los materiales que ocupan los actuales valles y vaguadas y cuyo transporte fluvial ha sido escaso o nulo.
- Sistema de vertientes: dentro de este sistema, en la zona de la Vega se han distinguido tres unidades morfogénicas, aunque apenas tienen afección al trazado:
 - Glacis: los encontramos al sur de Santa Fe, instalados sobre materiales pliocuaternarios.
 - Deslizamientos de ladera: se asocian a litología margosa de edad terciaria, al noreste de la zona de estudio.
 - Derrubios de ladera: están más asociados a materiales detríticos que ocupan las áreas más bajas de los relieves que circundan la Vega y, por tanto, más próximos a nuestra zona.

La dinámica morfogénica actual es fundamentalmente erosiva. De esta manera, en la red drenaje se aprecia un gran desarrollo de cauces y un profundo encajamiento de los principales afluentes del Genil, que en algunos puntos han llegado a excavarse hasta 240 m (Darro) o 180 m (Beiro), con pendientes que superan el 75%. Ampliando la escala de trabajo podemos comprobar como existe una tendencia generalizada hacia un retroceso de las cabeceras de estos afluentes, generándose un paisaje tipo *badland* allí donde aflora el sustrato impermeable. Todo ello se ve favorecido por las directrices tectónicas actuales, con una definida subsidencia de la zona central de la depresión, potenciando el carácter erosivo de los cauces mencionados.

No obstante, de los procesos modeladores del paisaje con incidencia presente en la zona estudiada, quizás los más significativos tengan que ver con la actividad antrópica. Tanto en la ciudad de Granada como en su entorno (Vega), se han producido modificaciones del relieve por acciones urbanísticas y agrícolas que llegan a invertir los procesos geomorfológicos naturales. Por ejemplo, desde la canalización del río Genil y el sistema de acequias a él asociado, la sedimentación por decantación de finos asociada a las inundaciones periódicas ha desaparecido por completo, dando paso a un curso de agua de carácter erosivo con tendencia al encajamiento.

En lo que respecta a la dinámica de vertientes, los procesos descritos anteriormente siguen generándose en la actualidad, especialmente los derrubios y deslizamientos en las márgenes de los afluentes del Genil, siendo necesario destacar su marcado carácter catastrófico. Al contrario que en el caso de los sistemas fluviales, la acción antrópica en las vertientes puede llegar a favorecer la generación de estos procesos.

Otro factor importante lo constituye la intensa actividad sísmica de la región, asociada a la neotectónica, lo que facilita la dinámica de las vertientes, originando grandes movimientos en masa localizados en las zonas ocupadas por materiales terciarios.

2.6. RIESGOS GEOLÓGICOS

Los únicos riesgos reseñables son de tipo geotécnico, derivados de la presencia de rellenos antrópicos, hidrológico (por inundaciones) y sísmicos. Los posibles riesgos derivados de la inestabilidad de laderas son despreciables en la zona de trazado, debido a lo llano del relieve. A continuación se analizan en detalle.

2.6.1. Riesgos por rellenos antrópicos

Los riesgos derivados de la presencia de rellenos antrópicos, parten de la heterogeneidad de éstos, de su naturaleza litológica y, sobre todo, por la falta de consistencia que presentan. Los rellenos objeto de problemática son los rellenos vertidos cuya compactación se desconoce.

2.6.2. Riesgo por inundación

Este riesgo, en la zona, se fundamenta en que la ciudad de Granada ha sufrido a lo largo de la historia varias inundaciones, algunas de ellas catastróficas, como fueron las ocurridas en 1958 y 1963, ya que se halla situada en una llanura en la que desaguan cuatro ríos: Beiro, Darro, Monachil y Genil. Aún cuando todos los cauces mencionados provienen de la sierra, es el Genil el de mayor importancia, con una cuenca de más de 400 km², drenando directamente el circo noroccidental del Mulhacén y el Veleta y, por tanto, el de mayor caudal. Al tratarse de cuencas nivopluviales las crecidas excepcionales son debidas al deshielo rápido de las nieves o a fuertes lluvias (o una combinación de ambos factores).

Sin embargo, debido al emplazamiento de la parcela en estudio, el mayor riesgo de inundación no vendría determinado por una hipotética crecida del Río Genil, sino por el agua pluvial drenada de la propia urbanización de Mercagranada y su calle de acceso en caso de insuficiencia de la red de drenaje.

2.6.3. Riesgos por Sismicidad

La importancia de este aspecto deriva del reciente origen tectónico del sustrato de toda la zona, tectónica que, por otro lado, es aún activa. De esta manera la sismicidad de la vega y por extensión del sur de España, se caracteriza por la ocurrencia de un gran número de terremotos de magnitud $m_b < 5,0$, lo que da lugar a una distribución espacial dispersa sin que se observen tendencias espaciales claras. Sin embargo, en el ámbito del sur de España han tenido lugar importantes terremotos destructores que dan idea de la potencialidad de algunas fallas a romper en forma de grandes terremotos (Vidal, 1986; Muñoz y Udías, 1992).

En la Depresión de Granada la sismicidad también se caracteriza por un elevado número de microterremotos de $m_d < 3$ (magnitud-duración “ m_d ” de Miguel *et al*, 1988). Otra característica notable del comportamiento de la sismicidad en la Depresión es la ocurrencia de numerosas series sísmicas separadas en el tiempo a nivel de toda la Cuenca, como por ejemplo la serie sísmica del año 1979 (Vidal, 1986). A pequeña escala también ocurren pequeños enjambres sísmicos (*seismic swarms*) como por ejemplo la serie de Loja de 1985, la de Agrón 1988, etc. Las tendencias espaciales de la sismicidad en la Cuenca de Granada siguen los lineamientos generales de las Béticas: N10°-30°E, N45°W y N70°-90°E.

El mejor método de prevención ante este tipo de riesgo geológico radica en la aplicación estricta de las normas existentes.

Con el Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02), cuyo ámbito de aplicación se extiende a los proyectos y obras de construcción que se realicen en el territorio nacional tanto en edificación como, subsidiariamente, en el campo de la ingeniería civil en tanto no se aprueben normas específicas para éste.

En esta se realiza una clasificación de las construcciones en tres grupos, según su importancia, basada en la posibilidad de que se produzcan víctimas, pérdidas económicas o se interrumpan servicios colectivos con o sin efectos catastróficos. Estos tres grupos son:

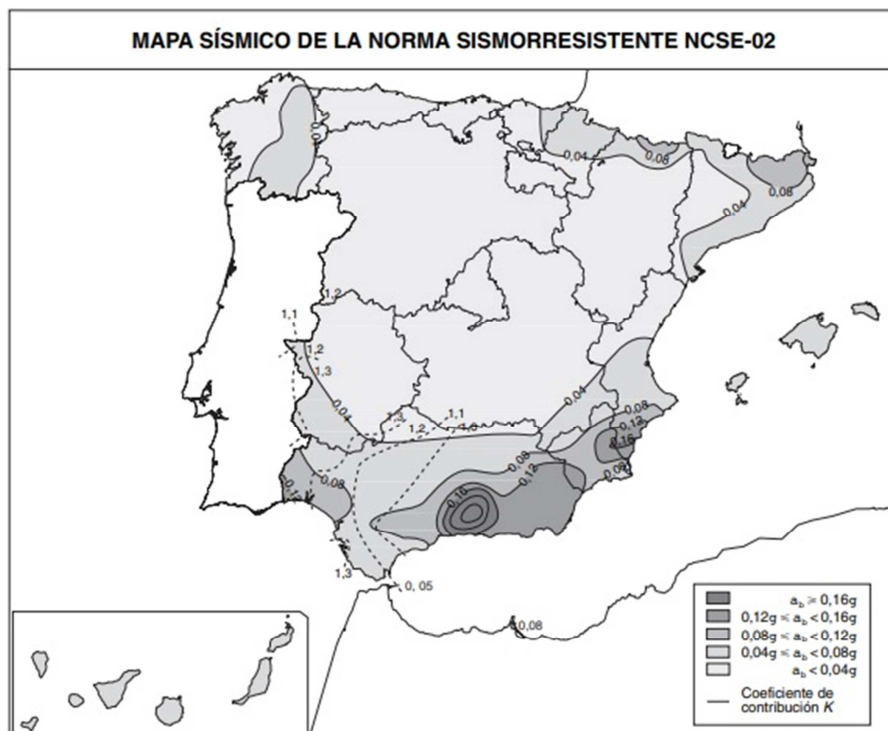
- De moderada importancia
- De normal importancia
- De especial importancia

La norma determina el concepto de aceleración sísmica de cálculo, a_c , (artículo 2.2 de la norma) que se obtiene multiplicando el valor de aceleración sísmica básica por un coeficiente adimensional de riesgo (ρ), cuyo valor para construcciones de especial importancia es $\rho = 1,3$, y por un coeficiente de amplificación del terreno (S), que depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación.

La “NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE NCSE-02”, en su apartado 1.2.3 indica que la norma no se aplicará en los siguientes casos:

- En las construcciones de importancia moderada.
- En las construcciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea menor de 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b (art. 2.1) sea inferior a 0,08 g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo a_c , (art 2.2) es igual o mayor de 0,08 g.

La zona del proyecto se localiza en el término municipal de Granada, de manera que según el Anejo 1 de la “NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE NCSE-02” y el “Mapa de Peligrosidad Sísmica” que se adjunta, el valor de la aceleración sísmica básica con respecto a la gravedad, a_b es de 0,23g.



Los parámetros de cálculo son:

- Aceleración sísmica básica (a_b): 0,23g
- Coeficiente de contribución (K): 1,0
- Tipo de terreno: III (suelos granulares de compacidad media, o cohesivos de consistencia firme a muy firme)
- Coeficiente del terreno (C): 1,6
- Velocidad de propagación de ondas (V_s): 400 m/s ³ $V_s > 200$ m/s

El coeficiente de amplificación del terreno (S) toma el valor:

$$S = (C/1,25) + 3,33 \cdot (\rho \cdot (a_b/g) - 0,1) \cdot (1 - (C/1,25))$$

dado que $a_b \cdot \rho = 0,299g > 0,1 g$.

De esta manera el coeficiente de amplificación del terreno (S) es 1,094

Por tanto, se calcula la Aceleración sísmica de cálculo:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,327g$$

3. ESTUDIO GEOTÉCNICO

3.1. Condiciones preliminares

Se elabora el presente estudio geotécnico para la caracterización del terreno en el que se construirá la EDAR modular que dará servicio a Mercagranada.

Para la construcción de la citada EDAR modular será necesaria la instalación de un depósito enterrado de PRFV el cual asentará sobre una losa de hormigón de dimensiones 12,90 m x 5,00 m de 20 cm de espesor. En el presente Anejo se estudia la viabilidad de dicha cimentación.

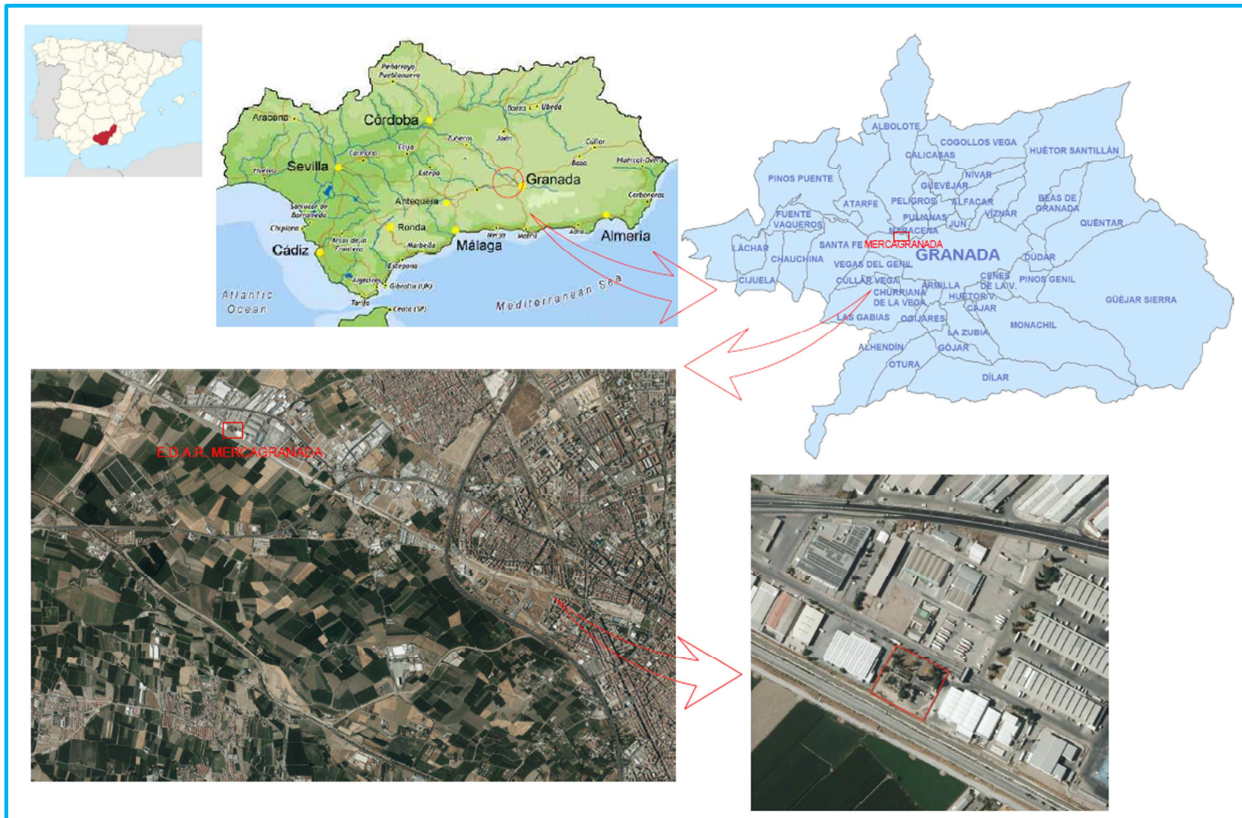
Para la realización de los trabajos de campo, de laboratorio y de redacción del Estudio Geotécnico, se han seguido una serie de pautas que enumeramos de forma muy somera:

1. La primera fase del estudio comienza con los ensayos de laboratorio complementándose la información geotécnica recogida en el campo, con los datos de laboratorio.
2. La segunda fase del estudio comprende a la redacción de la memoria en la que se integran todos los datos del estudio, se definen los niveles geotécnicos existentes, y se efectúan recomendaciones de acuerdo al proyecto.

3.2. Localización de la Parcela

La parcela protagonista del presente proyecto se encuentra en terrenos de Mercagranada a los cuales se accede a través de la carretera Badajoz-Granada en el km 436.

Se acompaña extracto de plano de situación del presente proyecto:



Las características más destacables de la parcela son:

- La parcela se ubica en una zona de topografía regular y urbanizada.
- El tanque a instalar se ubica en una zona de topografía llana.
- No se detecta una capa/nivel de suelo de alteración y/o relleno antrópico en la zona de estudio.
- Se detecta una primera capa de arcillas con cantos dispersos y restos orgánicos hasta 50 cm de profundidad, la cual se identifica como la cobertura de tierra vegetal.
- Se detecta una segunda capa que llega, al menos hasta la profundidad de los ensayos realizados consistente en Arcillas arenosas con pequeños cantos dispersos.
- No se detecta nivel freático a la profundidad reconocida en los ensayos de campo.

3.3. Trabajos de Campo Realizados

Atendiendo a lo dispuesto en CTE, el alcance del estudio geotécnico debe regularse por la tipología de la estructura a cimentar y por el tipo de suelo existente.

Atendiendo a la tabla **3.1 Tipo de construcción**, del Documento Básico SE-C del citado código, se trata de una construcción de **tipo C-0. Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida menor a 300 m²**.

Tal y como se ha indicado, la parcela se encuentra en una zona ya urbanizada y con homogeneidad en cuanto al material subyacente. Además en la zona la tipología de edificación existente es de cimentación superficial, tal y como ocurre con las actuales edificaciones presentes en la parcela. Atendiendo a este criterio y según lo dispuesto en la **tabla 3.2 Grupo de terreno**, las obras proyectadas se emplazan en un terreno de **tipo T-1**.

A partir de la tipología de construcción y grupo de terreno existentes, se determina que la distancia máxima entre sondeos debe establecerse en 35 metros, según se recoge en la **tabla 3.3 Distancias máximas** del SE-C.

Y con estos mismos parámetros, según la **tabla 3.4 Número mínimo de sondeos**, no existe un número mínimo de sondeos mecánicos a realizar.

Debido a las dimensiones de la zona donde se cimentarán las construcciones, para acometer 3 sondeos se deben reducir las distancias entre ellas a menos de 10 metros. Debido a la homogeneidad que presenta la parcela, la repetición de sondeos tan próximos no proporcionaría información adicional. Por ello, se considera justificada la adopción de un sondeo – calicata, con ensayo de penetración dinámica SPT y extracción de material como suficiente para la caracterización geotécnica completa del suelo.

Los trabajos realizados han consistido en la realización de 1 sondeo-calicata, 1 ensayo de penetración dinámica y ensayos de laboratorio.

3.3.1. Sondeo - Calicata

Un sondeo mecánico a rotación es una perforación del terreno de pequeño diámetro (65-140mm) cuya finalidad es obtener información sobre los materiales o rocas que subyacen en ese punto.

Durante la ejecución de la perforación, la extracción del testigo se alterna con la ejecución de ensayos geotécnicos como la toma de muestras inalteradas o ensayos de penetración estándar “SPT”.

Las sondas son maquinarias de motricidad autónoma, cuyo funcionamiento generalmente es de tipo hidráulico, encontrándose constituida por un grupo generador (o toma de fuerza), una torre con una cabeza de rotación y una bomba de lodos para refrigeración de las coronas de corte. Adicionalmente cuentan con sistemas manuales o automáticos para la ejecución de ensayos de penetración y del material auxiliar para la perforación.

De los elementos auxiliares cabe destacar la batería de perforación, como un tubo hueco donde se aloja el testigo de suelo que es cortado por una corona de vidia o diamante enroscada en el extremo inferior de la batería. En la parte superior de la misma va enroscado el varillaje, generalmente de 42 o 50 mm (hueco), para permitir que pase el agua proveniente de la bomba.

Se ha realizado un sondeo-calicata a rotación con equipo ROLATEC ML76A sobre orugas.

Durante su ejecución la toma de testigo ha sido continua con el fin de identificar la litología de la totalidad de las capas atravesadas, realizándose ensayos SPT y toma de muestra inalterada a distintas cotas.

Los testigos extraídos, debidamente acotados, se han colocado en cajas portatestigos de PVC.

La profundidad alcanzada ha sido la siguiente:

Sondeo-calicata	Profundidad (m.)	Profundidad nivel freático al finalizar el sondeo (m.)
S-1	3,05	No se detecta

El corte litológico se acompaña en anexos.

3.3.2. Ensayos Continuos de Penetración Dinámicos

Para determinar el grado de resistencia del suelo que se va atravesando en la perforación del sondeo mecánico, se dispone del dispositivo de golpeo SPT, con el que se obtienen unos valores que se encuentran perfectamente normalizados (UNE EN ISO 22476- 3:2010)

Antes de ejecutar el ensayo se debe proceder a la limpieza del fondo de la perforación procediendo seguidamente a la sustitución de la batería de perforación por un tomamuestras bipartido cuyo extremo inferior se dota de una “zapata” afilada que cortando al suelo lo introduce dentro de este tomamuestras de pequeño diámetro (51 mm de diámetro exterior y 35 mm de diámetro interior). Cuando los materiales atravesados son de naturaleza granular, grosera o rocosa, la obtención de una muestra con este ensayo es imposible. En estos casos, para realizar el ensayo se dispone de una puntaza cónica normalizada (puntaza ciega) que permite una correlación en la serie de golpes.

El número de golpes es de hasta 150 veces y pretende bajar o clavarse hasta 45 cm considerados en 3 tramos de 15 cm, 50 golpes como máximo por cada tramo de 15 cm. Más de 50 golpes en un tramo significa el rechazo y el ensayo se da por terminado.

El valor considerable de penetración para el S.P.T. es la suma de los golpes necesarios para atravesar los dos últimos tramos (“ N_{SPT} ”), considerándose despreciables los valores del primer tramo que se entiende como penetración de asiento. En el caso en el que el ensayo se realice con una puntaza ciega, normalmente en terreno granulares gruesos, el valor “N” obtenido, se denomina N_{SPB} , el cual debe correlacionarse para la obtención de N_{SPT} ,

Cuando se llega a los 50 golpes y no se han llegado a penetrar los 15 cm se habla de “Rechazo” = “R”.

Para la interpretación de los resultados de estos ensayos existen diferentes correlaciones con q_u establecidas por diferentes autores.

CLASIFICACION DE SANGLERAT (1.967), HUNT (1.984)			
SUELOS COHESIVOS		SUELOS GRANULARES	
Nº GOLPES / 30 cm	CONSISTENCIA	Nº GOLPES / 30 cm	COMPACIDAD
0-2	Muy blanda	0-4	Muy suelta
3-5	Blanda	4-10	Suelta
6-15	Media	10-30	Media
16-25	Firme	30-50	Compacta
> 25	Dura	> 50	Muy compacta

Se ha realizado un ensayo continuo de penetración dinámica con penetrómetro automático tipo DPSH modelo ROLATEC ML76A. Las características del equipo de penetración utilizado son:

Varillaje: 32 mm. De diámetro

Puntaza: Sección cilíndrica de 19,5 cm², terminada en punta cónica con ángulo en el vértice de 90°

Peso de la maza: 63,5 Kg.

Altura de caída: 76 cm.

Peso del Varillaje: 8,84 Kg/m.

Los ensayos se realizan según la Norma UNE 103801/84 y se dan por finalizados cuando se han cumplido alguna de las siguientes condiciones que marca la Norma para establecer el rechazo:

- -Se superen los 100 golpes para una penetración de 20 cm.

Es decir $N_{20} > 100$.

- -Cuando tres valores consecutivos de N_{20} sean iguales o superiores a 75 golpes.
- -El valor del par de rozamiento supere los 200 N.m.

En este caso no se ha obtenido rechazo.

La profundidad alcanzada ha sido la siguiente:

Penetrómetro N°	Profundidad alcanzada (m.)	Profundidad nivel freático (m.)
Pd-1	12,00	No se detecta

La gráfica se acompaña en anexos.

3.3.3. Ensayos de Laboratorio

La caracterización geotécnica y geomecánica de las muestras de suelos y rocas se define a través del complemento que suministran los ensayos de laboratorio.

A no ser que el cliente solicite una información muy determinada, la programación de estos ensayos dispone de una supervisión técnica especializada que define lo más apropiado para cada tipo de suelo y para cada problema planteado.

Sobre una muestra obtenida en sondeo-calicata, debidamente empaquetada, se han realizado los siguientes ensayos en laboratorio:

Identificación y Estado

Límites de Atterberg

-Límite líquido (según UNE 103103/94)

- Límite plástico (según UNE 103104/93)

Granulometría por tamizado (según UNE 103101/95)

Humedad (según UNE 103300/1993)

Densidad (según UNE 103302/1994)

Químicos

Contenido de Sulfatos (según UNE 103202/95)

La muestra se ha clasificado de acuerdo con los criterios de Casagrande y H.R.B., determinándose además su índice de grupo.

3.3.4. Medida del Nivel freático

El nivel freático es un valor que no debe considerarse estable, ya que se encuentra condicionado por múltiples factores como el régimen hidrológico de precipitaciones, los aportes y extracciones artificiales (riegos y bombeos), etc, pudiendo ofrecer grandes oscilaciones en el tiempo que pueden o no repetirse anualmente.

No obstante y dada la importancia de este factor cuando se realiza un ensayo geotécnico, se presta la mayor atención posible a su acotación, debiéndose entender que la misma se refiere a la fecha de medición, pudiendo dar lugar a oscilaciones.

Para delimitar la cota del nivel freático se instalan tuberías piezométricas de PVC ranurado en sondeos o se dejan abiertas las calicatas durante un tiempo prudencial.

Cuando el espacio temporal ocurrido entre la ejecución de los ensayos y la emisión del informe permite realizar una o varias campañas piezométricas, se pueden observar las evoluciones de este nivel.

En la campaña piezométrica realizada para la elaboración de este informe no se ha detectado presencia de nivel freático.

4. PROCEDENCIA DE MATERIALES

4.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En el presente apartado se estudian las necesidades y características de los materiales necesarios para la realización de la obra, con el objeto de informar sobre la localización y características naturales, así como el volumen y propiedades de los materiales que se extraerán de las excavaciones, y en función de sus condiciones destinarlas al uso adecuado, si son favorables, o a zonas de vertido en caso contrario.

Para ello se ha recurrido a la información bibliográfica disponible y sobre todo, a los ensayos realizados a partir de la campaña de geotecnia. De este modo ha sido posible caracterizar desde el punto de vista de la aprovechabilidad, los materiales objeto de excavación.

Se ha realizado, por otro lado, un inventario de graveras y canteras, a las que recurrir para el suministro de material de mejor calidad que los presentes en la ZONA, y de plantas próximas de suministro, en concreto de producción de hormigones.

4.2. CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES

No se prevé la necesidad de aportar material de relleno para la ejecución de las obras.

4.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EXCAVADOS

Las características de los materiales excavados vienen descritas en el Anejo 1, Informe de Campo, del presente documento.

Las excavaciones recogidas en el proyecto son:

- Excavación para soterramiento de reactor biológico.
- Excavaciones localizadas en zanjas.

4.4. RELLENOS

Los rellenos que se recogen dentro de las actuaciones proyectadas corresponden a:

- Relleno de cobertura del reactor biológico soterrado.
- Relleno localizado en zanjas.
- Rellenos por capas para adecuación de la parcela e integración medio ambiental.

4.5. CANTERAS Y GRAVERAS

Dado que en la actuación existen tierras sobrantes para la constitución de rellenos, la búsqueda de materiales externos a la traza se ha centrado en aquellos que presenten mejor calidad que los presentes en la zona, como son los suelos seleccionados y/o zahorras artificiales. Por lo que, para asegurar el suministro de materiales con la calidad requerida, se ha realizado un inventario de las explotaciones activas (canteras y graveras) más cercanas, que produzcan los materiales requeridos y en la cantidad suficiente.

De esta manera, se han localizado 3 canteras, dedicadas a la extracción de áridos carbonatados, procedentes del arranque en cantera de calizas marmóreas.

- **C-1. ÁRIDOS ATARFE**
 - Propietario: Rafael Martín.
 - Situación: Camino de las Canteras (Atarfe). Salida 238 (Atarfe. Las Canteras) desde A-92.
 - Teléfono: 958436252/609775690
 - Distancia a la traza: 6 km, aproximadamente.
 - Naturaleza de los materiales: caliza marmórea.
 - Posible uso: Suelo seleccionado, rellenos, zahorras y áridos para hormigones.
- **C-2. CANTERA GESTYPROM. NEVADA**
 - Propietario: Hormigones Nevada.
 - Situación: Camino de las Canteras (Atarfe). Salida 238 (Atarfe. Las Canteras) desde A-92.
 - Teléfono: 958597046/ 958507308
 - Distancia a la traza: 6 km, aproximadamente.
 - Naturaleza de los materiales: caliza marmórea.
 - Posible uso: S. seleccionado, rellenos, zahorras y áridos para hormigones.
- **C-3. CANTERA BUENA VISTA**
 - Propietario: Manuel Hidalgo.
 - Situación: Sierra Elvira - Pinos Puente.
 - Teléfono: 958437310/ 958437107
 - Distancia a la traza: 12 km, aproximadamente.
 - Naturaleza de los materiales: caliza marmórea.
 - Posible uso: S. seleccionado, rellenos, zahorras y áridos para hormigones.

4.6. INSTALACIONES DE SUMINISJTRO

En las proximidades de la ciudad de Granada hay una representación lo suficientemente amplia de instalaciones de procesamiento de materiales, ya que se han localizado un total de 4 plantas de

hormigón y 1 de mezclas bituminosas. En este apartado se resumen los datos de localización y el tipo y procedencia del árido empleado en cada una de estas instalaciones.

Éstas son:

- **PH-1.** Planta HOLCIM de JUNCARIL
 - Propietario: Holcim Hormigones, S.A.
 - Situación: Pol. Ind. Juncaril, parcela 350 (Albolote).
 - Teléfono: 958226677/619046108
 - Distancia a la traza: 11 Km.
 - Tipo y procedencia del árido: Áridos calizo y dolomítico.
 - Producción: 100 m³/hora. 85.000–100.000 m³/año.
 - Ensayos de laboratorio: facilitados por la propiedad.
- **PH-2.** Planta de hormigones GRUPO LASTRA
 - Propietario: Hormigones Lastra, S.A.
 - Situación: Ctra. Sevilla-Málaga, salida a Cullar Vega.
 - Teléfono: 958 812 704 / 655774971
 - Distancia a la traza: 8 km al punto medio.
 - Tipo y procedencia del árido: Árido calizo.
 - Producción: Dato no disponible.
 - Ensayos de laboratorio: Facilitados por propietario.
- **PH-3.** Planta HOLCIM de CARRETERA DE LA SIERRA
 - Propietario: Holcim Hormigones, S.A.
 - Situación: Ctra. de la Sierra, 144 (Granada).
 - Teléfono: 958226677/619046108
 - Distancia a la traza: 10 Km.
 - Tipo y procedencia del árido: Áridos calizo y dolomítico.
 - Producción: 100 m³/hora. 90.000–110.000 m³/año
 - Ensayos de laboratorio: facilitados por la propiedad.
- **PH-4.** Planta de hormigones NEVADA
 - Propietario: Hormigones Nevada, S.L.
 - Situación: Camino de las Canteras (Atarfe).
 - Teléfono: 958597812/680996112
 - Distancia a la traza: 15 Km. al punto medio de la traza.
 - Tipo y procedencia del árido: Árido calizo.
- **PA-1.** Planta de aglomerado HORMACESA

- Propietario: Hormacesa.
- Situación: Camino de las Canteras (Atarfe).
- Teléfono: 958257416
- Distancia a la traza: 15 Km.
- Tipo y procedencia del árido: Árido calizo, procedente de hormigones Nevada.

4.7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Debido a las obras proyectadas, existe un excedente de tierras, lo que unido a que los rellenos a realizar no soportarán cargas considerables de uso, además de la no existencia de grandes terraplenes, hacen que el proyecto no presente la necesidad de recurrir a préstamos exteriores en un volumen reseñable.

El mayor volumen de rellenos corresponderá a la cubrición del reactor biológico y a la integración ambiental de la parcela. Rellenos que se realizarán con el propio material excavado.

5. ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN

El objetivo de este punto es realizar una justificación sobre el tipo de cimentación más adecuado para el proyecto definido, y por tanto en este apartado se define la tipología y profundidad de cimentación, así como el cálculo de la tensión admisible de trabajo y previsión de asentos en el caso que proceda.

5.1. Tipología y características del Proyecto:

Depósito de PRFV de 11,90 metros de largo y 4,00 metros de diámetro cimentado a 4,80 metros de profundidad.

5.2. Factores condicionantes:

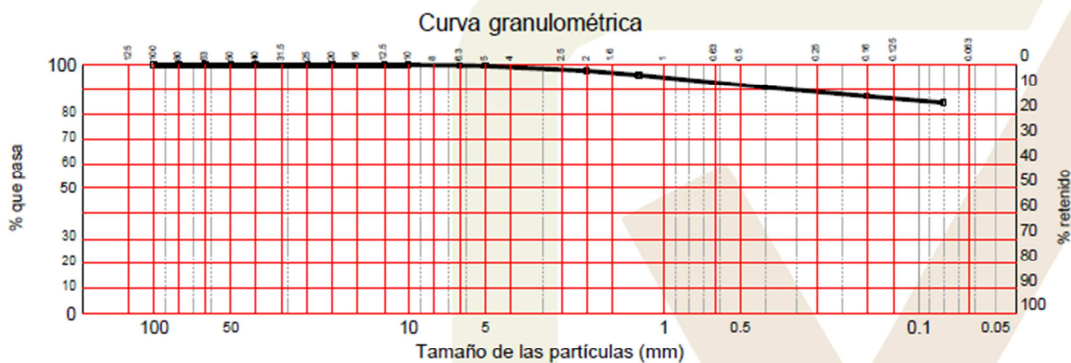
- La parcela se ubica en una zona de topografía regular y urbanizada.
- El tanque a instalar se ubica en una zona de topografía llana.
- No se detecta una capa/nivel de suelo de alteración y/o relleno antrópico en la zona de estudio.
- Se detecta una primera capa de arcillas con cantos dispersos y restos orgánicos hasta 50 cm de profundidad, la cual se identifica como la cobertura de tierra vegetal.
- Se detecta una segunda capa que llega, al menos hasta la profundidad de los ensayos realizados consistente en Arcillas arenosas con pequeños cantos dispersos.
- No se detecta nivel freático a la profundidad reconocida en los ensayos de campo.

5.3. Parámetros geotécnicos:

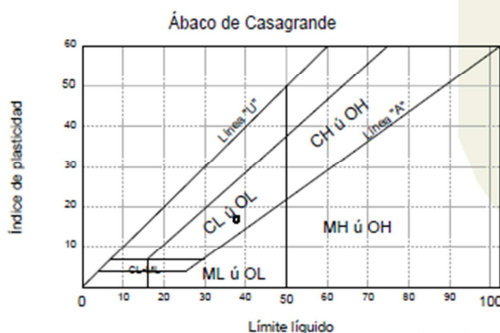
De acuerdo con la estratigrafía reconocida, y con los ensayos geotécnicos realizados, establecemos los siguientes parámetros geotécnicos que caracterizan los materiales sobre los que se cimentará el depósito:

Granulometría de suelos por tamizado S/(UNE 103101:1995)			
MUESTREO:	Muestreado por laboratorio el 17/10/2018	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	ARCILLA ARENOSA MARRÓN
LOCALIZACIÓN MUESTREO	SR-1 - MI (PROFUNDIDAD: 2,00 - 2,60 m)	SUMINISTRADOR/YACIMIENTO	

Granulometría de suelos por tamizado S/(UNE 103101:1995)																
Tamiz (mm)	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5 (N.4)	2 (N.10)	1,25 (N.16)	0,4 (N.40)	0,16 (N.80)	0,08 (N.200)
Pasa (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,5	97,6	96,0	90,9	87,2	84,5



Límites de Atterberg S/UNE 103 103:1994 y 103 104:1993	
Límite líquido	37,7
Límite plástico	20,8
Índice de plasticidad	16,9



Clasificación AASHTO M145 (ASTM D3282)
Grupo: A-6 (14)
Materiales limosos arcillosos. Suelos arcillosos

Clasificación USCS S/ASTM D2487
CL : Arcilla con arena

ENSAYOS	RESULTADOS	GRADO DE AGRESIVIDAD		
		DÉBIL	MEDIO	FUERTE
Contenido de sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /kg de suelo seco)	1027,52	2000 a 3000	3000 a 12000	>12000

Determinación de la densidad aparente de un suelo S/UNE 103 301:1994		
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2,215
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2,007

5.4. Cimentación Proyectada para el depósito

Para realizar el diseño de la cimentación para la cimentación del depósito de agua, se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

1. El sondeo geotécnico realizado refleja un nivel de suelo edáfico (1) con un espesor de 0,50 m.
2. Tras el nivel 1 se observa un nivel 2 de Arcilla Arenosa Marrón.
3. Los ensayos de laboratorio y campo determinan que el nivel 2 presenta un índice N_{sp} de 20.

La cimentación del depósito deberá quedar apoyada sobre una zona homogénea, no podrá quedar apoyada parte sobre relleno y parte sobre terreno natural.

La losa de hormigón deberá quedar apoyada sobre una mejora de hormigón de limpieza con un espesor de al menos 0,10 m.

Las características que garantizan un buen comportamiento de las mejoras o rellenos geotécnicos son las siguientes:

- El relleno geotécnico deberá cumplir el PG3.
- El material no deberá contener materia orgánica, vegetal u otras materias extrañas.
- El porcentaje de materiales finos será inferior al 25% en peso y el tamaño máximo de los elementos más gruesos será de 10 cm. El límite líquido deberá ser inferior a 30%.
- La densidad máxima correspondiente al ensayo Proctor Normal no será inferior a 1,75 t/m³ y se alcanzará al menos el 98% de compactación del ensayo Proctor de referencia.
- El material se deberá extender por tongadas sucesivas de unos 30 cm de espesor cada una de ellas. Una vez extendida la tongada se procederá a su humectación, de forma uniforme, hasta que el material alcance su contenido óptimo de humedad.

Cálculo de la cimentación.

Se ha considerado una tensión estimada en 9,00 t/m² para un depósito de 11,90 m de largo y 4,00 de diámetro lleno de agua, una losa de hormigón con espesor estimado de 0,20 m. y una mejora de hormigón de limpieza con espesor estimado de 0,10 m.

Para la obtención de la carga neta adoptamos la expresión:

$$Q_{neta} = Q_{estructura} - \text{Peso tierra excavada}$$

Así la carga resultante estimada, responde a unas cargas netas de 9,00 t/m².

De acuerdo con el esquema de cimentación propuesto, estudiamos a continuación la carga admisible limitada por hundimiento y por asientos.

Por consideración de hundimiento:

Para el cálculo de la presión de hundimiento, se ha considerado la formulación del Documento Básico SE-C Cimientos en su apartado de la Determinación de la presión de hundimiento mediante métodos analíticos.

La presión de hundimiento de una cimentación directa vendrá definida por la siguiente ecuación:

$$q_h = c_k N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0k} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B^* \gamma_k N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

$$q_{adm} = q_h / 3$$

Siendo:

q_h la presión vertical de hundimiento o resistencia característica del terreno R_k

q_{0k} la presión vertical característica alrededor del cimiento al nivel de su base;

c_k El valor característico de la cohesión del terreno;

B^* al ancho equivalente del cimiento;

γ_k el peso específico característico del terreno por debajo de la base del cimiento;

N_c N_q N_γ los factores de capacidad de carga. Son adimensionales y dependen exclusivamente del valor característico del ángulo de rozamiento interno característico del terreno (ϕ_k). Se denominan respectivamente factor de cohesión, de sobrecarga y de peso específico;

d_c d_q d_γ los coeficientes correctores de influencia para considerar la resistencia al corte del terreno situado por encima y alrededor de la base del cimiento. Se denominan factores de profundidad;

s_c s_q s_γ los coeficientes correctores de influencia para considerar la forma en planta del cimiento;

i_c i_q i_γ los coeficientes correctores de influencia para considerar el efecto de la inclinación de la resultante de las acciones con respecto a la vertical;

t_c t_q t_γ los coeficientes correctores de influencia para considerar la proximidad del cimiento a una talud.

Considerando el empotramiento dentro del nivel 2 y sobre la mejora recomendada, obtenemos cargas admisibles de:

$$Q_{adm} = 1,50 \text{ kg/cm}^2$$

Para determinar el diseño de una losa es necesario conocer los principios de evolución del coeficiente "k" de reacción del subsuelo también llamado de balasto.

El módulo de balasto k_s se define (según CTE) como el cociente entre la presión vertical, q , aplicada sobre un determinado punto de un cimiento directo y el asiento, s , experimentado por dicho punto:

$$K = q / s$$

El módulo de balasto así definido, tiene unidades de densidad, lo que indica que la hipótesis efectuada equivale a suponer que el terreno es un líquido de densidad k_s , sobre el que “flota” la cimentación.

Atendiendo a los ensayos realizados para la caracterización del suelo la estimación del módulo de balasto se obtiene a partir de las recomendaciones de Bibliografía existente.

COEFICIENTE DE BALASTO Valores orientativos para placa de carga de 30x30cm ² (K30).			
Clases de suelo		(K/cm³)	
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0	Clases de suelo	(K/cm³)
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5		
Arena fina de ribera o playa	1,0 - 1,5	Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 - 10,0
Arena floja seca	1,0 - 1,3	Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 - 12,0
Arena floja húmeda	0,8 - 1,0	Gravilla arenosa floja	4,0 - 8,0
Arena media seca	3,0 - 9,0	Gravilla arenosa compacta	9,0 - 25,0
Arena media húmeda	2,0 - 6,0	Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Arena compacta seca	9,0 - 20,0	Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Arena compacta húmeda	7,0 - 13,0	Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Capa de humus, arena y grava	1,0 - 2,0	Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Arcilla mojada	2,0 - 3,0	Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Arcilla húmeda	4,0 - 5,0	Rocas blandas o algo alteradas	>30,0
Arcilla seca	6,0 - 9,0	Rocas sanas	>500,0
Arcilla seca dura	> 10,0		
Margas arcillosas	20,0 - 40,0		

UNIDADES: 1 K/cm³ ≈ 10³ T/m³ ≈ 10⁴ kN/m³

Se toma un valor $K=1 \text{ K/cm}^3$

La conversión del módulo para placa de 30 cm, k_{sB} , al coeficiente de referencia, k_{sB} , se puede obtener mediante la tabla D.29 del Código Técnico de la Edificación. De dicha tabla extraemos que para nuestro caso, que pretendemos cimentar en el nivel 2, adoptamos un $k_{30} = 1,00 \text{ kp/cm}^3$ y por ello se obtendrá un valor de K en función de las dimensiones de la cimentación adoptadas por la dirección facultativa.

Tipo de suelo	K_{30} (MN/m³)
Arcilla blanda	15 – 30
Arcilla media	30 – 60
Arcilla dura	60 – 200
Limo	15 – 45
Arena floja	10 – 30
Arena media	30 – 90
Arena compacta	90 – 200
Grava arenosa floja	70 – 120
Grava arenosa compacta	120 – 300
Margas arcillosas	200 – 400
Rocas algo alteradas	300 – 5.000
Rocas sanas	>5.000

Tabla del CTE

$Q_{adm} = 1,50 \text{ Kg/cm}^2$

$K_{30} = 1 \text{ Kp/cm}^3$

5.5. Cimentación Proyectada para la Caseta

La cimentación de la caseta consiste en una viga perimetral de 80 x 20 cm y una viga central de 70 x 20 cm. Además los equipos interiores descansan sobre una losa de canto 20 cm.

Para realizar el diseño de la cimentación para la cimentación de la caseta, se ha tenido en cuenta los siguientes factores:

1. Presión admisible del terreno $0,15 \text{ kg/cm}^2$
2. Módulo de Balasto 8 K/cm^3

Tomando las mismas tablas para la cimentación de las casetas se deduce que es adecuada.

6. EXCAVACIONES

En un principio se considera que las pendientes naturales de la zona marcan el ángulo de equilibrio de cada material..

La excavabilidad de los suelos de recubrimiento (rellenos, tierra vegetal y arcillas arenosas) es fácilmente ejecutable con medios mecánicos normales.

Los taludes resultantes de las excavaciones deberán mantener pendientes adecuadas a la estructura del macizo, evitando taludes verticalizados con cuñas por diaclasado o estratificación.

Seguidamente se establece un cuadro general donde se ofrecen unas recomendaciones de algunos autores según el tipo de formación detectada. Estos valores son válidos para taludes excavados de hasta 5.00 m. de altura. Para alturas superiores se recomienda una berma intermedia y un muro para cuyo dimensionamiento se ofrecen unos valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno deducido de ensayos de corte directo y de correlaciones empíricas habituales (Jiménez Salas, 1975 y otros, a favor de discontinuidades).

FORMACIÓN GEOLÓGICA	PENDIENTES NATURALES	TALUDES RECOMENDADOS	C' Cohesión (Kg./cm. ²)	Angulo de Rozamiento interno
(1) Rellenos y Tierra Vegetal	10°-20°	1V:2.0H	0.00-0.01	12°-16°
(2) Coluviales	15°	1V:2.5H	0.00-0.02	18°-20°
(3) Conglomerados areniscas lutitas y arcillas rojizas	15°-30°	1.5V:1H	0.5-1.2	33°-40°
(9) Pizarras, filitas, grauwacas y liditas ,marrones y grises	25°-40°	1.5V:1H	0.0-0.3	30°-36°

Todos estos taludes están indicados para alturas no superiores a 5.0 m. A mayor altura habrá que disminuirlos.

Estos valores se refieren a estabilidad a largo plazo, pudiéndose mantener taludes más verticalizados en excavaciones a corto plazo. En el caso que nos ocupa el tiempo la excavación se considera excavación a corto plazo.

7. TERRAPLENADOS

El proyecto que nos ocupa no presenta terraplenes de envergadura.

8. RECOMENDACIONES

La excavación se realizará de forma que no se alteren las características mecánicas del suelo, para ello se recomienda que la excavación de los últimos 15 a 20 cm. no sea efectuada hasta inmediatamente antes de iniciar el vertido del hormigón especialmente en suelos cohesivos.

Una vez alcanzado el firme elegido, y antes de hormigonar, se limpiará y nivelará el fondo.

Los emparrillados o armaduras que se coloquen sobre el fondo de la zapata deberán apoyarse sobre tacos de mortero rico que se usarán de espaciadores respecto al nivel teórico del fondo de la zapata, que es el del hormigón de limpieza.

En ningún caso deben apoyar las armaduras sobre "pates" o latiguillos metálicos que después del hormigonado queden en contacto con la superficie del terreno, pues constituirían un punto fácil de entrada de los fenómenos de corrosión a la armadura.

Los espaciadores deben colocarse formando cuadros de lado 15 a 20 veces el diámetro de la armadura.

Es conveniente también colocar espaciadores en la parte vertical de ganchos o patillas, para evitar el movimiento horizontal de la parrilla de fondo.

No se realizará nunca hormigonado por fases en zapatas aisladas.

En el caso de reconocerse algún nivel flojo tras las excavaciones previstas, se deberá comprobar mediante un ensayo simple de penetración en cada zapata, clavando una barra de hierro en el terreno a golpes de martillo para determinar su espesor y determinar su eliminación o sustitución por una zahorra debidamente compactada al 100 % proctor.

Se procurará que la planta de la losa sea regular evitando entrantes, ángulos agudos, etc... que darían lugar a torsiones y solicitaciones anómalas.

El centro de gravedad de cargas verticales ha de coincidir lo más exactamente posible con el centro de gravedad de la losa, para evitar cualquier giro de la estructura debida a su propio peso.

El hormigonado debe hacerse, a ser posible, sin interrupciones que pueden dar lugar a planos de debilidad. En caso necesario, las juntas de trabajo se situarán en zonas de cortantes bajos, lejos de pilares.

Es aconsejable que la excavación del terreno por encima del plano de apoyo de la losa, si es de naturaleza arenosa, se realice por bandas de forma que inmediatamente después de poner dicho plano se efectúe un riego muy superficial mediante lechada de cemento una vez endurecida esta superficie, se colocará sobre ella la capa de hormigón compacto de limpieza y regularización para el apoyo.

Caso de detectarse sobre la cota de cimentación la presencia de agua (nivel freático no previsto, oscilaciones del mismo, aguas colgadas, etc.) se deberá realizar un estudio para determinar la posible agresividad del medio sobre los materiales empleados y el sistema de saneamiento o drenaje adecuado para una correcta ejecución de la cimentación.

La cimentación deberá quedar apoyada sobre un nivel geotécnico homogéneo. De no ser así se procederá a realizar una mejora geotécnica de al menos 50 cm. mediante la colocación de un relleno geotécnico.

Las características que garantizan un buen comportamiento de las mejoras o rellenos geotécnicos son las siguientes:

- El relleno geotécnico deberá cumplir el PG3.
- El material no deberá contener materia orgánica, vegetal u otras materias extrañas.
- El porcentaje de materiales finos será inferior al 25% en peso y el tamaño máximo de los elementos más gruesos será de 10 cm. El límite líquido deberá ser inferior a 30%.
- La densidad máxima correspondiente al ensayo Proctor Normal no será inferior a 1,75 t/m³ y se alcanzará al menos el 98% de compactación del ensayo Proctor de referencia.
- El material se deberá extender por tongadas sucesivas de unos 30 cm de espesor cada una de ellas. Una vez extendida la tongada se procederá a su humectación, de forma uniforme, hasta que el material alcance su contenido óptimo de humedad.
- Previamente a la colocación de rellenos bajo el agua debe dragarse cualquier suelo blando existente.

Cuando los elementos extraños sean más compresibles que el terreno en su conjunto, serán excavados y sustituidos por un suelo de relleno compactado para tener una compresibilidad equivalente a la del conjunto.

Es importante que todas aquellas obras que se pretendan realizar junto a los elementos de cimentación (soleras, arquetas de pie de pilar, saneamientos, etc.) se estudien convenientemente para no alterar las condiciones de trabajo de los mismos o bien dar lugar, mediante fugas, a vías de agua que produzcan lavados del terreno, descalzamientos, encharcamientos, fenómenos de expansividad, etc...

Debe de indicarse que las consideraciones expuestas en el presente informe han sido deducidas a partir de ensayos puntuales, constituyendo una extrapolación al conjunto de la parcela en las condiciones actuales del subsuelo.

Ello no es óbice, para que puedan producirse variaciones con respecto al esquema definido, derivadas de la heterogeneidad que pueda presentar el terreno, o bien de alteraciones posteriores antrópicas (rellenos, excavaciones, etc) realizadas con anterioridad al comienzo de la obra y que hagan necesario la ampliación del estudio geotécnico y la modificación de las soluciones de cimentación iniciales.

ANEXO 01

TRABAJOS DE CAMPO