

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Grado en Ingeniería Civil

---

**Trabajo de Fin de Grado:**

**Cálculo estructural del nuevo almacén de motores de la Factoría Ford S.L. en  
Almussafes (Valencia)**

**Documento nº 2: Anejo nº03 Estudio Geotécnico**

Curso: 2018/2019

Fecha: Junio de 2019

Autor: Andreea Veronica, Dima

Tutor: Eduardo, Cortés Moreno

Cotutor: Eugenio, Aracil Bueso

# ÍNDICE

---

## INFORME GEOTÉCNICO – CANOPY JUNTO A FACHADA OESTE PLANTA DE MOTORES – FACTORÍA FORD ALMUSSAFES

---

<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.- OBJETO.....</b>	<b>3</b>
<b>3.- CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTOS.....</b>	<b>3</b>
3.1.- DESCRIPCIÓN DEL SOLAR .....	3
3.2.- TRABAJOS DE CAMPO.....	3
3.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS.....	3
3.3.1.- Sondeos Rotativos .....	3
3.4.- ENSAYOS DE LABORATORIO .....	4
<b>4.- DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO .....</b>	<b>5</b>
4.1.- AMBIENTACIÓN GEOLÓGICA .....	5
4.2.- CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS .....	5
4.3.- NIVEL FREÁTICO .....	5
4.4.- AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN .....	5
4.5.- GRADO DE IMPERMEABILIDAD.....	6
<b>5.- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS TERRENOS .....</b>	<b>7</b>
5.1.- NIVEL 0: RELLENOS .....	7
5.2.- NIVEL 1: ROCA.....	7
5.3.- NIVEL 2: MARGAS .....	7
5.4.- NIVEL 3: ARENAS .....	7
<b>6.- CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA.....</b>	<b>8</b>
<b>7.- CIMENTACIONES .....</b>	<b>8</b>

Preparado por: ARIN INGENIEROS CONSULTORES, S.L.  
Fecha: Febrero de 2016

**8.- VACIADOS Y CONTENCIONES .....8**

**9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....9**

## 1.- INTRODUCCIÓN

El presente informe recoge los trabajos geotécnicos que se han llevado a cabo para el conocimiento de los terrenos afectados por las obras previstas para la construcción de un **Nuevo Canopy Junto a la Fachada Oeste de la Planta de Motores en la Factoría Ford Almussafes**, así como las conclusiones y recomendaciones necesarias para la ejecución de la obra.

## 2.- OBJETO

Los objetivos principales del presente estudio son:

- Determinar el tipo de cimentación y contención más adecuado.
- Estimar las características geotécnicas necesarias para el cálculo de la cimentación y contención.
- Dar las recomendaciones pertinentes en cuanto al cálculo y ejecución de las estructuras de cimentación y contención.

## 3.- CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTOS

### 3.1.- DESCRIPCIÓN DEL SOLAR

La zona en estudio se encuentra entre los edificios 171 y 171B, en la zona Norte de la factoría de Ford. La zona donde se va a ubicar la nueva estructura presenta una topografía prácticamente horizontal, y su uso actual es de almacenamiento de material y tráfico de vehículos ligeros industriales.

### 3.2.- TRABAJOS DE CAMPO

Para la realización de este estudio se ha llevado a cabo un (1) sondeo rotativo de 6,0 m de longitud. Durante la ejecución del sondeo, se han realizado dos (2) ensayos de penetración SPT.

El sondeo rotativo se ha realizado con extracción continua de testigo a varias profundidades. Para la realización del sondeo se ha empleado una sonda sobre todoterreno tipo TP-30, investigando un total de 6,00 m.

Con el avance de la perforación se han realizado dos (2) ensayos in situ de penetración normalizada SPT, para su posterior ensayo en laboratorio. A continuación se muestran las profundidades, referidas a boca de sondeo, así como el muestreo efectuado:

SONDEO	COTA	TIPO	N <sub>30</sub>
S-1	2,00 – 2,60	SPT	R
S-1	5,40 – 6,00	SPT	24

Las profundidades a que se hace mención en los ensayos están referidas a boca de sondeo.

Para el sondeo se ha elaborado un parte donde se incluye:

- Datos del sondeo, localización, número, obra etc.
- Características generales de la perforación, tipo de perforación, diámetro del revestimiento y de perforación, cota del nivel freático.
- Columna litológica del terreno.
- Descripción del terreno atravesado.
- Muestras obtenidas, ensayos "in situ" y cotas de estas.
- Resumen de los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio.

Al final del presente informe se adjuntan las fotografías de todas las cajas portatestigos.

## 3.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 3.3.1.- Sondeos rotativos

Para la realización del sondeo se ha empleado una sonda sobre todoterreno tipo TP-30.



Emplazamiento sondeo

Durante la ejecución del sondeo se han realizado ensayos "in situ" de Penetración Normalizada (SPT). Estos se realizan mediante la hinca del tomamuestras normalizado de 45 cm de longitud por caída de una maza de 63,5 Kg desde una altura de 75 cm y determinándose el número de golpes necesario para la hinca de 30 cm (N30).

Se contabiliza y se anota el número de golpes necesarios para hincar la cuchara los primeros 15 centímetros N0-15. Posteriormente se realiza la prueba en sí, introduciendo otros 30 centímetros, anotando el número de golpes requerido para la hinca en cada intervalo de 15 centímetros de penetración N15-30 y N30-45.

El resultado del ensayo es el golpeo SPT o resistencia a la penetración estándar es:  $NSPT = N_{15-30} + N_{30-45}$ . Si el número de golpes necesario para profundizar en cualquiera de estos intervalos de 15 centímetros es superior a 50, el resultado del ensayo deja de ser la suma anteriormente indicada, para convertirse en rechazo (R), debiéndose anotar también la longitud hincada en el tramo en el que se han alcanzado los 50 golpes. El ensayo SPT en este punto se considera finalizado cuando se alcanza este valor. (Por ejemplo, si se ha llegado a 50 golpes en 120 mm en el intervalo entre 15 y 30 centímetros, el resultado debe indicarse como N0-15/50 en 120 mm, R. Como la cuchara SPT suele tener una longitud interior de 60 centímetros, es frecuente hincar mediante golpeo hasta llegar a esta

longitud, con lo que se tiene un resultado adicional que es el número de golpes N45-60. Proporcionar este valor no está normalizado, y no constituye un resultado del ensayo, teniendo una función meramente indicativa.

En el caso presente, obtenemos un rechazo (según tabla de la página anterior) entre los 2,00 y los 2,60 m. de profundidad, indicado de la siguiente manera:

**36/50 en 102 mm →RECHAZO**

3.4.- ENSAYOS DE LABORATORIO

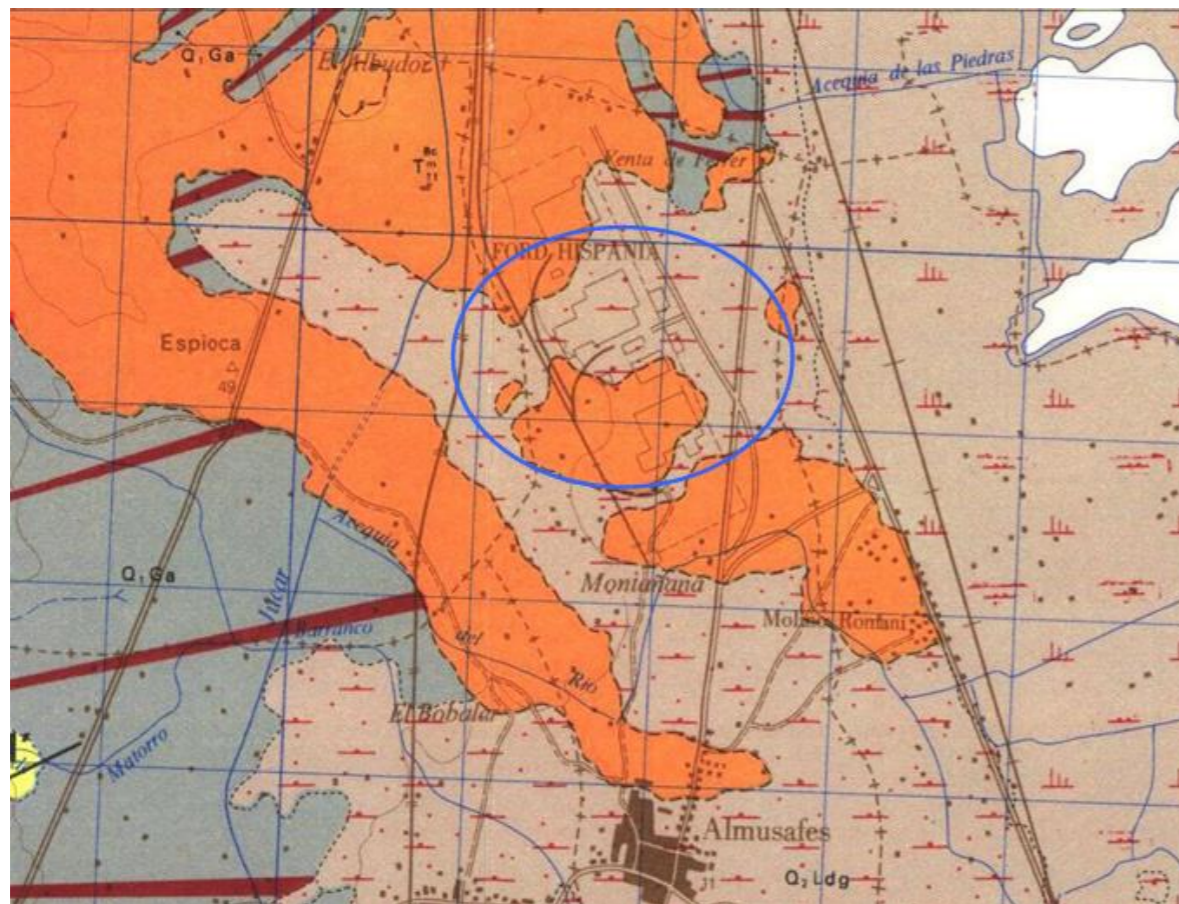
Sobre las muestras extraídas se han realizado los siguientes ensayos de laboratorio:

SONDEO	TIPO MUESTRA	COTA	QUIMICOS	
			SO <sub>4</sub>	EHE
S-1	MI	1,00	X	

## 4.- DESCRIPCIÓN DEL SUBSUELO

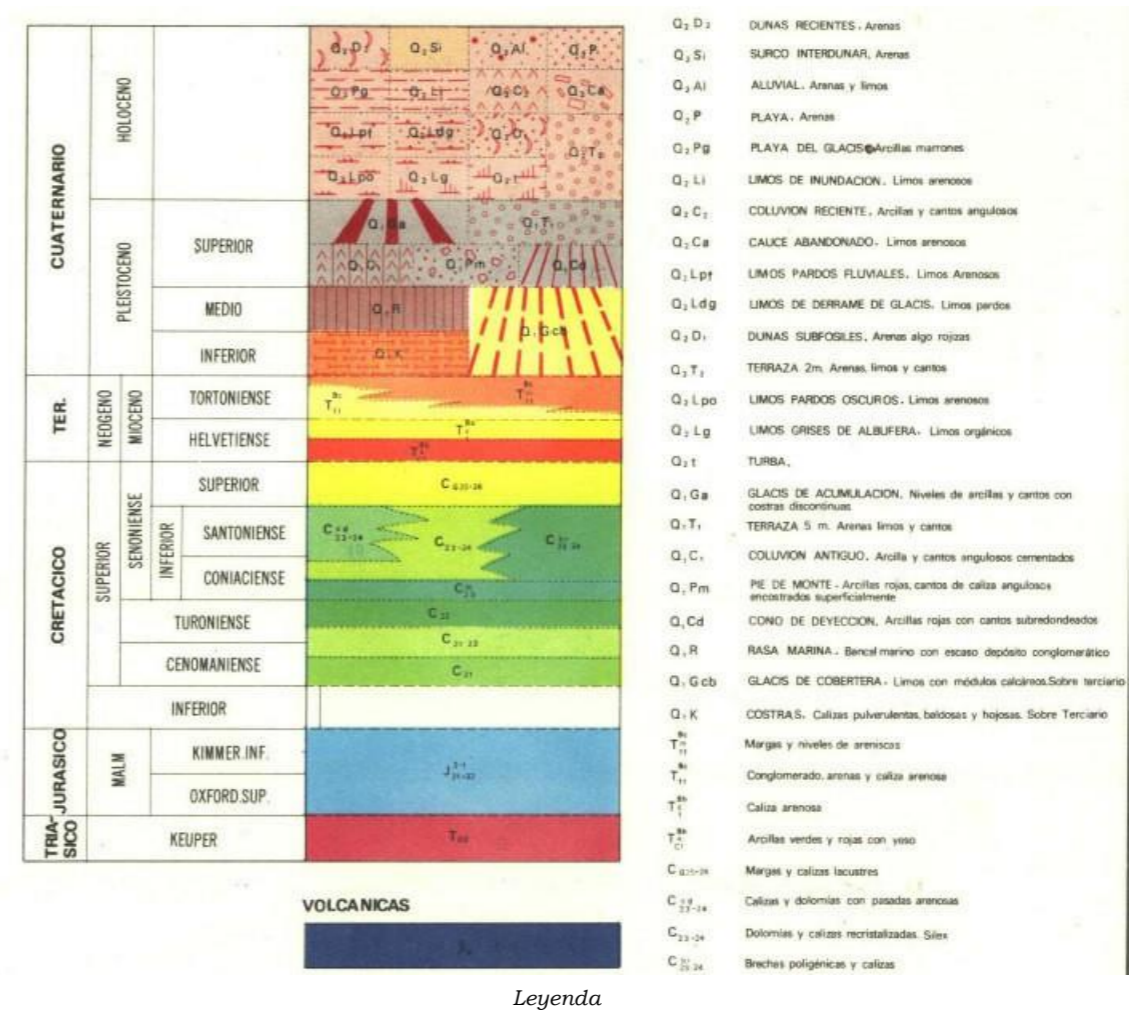
### 4.1.- AMBIENTACIÓN GEOLÓGICA

La zona de estudio se encuentra enclavada al pie de un suave macizo calcáreo constituido por la terminación del anticlinal cretácico de Llombay, que se sitúa en el borde NO de la hoja 747 (Sueca), del Mapa geológico de España a escala 1:50.000 del IGME.



Esta zona del término municipal de Almussafes afloran los siguientes materiales:

- Al norte de Almussafes se encuentra un afloramiento de materiales del Terciario Superior (Mioceno), que corresponde a una serie de margas arenosas amarillas con niveles de areniscas, sobre las que se situarían los materiales cuaternarios.
- Los depósitos cuaternarios que se localizan en esta zona corresponderían a unos límites de derrame de glaciares, que afloran rodeando a Almussafes (exceptuando el afloramiento Terciario), que se deberían a una acumulación de material procedente de un glacis que desciende desde el relieve anteriormente citado hacia la llanura prelitoral. Estos materiales se presentan algo cementados y litológicamente están constituidos por unas arenas arcillosas rojas bastante calcáreas, con niveles intercalados de cantos de caliza.



### 4.2.- CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS

Según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), la aceleración sísmica básica en la zona donde se sitúa el solar en estudio es de 0,07·g y el coeficiente de contribución K = 1. Se ha calculado un coeficiente de suelo C de 1,613 y una aceleración de cálculo  $\alpha_c$  de valor 0,090·g.

### 4.3.- NIVEL FREÁTICO

No se ha detectado el nivel freático en el sondeo. El fondo de excavación de la cimentación se halla a una profundidad superficial (1,40 m), por lo tanto el nivel freático no afectará a la presente cimentación superficial.

### 4.4.- AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

Se ha realizado un (1) ensayo de agresividad al hormigón por sulfatos sobre una

muestra de suelo que ha proporcionado el siguiente resultado:

$$\text{SO}_4 \text{ (S-1 cota -1,00 m)} = 79 \text{ mg/kg SO}_4^{=}$$

Según los datos obtenidos de dicho análisis, todos los parámetros analizados según la EHE (Tabla 8.2.3.b) clasifican el suelo como **no agresivo (Ambiente IIa)**.

#### 4.5.- GRADO DE IMPERMEABILIDAD

Según CTE de la Edificación – HS (Salubridad), nos encontramos con un terreno caracterizado por un grado de impermeabilidad 2 (apartado 2.2.1) para los suelos y un grado de impermeabilidad 1 para los muros (apartado 2.1.1).

Tabla 2.3 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno	
	$K_s > 10^{-3} \text{ cm/s}$	$K_s \leq 10^{-3} \text{ cm/s}$
Alta	5	4
Media	4	3
Baja	2	1

Tabla 2.1 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno		
	$K_s \geq 10^{-2} \text{ cm/s}$	$10^{-4} < K_s < 10^{-2} \text{ cm/s}$	$K_s \leq 10^{-5} \text{ cm/s}$
Alta	5	5	4
Media	3	2	2
Baja	1	1	1

## 5.- DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS TERRENOS

A partir de los sondeos efectuados puede confeccionarse el siguiente perfil geotécnico tipo. Las cotas se dan a boca a sondeo.

### 5.1.- NIVEL 0: RELLENOS

#### Descripción del terreno y cotas extremas

Inicialmente se detecta un nivel de rellenos antrópicos, compuestos por hormigón, arenas y gravas, caracterizado por un espesor de aproximadamente 145 cm. En general presentan escasa importancia geotécnica ya que se procederá a su eliminación para implantar la cimentación.

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor (m)	Litología
S-1	0,00 – 0,25	0,25	Hormigón
S-1	0,25 – 1,45	1,25	Arena con gravas

#### Resumen de los parámetros del terreno

Se han considerado las siguientes propiedades geotécnicas:

Cohesión efectiva:	$c=0,5 \text{ kPa}$
Ángulo de fricción efectivo:	$\phi=30^\circ$
Densidad aparente:	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Densidad seca:	$\gamma_d = 17,0 \text{ kN/m}^3$

### 5.2.- NIVEL 1: ROCA (ARENISCA)

#### Descripción del terreno y cotas extremas

Por debajo del nivel inicial de rellenos se detecta un estrato rocoso de areniscas. Se extraen en cilindros intactos. El material se describe como una arenisca de grano medio altamente cementada de color gris amarillento. Está compuesta por fragmentos de tamaño arena en una matriz con un grano de fino a medio. Por el valor obtenido del SPT de RECHAZO se recomienda cimentar en el presente nivel. Se ha encontrado a las siguientes profundidades.

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor (m)	Litología
S-1	1,45 – 1,80	0,35	Areniscas
S-1	4,65 – 4,80	0,15	Areniscas

#### Resumen de los parámetros del terreno

Se han considerado las siguientes propiedades geotécnicas:

Ángulo de rozamiento efectivo:	$\phi=30^\circ$
Cohesión efectiva:	$c' = 0 \text{ kPa}$
Densidad aparente:	$\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$
Módulo de deformación efectivo	$E' > 100,0 \text{ MPa}$

### 5.3.- NIVEL 2: MARGAS

#### Descripción del terreno y cotas extremas

Por debajo del nivel de rellenos se detecta un estrato margoso. Se extraen en cilindros casi intactos. El material se describe como una marga cementada de color gris rojizo.

Se ha encontrado a las siguientes profundidades.

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor (m)	Litología
S-1	1,80 – 2,00	0,20	Margas

#### Resumen de los parámetros del terreno

Se han considerado las siguientes propiedades geotécnicas:

Ángulo de rozamiento efectivo:	$\phi=30^\circ$
Cohesión efectiva:	$c' = 100 \text{ kPa}$
Densidad aparente:	$\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$
Módulo de deformación efectivo	$E' > 100,0 \text{ MPa}$

### 5.4.- NIVEL 3: ARENAS

#### Descripción del terreno y cotas extremas

Por debajo de las margas se ha encontrado un sustrato constituido por arenas. Este nivel presenta un comportamiento granular y una compacidad media.

Se ha encontrado a las siguientes profundidades.

Sondeo	Profundidad (m)	Espesor (m)	Litología
S-1	2,60 – 4,65	2,05	Arenas
S-1	4,80 – 5,40	0,60	Arenas

#### Ensayos de penetración

Contamos con dos (2) ensayos de penetración normalizada. El primero ha proporcionado un valor de RECHAZO, y el segundo un valor  $N_{30}$  de 24 golpes. Podemos asumir que el primer ensayo está en roca, de ahí el que se obtenga RECHAZO. Por ello, tomaremos el valor  $N_{30}$  de cálculo de 24 golpes para el presente estrato.

- Densidad relativa

Utilizamos la siguiente fórmula (Bazaraa, 1967):

$$\frac{DR}{100} = 0,2236 \cdot \sqrt{\frac{N_{30}}{a + b \cdot \sigma'_{vo}}}$$

siendo a y b constantes de valor:

- 3,25 y 0,05 respectivamente, para tensiones efectivas superiores a 15 t/m<sup>2</sup>;
- 1,00 y 0,20 respectivamente, para tensiones efectivas inferiores a 15 t/m<sup>2</sup>;

Utilizamos las gráficas presentadas por Terzaghi y Peck, que se detallan a continuación.

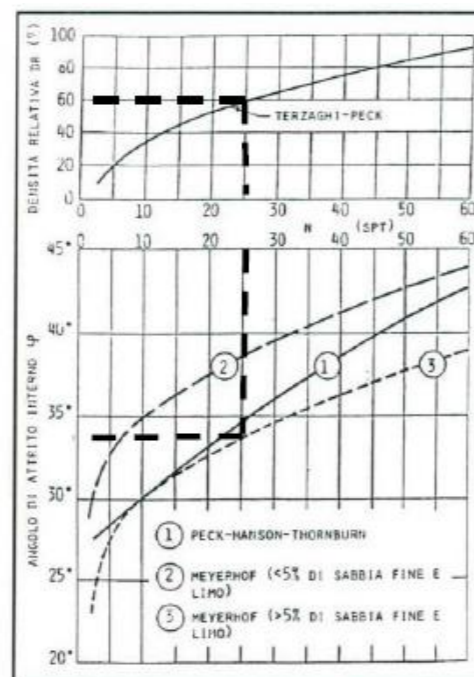


Figura 1-11: Estimación de  $\phi$ . Meyerhof (1956) y Peck et al. (1974). Tornaghi, 1981

Consideramos una DR de cálculo de un 58%.

Una vez determinada la densidad relativa de este nivel, se procede a la determinación de los parámetros mecánicos, calculando en primer lugar el valor del ángulo de rozamiento.

Ángulo de rozamiento interno

$$\phi = 25^\circ + 0,15 DR\% = 33,70$$

$$\phi = 20^\circ + 3,5 \sqrt{N_{30}} = 37,15$$

Deformabilidad

$$E = 0,756 \cdot N_{30} + 18,75 = 36,90 \text{ MPa}$$

$$E = 7 \cdot \sqrt{N_{30}} = 34,30 \text{ MPa}$$

Resumen de los parámetros del terreno

Se han considerado las siguientes propiedades geotécnicas:

Ángulo de rozamiento efectivo:	$\phi = 33^\circ$
Cohesión efectiva:	$c' = 0 \text{ kPa}$
Densidad aparente:	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Densidad seca:	$\gamma_d = 16,0 \text{ kN/m}^3$
Módulo de deformación efectivo	$E' = 34,30 \text{ MPa}$

## 6.- CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

Se pretende construir un canopy junto la planta de motores. Se estima una carga máxima para el pilar más cargado de aproximadamente 30 t.

## 7.- CIMENTACIONES

Se plantea una cimentación directa mediante **zapatas aisladas y/o corridas**, apoyadas sobre el nivel 1 rocoso (areniscas). La cimentación apoyará siempre por debajo de cualquier nivel de rellenos. El fondo de excavación se situará (cota inferior ó de apoyo de las zapatas) a 1,40 m. por debajo de la rasante del terreno existente en la actualidad.

Para facilitar el cálculo de la cimentación se dan los siguientes parámetros:

Tensión admisible	$\sigma_{adm} = 2,0 \text{ kg/cm}^2 = 200 \text{ kPa}$
Asiento máximo	$s_{max} \approx 1,0 \text{ cm}$
Asiento medio	$s_{med} \approx 0,8 \text{ cm}$
Módulo de balasto	$K_{30} \approx 70 \text{ MN/m}^3$

En cualquier caso, las dimensiones mínimas de la cimentación serán de 2,00 x 2,00 m. para una zapata cuadrada y anchos superiores a 1,00 m para zapata corrida.

## 8.- VACIADOS Y CONTENCIONES

Las excavaciones previstas son de escasa entidad y se pueden llevar a cabo a través de medios mecánicos convencionales (retroexcavadora con cuchara).

## 9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se ha realizado un reconocimiento geotécnico que consta de un (1) sondeo rotativo y un ensayo de laboratorio con cuyos resultados se ha redactado el presente informe.
- La zona de estudio se encuentra enclavada al pie de un suave macizo calcáreo constituido por la terminación del anticlinal cretácico de Llombay, que se sitúa en el borde NO de la hoja 747 (Sueca), del Mapa geológico de España a escala 1:50.000 del IGME. Esta zona del término municipal de Almussafes afloran los siguientes materiales: materiales del Terciario Superior (Mioceno) y los depósitos cuaternarios de derrame de glacia.
- Según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), la aceleración sísmica básica en la zona donde se sitúa el solar en estudio es de 0,07-g y el coeficiente de contribución  $K = 1$ . Se ha calculado un coeficiente de suelo  $C$  de 1,613 y una aceleración de cálculo  $a_c$  de valor 0,090-g.
- No se ha detectado el nivel freático. La cimentación se halla a una profundidad superficial (<1,40 m), por lo tanto el nivel freático no afectará a una posible cimentación superficial.
- Se ha realizado un (1) ensayo de agresividad al hormigón sobre una muestra de suelo. Según los datos obtenidos de dicho análisis, todos los parámetros analizados según la EHE clasifican el suelo como **no agresivo (Ambiente IIa)**.
- A partir de los estudios realizados se ha confeccionado el perfil geotécnico hipotético descrito en el punto 5 del presente informe.
- De acuerdo con los resultados obtenidos se pueden dar las siguientes **CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES** para la cimentación de las estructuras.

### CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

#### DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

A partir de los sondeos efectuados puede confeccionarse el siguiente perfil geotécnico tipo.

- RELLENOS:** potencia de aproximadamente 1,45 m., se tienen que retirar para la correcta ejecución de la cimentación.
- ARENISCAS:** Espesor aproximado de 35 cm., que sustentarán las zapatas

proyectadas.

- MARGAS:** Espesor de 20 cm.
- ARENAS:** Sin cohesión, con una potencia de 2,80 m., intercalas con 15 cm. de areniscas.





---

*El presente informe se ha redactado a partir de los resultados obtenidos en los puntos estudiados. Se recomienda, en caso de encontrar discrepancias respecto a lo aquí expuesto en fase de ejecución, consultar con esta oficina.*

---

Valencia, Febrero de 2016.

El presente informe consta de dieciocho (18) páginas debidamente numeradas.

### **SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN**

Se plantea una cimentación directa mediante **zapatas aisladas y/o corridas**, apoyadas sobre el nivel 1 rocoso (areniscas). La cimentación apoyará siempre por debajo de cualquier nivel de rellenos. El fondo de excavación se situará (cota inferior ó de apoyo de las zapatas) a 1,40 m. por debajo de la rasante del terreno existente actualmente.

Para facilitar el cálculo de la cimentación se dan los siguientes parámetros:

Tensión admisible	$\sigma_{adm} = 2,0 \text{ kg/cm}^2 = 200 \text{ kPa}$
Asiento máximo	$s_{max} \approx 1,0 \text{ cm}$
Asiento medio	$s_{med} \approx 0,8 \text{ cm}$
Módulo de balasto	$K_{30} \approx 70 \text{ MN/m}^3$

En cualquier caso, las dimensiones mínimas de la cimentación serán de 2,00 x 2,00 m para una zapata cuadrada y anchos superiores a 1,00 m para zapata corrida.

### **EXCAVACIONES**

Las excavaciones previstas son de escasa entidad y se pueden llevar a cabo a través de medios mecánicos convencionales (retroexcavadora con cazo). Se requiere la compactación del fondo de caja con rulo como preparación de la superficie que recibirá el hormigón de limpieza.