



ANEJO Nº 2- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA





ANEJO Nº 2- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA



ÍNDICE:

1- INTRODUCCIÓN.

1.1- ANTECEDENTES.

1.2- OBJETO DEL ESTUDIO.

1.3- INFORMACIÓN PREVIA.

1.3.1- Situación del punto estudiado.

1.3.2.- Situación geográfica.

1.3.3.- Geología local.

2- TRABAJOS NECESARIOS.

2.1- TRABAJOS DE CAMPO.

2.1.1- Sondeos mecánicos.

2.1.2- Toma de muestras inalteradas (Categoría A).

2.1.3- Ensayos SPT. Toma de muestras de Categoría B.

2.2- ENSAYOS DE LABORATORIO.

2.3- TRABAJOS DE GABINETE.

2.3.1- Presiones de seguridad frente a hundimiento.

3- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO.

3.1- NIVELES GEOTÉCNICOS.

3.2- PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO.



3.3- MODELO GEOTÉCNICO DEL TERRENO.

3.3.1-Obtención de los parámetros resistentes y de deformabilidad.

4- PARÁMETROS DE CIMENTACIÓN.

4.1- TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO.

4.2- COEFICIENTE DE BALASTO.

5- ANEXO DE RESULTADOS.

5.1- PARAMETROS GEOTECNICOS DE LOS NIVELES.

5.2.- JUSTIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE CIMENTACIÓN.

5.2.1.- Tensiones admisibles bajo el marco.

5.2.2.- Tensión admisible del terreno bajo las aletas.

5.3- COEFICIENTE DE BALASTO.



1. INTRODUCCIÓN:

1.1. ANTECEDENTES:

Se ha realizado la investigación geotécnica del subsuelo del terreno en la zona de la estructura del paso inferior en el PK 0+900 de la “Autovía A-33 Cieza-La Font de la Figuera. Tramo: A-31 – A-35 (La Font de la Figuera)”, en la provincia de Valencia.

1.2. OBJETO DEL ESTUDIO:

La finalidad del presente estudio es la caracterización geológica y geotécnica de la zona objeto del trabajo, analizando diversos aspectos que inciden en la construcción de la estructura singular del paso inferior en el PK 0+900.

En principio, las incógnitas del problema geotécnico a resolver son las siguientes:

- a) Definición de la estratigrafía superficial.
- b) Caracterización geomecánica de los niveles afectados.
- c) Características hidrogeológicas.
- d) Obtención de las tensiones admisibles por el terreno para la cimentación de la estructura.

1.3. INFORMACIÓN PREVIA:

1.3.1. Situación del punto estudiado:

La estructura estudiada se sitúa al este de la población de Caudete (Albacete) en el límite con la provincia de Alicante, en la zona donde el trazado de la nueva autovía A-33 enlaza con la actual Autovía de Alicante A-31.

1.3.2. Situación geográfica:

Caudete se localiza en la comarca del Corredor de Almansa, en el extremo este de la provincia de Albacete, y en el límite con la provincia de Alicante.

El término municipal de Caudete tiene una superficie de 141 km² y limita al norte con los municipios de Villena, Yecla y Almansa, en las provincias de Alicante y Albacete. Se encuentra a una altitud media de 557 metros sobre el nivel del mar.



Caudete tiene un clima continental suavizado por la influencia mediterránea, con una temperatura media anual de 14 grados y un régimen pluviométrico de tipo mediterráneo, con picos en primavera y otoño.

1.3.3. Geología local:

La zona interesada se localiza al sureste de la Hoja Nº 819 (27-32), (CAUDETE) del Mapa geológico de España, a escala 1/50.000, editado por el IGME.

· Tectónica:

El término municipal de La Font de la Figuera está caracterizado por una falla. Se trata de un gran accidente que con más de 30 km de longitud y con dirección NE-SO atraviesa toda la Hoja de Caudete, prolongándose en las Hojas limítrofes.

Este accidente está en íntima relación con las estructuras de la rodilla de Almansa, originando en los macizos cabalgantes una serie de fracturas que posteriormente han evolucionado, en su mayoría, como fallas normales.

La forma curvada de las estructuras del arco de Almansa, parece tener su origen en la fractura sinistral de la Font de la Figuera en relación con la cual se inflexionan violentamente en sus proximidades las estribaciones finales de la rodilla de Almansa. Hay un predominio de fallas de desgarre que favorecen el movimiento de torsión de estas unidades arrastradas por el zócalo en su movimiento diferencial y se superponen a las estructuras plegadas en rodilla en campo de fracturas que se abren radialmente.

· Estratigrafía:

En la región de estudio aparecen materiales del Cretácico superior, Terciario y del Cuaternario.

Cretácico:

Los materiales cretácicos superiores afloran, primordialmente, en la mitad suroriental de la Hoja a partir de la alineación Cuchillo-Caporucho, la cual constituye un frente de los empujes béticos. La mayor parte de los materiales de esta edad presentan un carácter de tramos bien definidos. En los relieves al Oeste de La Font de la Figuera afloran materiales Senonienses.

Senoniense (C23-26). Litológicamente están constituidos por dolomías en bancos gruesos, margas dolomíticas intercaladas y a techo calizas micríticas, calizas de Lacazina, calizas marinas y margas con Charáceas. Estos afloramientos que se alinean en dirección NE-SO, presentan un elevado grado de fracturación.



Terciario:

Este sistema está representado por sedimentos marinos y continentales que se depositan, generalmente, a favor de estructuras tectónicas favorables a la deposición. Sus unidades litoestratigráficas abarcan términos del Paleoceno, Eoceno, Mioceno Medio y Superior y del Plioceno.

Margas en facies TAP (TBb-Bc/11-11). Litológicamente se diferencian dos tramos: el inferior de margas algo arenosas, que pasan conforme pierden el material detrítico a margas ocráceas con nódulos blancos. El superior, de margas blancas. En el techo de esta unidad margosa aparecen depósitos de naturaleza calcárea y/o calcarenítica, discordantes sobre el infrayacente.

Mioceno Superior-Cuaternario Inferior (T Bc1 c12 -Q1). Unidad detrítica constituida por niveles de areniscas, arenas y conglomerados de cantos calcáreos, bien redondeados con matriz arcillo-arenosa de grano fino a medio. Esta unidad descansa discordantemente sobre la facies TAP.

La sedimentación detrítica presenta intercalaciones de margocalizas, calizas y arcillas.

Estos materiales que generalmente se encuentran subhorizontales, localmente en la zona de La Font de la Figuera se encuentran fuertemente basculados llegando a presentar buzamientos de hasta 45°.

Plioceno Superior-Cuaternario Inferior (TcgB/21 -Q1). Conjunto de brechas calcáreas heterométricas cementadas por arcillas arenosas rojas. Estos depósitos se adosan a relieves cretácicos en disposición coluvionar, depositándose discordantemente sobre las formaciones infrayacentes.

Cuaternario:

Aluvial (Q1-2Al). Formado por materiales sueltos, carbonatados, heterométricos y de pequeño tamaño, arenas y arcillas. Ocupan los distintos barrancos.

Cuaternario indiferenciado (Q). Depósitos de naturaleza detrítica

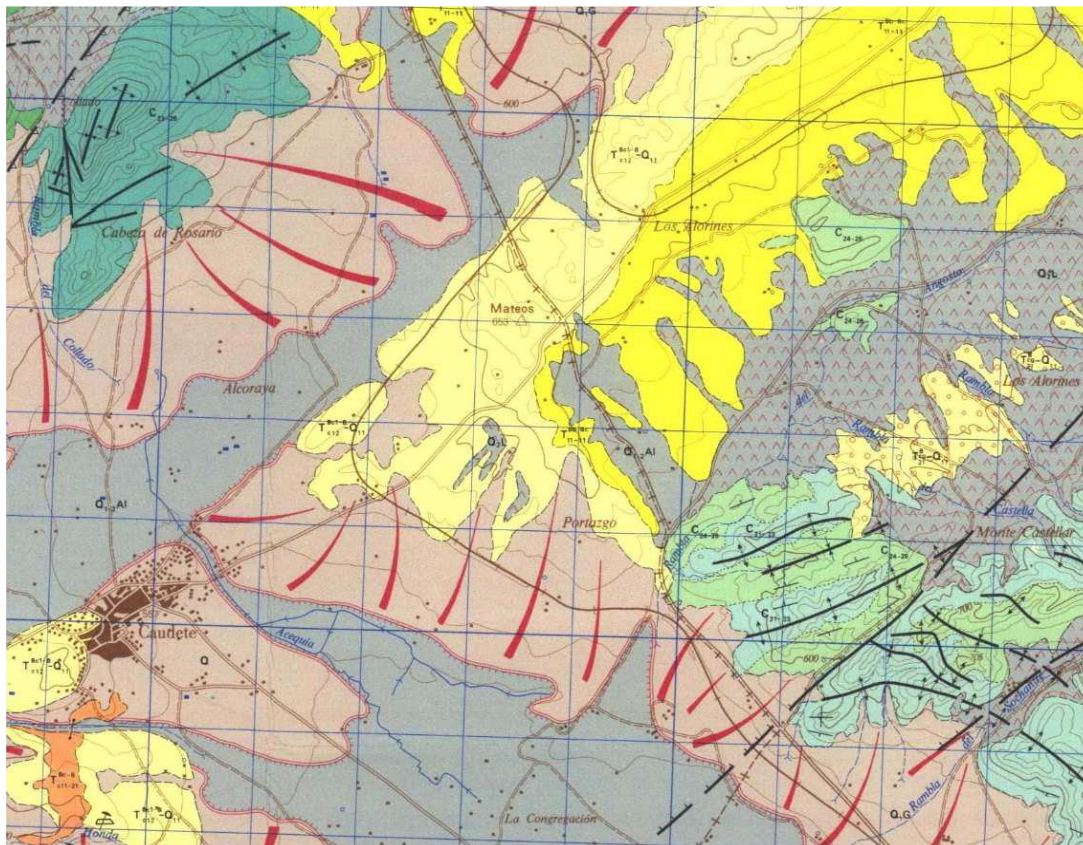


Figura 1: Recorte de la hoja 819 Caudete del MAGNA en la zona de Caudete y situación de reconocimientos.

LEYENDA

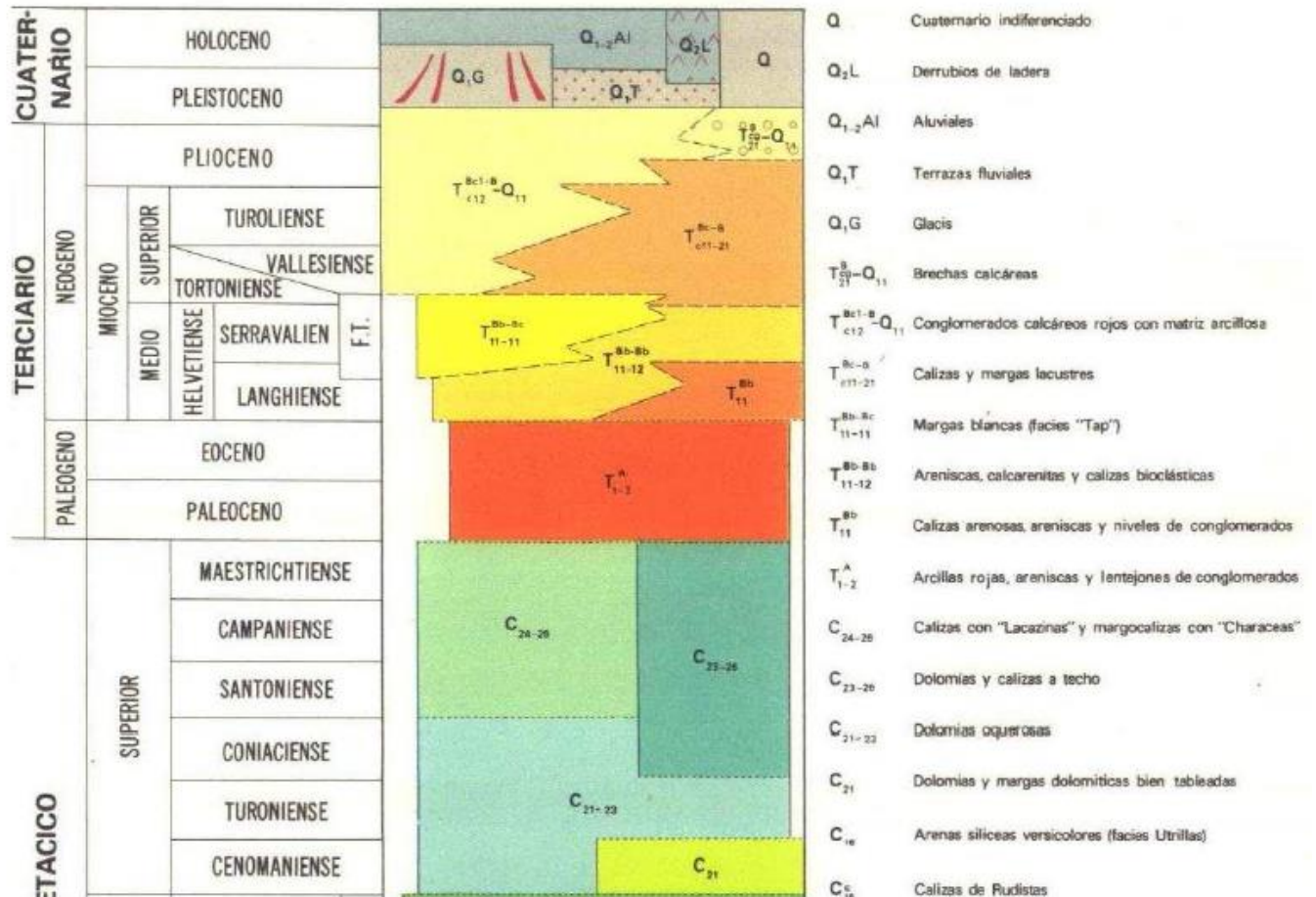


Figura 2: Recorte de la leyenda de la hoja 819 Caudete del MAGNA.



2. TRABAJOS NECESARIOS:

2.1. TRABAJOS DE CAMPO:

El trabajo de reconocimiento ha consistido en la realización de:

4 sondeos realizados mediante el sistema de perforación rotativo, con extracción continua de testigos, toma de doce muestras de categoría A (muestra inalterada MI), realización de veintidós ensayos SPT con toma de muestras de categoría B, y parafinado de 21 testigos del sondeo.

SONDEO PROFUNDIDAD

PK 11+800	SM-1	- 25.95 m
	SM-2	- 25.45 m
PK 0+900	SM-3	-15,15 m
	SM-4	-15,65 m

2.1.1. Sondeos mecánicos:

Perforado con equipo de sondeos a rotación, con un varillaje de masa 7,252 kg/m y diámetro $\varnothing = 50$ mm. El método de perforación es por rotación. Se emplearon tubos testigueros simples y dobles, tipo GMC, provistos de corona de perforación con widia, de diámetro $\varnothing = 86 - 101$ mm. No se precisó entubación de revestimiento en los sondeos. Los detalles se pueden consultar en las actas de resultados de los sondeos en los apéndices finales.

2.1.2. Toma de muestras inalteradas (Categoría A):

Se tomaron doce muestras inalteradas de categoría A, a las profundidades detalladas en la correspondiente memoria de sondeo, mediante el toma muestras de pared gruesa (MI). El ensayo se realiza de acuerdo con la norma XP P94-202, empleando tubos de pared gruesa mediante golpeo (masa 115,0 kg y frecuencia de golpeo < 30 golpes/min), siendo la longitud recuperada en todas ellas de 60 cm. El método operatorio, permite determinar el número de golpes para avances de 15 cm, lo que proporciona una idea orientativa de la consistencia del terreno, aplicando las correlaciones y reducciones necesarias.



2.1.3. Ensayos SPT. Toma de muestras de Categoría B:

Mediante la cuchara de cilindro partido, normalizada por Terzaghi, se tomaron 22 muestras clasificadas como de categoría B, mediante la hincada dinámica, a las profundidades detalladas en la memoria de sondeo.

Como es usual, se simultaneó la toma de muestras registrando el número preciso para hincar los 30 cm finales de un total de 45; operación realizada a tramos de 15 cm. Este ensayo de penetración dinámica se denomina SPT (Standard Penetration Test). Su técnica operativa así como la energía y cantidad de movimiento, por la caída libre de la maza, están normalizadas en la norma (UNE 103.800-92).

2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO:

Los ensayos realizados, y sus normas, han sido los siguientes:

ENSAYOS BÁSICOS			NORMATIVA			
GRUPO	ENSAYO	Nº	UNE	NLT	ASTM	EHE
Clasificación	Límite plástico	10	103-104	106	D4318	---
	Límite líquido	10	103-103	105	D4318	---
	Granulometría	10	103-101	104	D422	---
Volumétricas	Humedad	10	103-300	102	D2216	---
	Densidad aparente	2	103-301	---	---	---
	Densidad relativa partículas	0	103-302	---	---	---
Resistencia	Compresión simple	2	103-400	202	D2166	---
	Corte directo	4	103-401	---	D3080	---
Deformabilidad	Consolidación edométrica	2	103-405	---	D2435	---
	Hinchamiento Lambe	0	103-600	---	---	---

**CUADRO DE MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS ATRIBUIDAS:**

γ	Peso específico aparente	kN/m ³
C_u	Cohesión sin drenaje	kPa
C'	Cohesión efectivas	kPa
ϕ'	Ángulo de rozamiento interno efectivas	°
E_u	Módulo de deformación sin drenaje	MPa
E'	Módulo de deformación efectivas	MPa
E_m	Módulo de deformación edométrico	MPa
ν	Coefficiente de Poisson	
k	Coefficiente de permeabilidad	m/s

2.3. TRABAJOS DE GABINETE:**2.3.1. Presiones de seguridad frente a hundimiento:**

A partir de los parámetros geotécnicos de resistencia se han calculado las tensiones de hundimiento, para el empotramiento del cimiento Dfo, para la estructura estudiada.

Se han comprobado, para condiciones sin drenaje y drenadas las correspondientes presiones de hundimiento para diferentes razones del coeficiente de forma L/B, ya que el terreno bajo la cimentación es cohesivo.

3. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO:**3.1. NIVELES GEOTÉCNICOS:**

Se define seguidamente, desde un punto de vista genérico, la serie estratigráfica actual con el perfil registrado en los sondeos, para las estructuras.

Se ha referido a nuestra cota de referencia $\pm 0,00$ m, correspondiente a la superficie del terreno en el momento de efectuar los trabajos de campo.



En la estructura del paso inferior del Pk 11+800 se han observado los siguientes niveles.

- Nivel I: Cobertera.

El nivel está compuesto por la cobertera de tierra vegetal a base de arenas limosas de color marrón claro.

SONDEO	COTA TECHO	COTA MURO	POTENCIA
SM – 1	±0,00 m	-0,30 m	0,30 m
SM – 2	±0,00 m	-0,30 m	0,30 m

En este nivel, no se tomaron muestras, dado su escaso interés a efectos de la cimentación. Cuando se realice la cimentación, este nivel tendrá que ser retirado completamente ya que presenta indicios orgánicos y se presenta poco compacto.

- Nivel II: Arcillas y limos carbonatados.

Nivel intermedio más encostrado compuesto por arcillas y limos arenosos carbonatados con pasadas de costra calcárea dura de color marrón y blanquecino

SONDEO	COTA TECHO	COTA MURO	POTENCIA
SM – 1	-0,30 m	-4,30 m	4,00 m
SM – 2	-0,30 m	-2,00 m	1,70 m

Los golpes registrados en la realización del sondeo, en las pruebas in situ de penetración estándar (SPT), presentan valores de NSPT ≈ Rechazo.

Con los golpes obtenidos y el tipo de suelo reconocido se puede decir que, la consistencia del nivel es dura en general.

- Nivel III: Margas

Por último aparece un nivel cohesivo, compuesto por margas muy plásticas en facies TAP, de color blanco con pasadas de tonos ocres y rojizos. Presenta algunas intercalaciones de limos arenosos carbonatados.



SONDEO	COTA TECHO	COTA MURO	POTENCIA
SM – 1	-4,30 m	$\leq -25,95$ m	$\geq 21,65$ m ⁽¹⁾
SM – 2	-2,00 m	$\leq -25,45$ m	$\geq 23,45$ m ⁽¹⁾

(1) Potencia no definible; fin de los reconocimientos efectuados.

Con los golpes obtenidos y el tipo de suelo reconocido se puede decir que, la consistencia del nivel es firme a dura en general.

Los ensayos realizados a las muestras procedentes del sondeo, clasifican el suelo como MH, CH y CL, según criterios SUCS.

En la estructura del paso inferior del Pk 0+900 se han observado los siguientes niveles.

- Nivel I: Cobertera.

El nivel está formado por unos 30 cm de la cobertera de tierra vegetal, a base arenas limosas de color marrón claro, y un relleno aluvial a base de arcillas limosas de color marrón oscuro con indicios de materia orgánica que únicamente se ha observado en el sondeo SM-3.

SONDEO	COTA TECHO	COTA MURO	POTENCIA
SM – 3	$\pm 0,00$ m	-1,70 m	1,70 m
SM – 4	$\pm 0,00$ m	-0,30 m	0,30 m

En este nivel, no se tomaron muestras, dado su escaso interés a efectos de la cimentación. Cuando se realice la cimentación, este nivel tendrá que ser retirado completamente ya que presenta indicios orgánicos y se presenta poco compacto.

- Nivel II: Margas.

A continuación aparece un nivel cohesivo, compuesto por margas muy plásticas en facies TAP, de color blanco con pasadas de tonos ocre y rojizos. Presenta algunas intercalaciones de limos arenosos carbonatados.



SONDEO	COTA TECHO	COTA MURO	POTENCIA
SM – 3	-1,70 m	$\leq -15,15$ m	$\geq 13,45$ m ⁽¹⁾
SM – 4	-0,30 m	$\leq -15,65$ m	$\geq 15,35$ m ⁽¹⁾

(1) Potencia no definible; fin de los reconocimientos efectuados.

Los golpes registrados en la realización del sondeo, tanto en los obtenidos en la extracción de muestras MI, como en las pruebas in situ de Penetración estándar (SPT), presentan valores de $29 \leq \text{NSPT} \leq \text{Rechazo}$.

3.2. PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO:

En la profundidad reconocida, en los sondeos efectuados, no se detectó la presencia del nivel freático.

Sin embargo, la profundidad del nivel freático experimenta variaciones en el tiempo, derivadas del régimen hídrico de precipitaciones, de las condiciones hidrogeológicas, de aportes artificiales (riegos), extracciones próximas (bombeos), etc. por lo que estos valores no se deben considerar como estables, pudiendo aparecer a una altura no determinada en un futuro.

3.3. MODELO GEOTÉCNICO DEL TERRENO:

3.3.1. Obtención de los parámetros resistentes y de deformabilidad:

Los parámetros de resistencia “a corto y largo plazo” (esto es, en condiciones no drenadas y drenadas respectivamente), módulos de Poisson, etc. se obtienen a partir de los ensayos de campo o laboratorio efectuados (Compresión simple, Corte Directo, etc.) y de correlaciones empíricas con los ensayos de campo o laboratorio efectuados, recogidas en el CTE DB-SE-C y contrastadas con diversas publicaciones reconocidas.

Valores orientativos del coeficiente de Poisson	
Tipo de suelo	Coeficiente de Poisson
Arcillas blandas normalmente consolidadas	0,40
Arcillas medias	0,30
Arcillas duras preconsolidadas	0,15
Arenas y suelos granulares	0,30

Valores orientativos de densidades de suelos

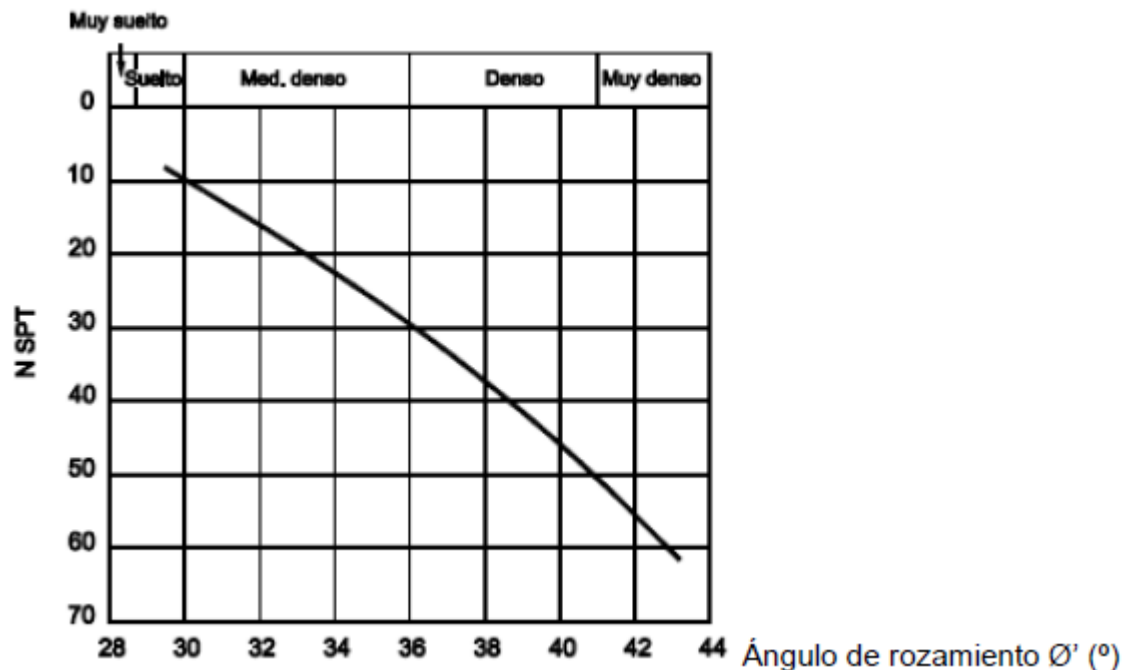
Tipo de suelo	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
Grava	20 – 22	15 – 17
Arena	18 – 20	13 – 16
Limo	18 – 20	14 – 18
Arcilla	16 – 22	14 – 21

Propiedades básicas de los suelos

Clase de suelo		Peso específico aparente (kN/m ³)	Ángulo de rozamiento interno
Terreno natural	Grava	19 – 22	34° - 45°
	Arena	17 – 20	30° - 36°
	Limo	17 – 20	25 – 32°
	Arcilla	15 – 22	16° – 28°
Rellenos	Tierra vegetal	17	25°
	Terraplén	17	30°
	Pedraplén	18	40°

Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad

Tipo de suelo	k_z (m/s)
Grava limpia	$> 10^{-2}$
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	$10^{-2} - 10^{-5}$
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	$10^{-5} - 10^{-9}$
Arcilla	$< 10^{-9}$



Para la obtención de los parámetros de deformación se aplican las correlaciones entre la resistencia a la penetración y el módulo de deformación del terreno.

Se adjunta a continuación la tabla que proporciona el CTE DB-SE-C.

Valores orientativos de N_{SPT} , resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos

Tipo de suelo	N_{SPT}	q_u (kN/m ²)	E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	>15.000

4. PARÁMETROS DE CIMENTACIÓN:

La caracterización geotécnica de los materiales sobre los que se apoya esta estructura muestra que presentan una competencia suficiente como para adoptar una cimentación superficial mediante losas. Tampoco existen niveles blandos que puedan provocar una disminución de la tensión admisible del conjunto.

4.1. TENSION ADMISIBLE DEL TERRENO:

La determinación de la tensión admisible para cimentar una estructura en un terreno dado surge de la comparación entre dos tensiones límite. La primera es la que resulta de aplicar a la tensión de hundimiento del terreno un cierto coeficiente de seguridad. Esta limitación es la que procura evitar el fallo de la estructura como consecuencia de la rotura del suelo. La segunda es la que asegura que los asentamientos que se produzcan como consecuencia de la construcción, no serán inadmisibles para la misma, provocándole deterioros. Esta limitación busca evitar el fallo como consecuencia de deformaciones excesivas (asentamientos inadmisibles) y depende de los asentamientos que se consideren admisibles para la estructura dada y la deformabilidad del suelo.

Dados los parámetros geotécnicos y de deformación del suelo estudiado, realizando un análisis considerando la naturaleza del material de apoyo, para el cálculo de la tensión admisible del terreno de la cimentación en las losas y las aletas se utilizara la conocida formula de Brinch-Hansen:

$$q_h = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot S + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot S_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma$$

Donde:

q : sobrecarga de tierras a la profundidad de la cimentación.

c: cohesión del terreno.



γ : Peso específico del suelo.

B: ancho equivalente de la cimentación

N_q, N_c, N_γ : Coeficientes de capacidad de carga

S_q, S_c, S_γ : Coeficientes de forma.

i_q, i_c, i_γ : Coeficientes de inclinación de carga.

4.2. COEFICIENTE DE BALASTO:

Para dimensionar estructuras tipo losa, se emplea un modelo donde se modeliza el terreno mediante muelles de una rigidez determinada. Esta rigidez se representa mediante el coeficiente de balasto. En nuestro caso, esta magnitud solo será requerida en el caso del marco de hormigón al ser esta la estructura principal y por aplicársele modelos de cálculo más complejos. No se tendrá en cuenta para las aletas, por tanto, ya que dicha relación terreno-estructura se simplifica.

Para el cálculo del coeficiente o módulo de balasto de la losa rectangular será necesario primero calcular el de la cuadrada. El módulo de balasto de la zapata rectangular (l y b en m) en función del de la losa cuadrada se define por (Terzaghi 1955)

$$k_s, \text{ rectangular} = (2/3) k_s, \text{ cuadrado} [1 + b / (2 \cdot l)]$$

Donde k_s , cuadrada se determina en función del tipo de suelo y del ensayo de placa de carga de 30x30:

En nuestro caso tenemos:

$$\text{Un Suelos arenosos o granulares} \rightarrow k_s, \text{ cuadrado arenoso} = k_s, 30 [(b+0,30) / (2 \cdot b)]^2$$

A título orientativo, damos aquí los valores estimados del módulo de balasto para Placa de Carga de 30x30 (k_{30}) tomados del libro "Geotecnia y Cimientos III, Primera Parte" de **Jiménez y Salas** y otros, recordamos que lo correcto sería obtener estos datos a partir del terreno en cuestión:



Tipo de suelo	Coefficiente de balasto k30 (kp/cm ³)
** Suelo fangoso	0.50 - 1.50
* Arena seca o húmeda, suelta (NSPT 3 a 9)	1.20 - 3.60
* Arena seca o húmeda, suelta (NSPT 9 a 30)	3.60 - 12.00
* Arena seca o húmeda, suelta (NSPT 30 a 50)	12.00 - 24.00
* Grava fina con arena fina	8.00 – 10.00
* Grava media con arena fina	10.00 - 12.00
* Grava media con arena gruesa	12.00 - 15.00
* Grava gruesa con arena gruesa	15.00 - 20.00
* Grava gruesa firmemente estratificada	20.00 - 40.00
** Arcilla blanda (qu 0.25 a 0.50 kp/cm ²)	0.65 - 1.30
** Arcilla media (qu 0.50 a 2.00 kp/cm ²)	1.30 - 4.00
** Arcilla compacta (qu 2.00 a 4.00 kp/cm ²)	4.00 - 8.00
Arcilla margosa dura (qu 4.00 a 10.00 kp/cm ²)	8.00 - 21.00
Marga arenosa rígida	21.00 - 44.00
Arena de miga y tosco	22.00 - 110.00
Marga	22.00 - 2200.00
Caliza margosa alterada	150.00 - 220.00
Caliza sana	885.00 - 36000.00
Granito meteorizado	30.00 - 9000.00
Granito sano	1700.00 - 3600.00



5. ANEXO DE RESULTADOS:

RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO:

Para la estructura de PK 11+800:

Características Identificación	SM-1	SM-1	SM-1	SM-1	SM-2	SM-2
	-6,00 m	-6,40 m	-10,00 m	-17,70 m	-2,00 m	-9,40 m
% Gravas	---	0	0	0	0	0
% Arenas	---	4	12	0	2	3
% Finos	---	96	88	100	98	97
% Humedad	---	23,7	24,8	26,1	25,4	18,0
% Límite líquido	---	56,1	59,3	65,1	86,1	39,6
% Límite plástico	---	27,3	28,4	36,1	36,8	20,9
Densidad aparente	---	1,97	---	---	---	---
Ángulo rozamiento drenado	---	---	36	---	---	35
Cohesión drenada (kPa)	---	---	37	---	---	35
Resistencia a compresión simple (kPa)	480	---	---	---	---	---
Índice de compresión	---	0,077	---	---	---	---
Índice de hinchamiento	---	0,034	---	---	---	---
Clasificación de Casagrande	---	CH	CH	MH	CH	CL

Para la estructura de PK 0+900:

Características Identificación	SM-3	SM-3	SM-4	SM-4	SM-4
	-5,60 m	-10,00 m	-3,30 m	-8,00 m	-12,00 m
% Gravas	0	0-	0	0	0
% Arenas	8	1	1	0	1
% Finos	92	99	99	100	99
% Humedad	20,4	31,8	25,1	26,6	34,2
% Límite líquido	39,4	64,9	54,4	64,8	77,3
% Límite plástico	19,0	32,3	25,4	33,3	38,9
Densidad aparente	2,08	---	---	---	---
Ángulo rozamiento drenado	---	---	---	---	---
Cohesión drenada (kPa)	---	---	---	---	---
Resistencia a compresión simple	255	---	---	---	---
Índice de compresión	---	---	---	0,037	---
Índice de hinchamiento	---	---	---	0,017	---
Clasificación de Casagrande	CL	MH	CH	MH	MH



5.1. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LOS NIVELES:

A partir de los criterios indicados anteriormente se han asignado los siguientes parámetros geotécnicos a los niveles observados en el modelo geotécnico característico, en función de las estructuras estudiadas.

Para la estructura de PK 11+800:

PARÁMETROS	Nivel II Arcillas y limos carbonatados	Nivel III Margas
Densidad aparente (kN/m^3)	19,5	19,5
ν	0,35	0,35
C_u (kPa)	240	240
ϕ'	35°	35°
C' (kPa)	36	36
k (m/s)	10^{-9}	10^{-9}
E' (MPa)	38-40	38-40

Los golpes registrados en la realización del sondeo en las pruebas in situ de penetración estándar (SPT), presentan valores $37 \leq \text{NSPT} \leq \text{Rechazo}$.

El tipo de suelo reconocido (nivel compuesto por margas y limos arenosos).la consistencia del nivel es firme a dura en general

De lo mencionado anteriormente (golpes registrados y suelo reconocido), y según la tabla D27: propiedades básicas de los suelos se puede deducir un ángulo de rozamiento de 35°

**Para la estructura de PK 0+900:**

PARÁMETROS	Nivel II Margas
Densidad aparente (kN/m^3)	19,5
ν	0,35
C_u (kPa)	125
ϕ'	30°
C' (kPa)	30
k (m/s)	10^{-9}
E' (MPa)	38-40

- Con el numero del golpeo obtenido (ensayo de penetración estándar (SPT), se presentan valores de $29 \leq \text{NSPT} \leq \text{Rechazo}$).
- Y con el tipo de suelo reconocido (nivel cohesivo, compuesto por margas y limos arenosos).
 - ➔ se puede decir que, la consistencia del nivel es firme a dura en general
 - ➔ Con ángulo de rozamiento de 30° (según la grafica y la tabla de las propiedades básicas de los suelos)

5.2. JUSTIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE CIMENTACIÓN.**5.2.1. Tensiones admisibles bajo el marco.**

Dados los parámetros geotécnicos y de deformación de los suelos estudiados, Realizando un análisis considerando la naturaleza del material de apoyo se ha obtenido una tensión admisible:

**Para la estructura del PK 11+800****Tenemos:**

$$B = 11.40 \text{ m}$$

$$L = 32 \text{ m}$$

$$D = 0.80 \text{ m}$$

Los factores resultantes para estos parámetros son:

$$N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot e^{\pi \tan \phi} = 18.40 \quad N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi} = 30.14 \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi = 20.10$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctg\left(\frac{D}{B}\right) = 1$$

$$d_c = 1 + 2 \cdot \frac{N_q}{N_c} \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctg\left(\frac{D}{B}\right) = 1$$

$$d_\gamma = 1$$

$$i_q = (1 - 0.7 \cdot \tan \delta_B)^3 (1 - \tan \delta_L) = 1 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1 \quad i_\gamma = (1 - \tan \delta_B)^3 (1 - \tan \delta_L) = 1$$

$$S_c = S_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c} = 1.62 \quad S_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} = 0.7$$

Entonces:

$$q_h = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot S + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot S_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma = 4.5 \text{ kg/cm}^2$$

Y aplicando el factor de seguridad F=3 tendremos que la carga admisible es igual a:

$$q_v = \frac{q_h}{F} = \frac{4.5}{3} = 1.5 \text{ Kg/cm}^2$$

**Para la estructura del PK 0+900:****Tenemos:**

$$B = 3.7 \text{ m}$$

$$L = 23.4 \text{ m}$$

$$D = 0.45 \text{ m}$$

$$q_h = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot S + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot S_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma$$

$$N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot e^{\pi \tan \phi} = 18.4 \quad N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi} = 30.14 \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi = 20.09$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctg\left(\frac{D}{B}\right) = 1.00$$

$$d_c = 1 + 2 \cdot \frac{N_q}{N_c} \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctg\left(\frac{D}{B}\right) = 1.00$$

$$d_\gamma = 1$$

Con una inclinación que vale 0 :

$$i_q = (1 - 0.7 \cdot \tan \delta_B)^3 (1 - \tan \delta_L) = 1 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1 \quad i_\gamma = (1 - \tan \delta_B)^3 (1 - \tan \delta_L) = 1$$

$$S_c = S_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c} = 1.09 \quad S_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} = 0.95$$

$$\rightarrow q_h = c \cdot N_c \cdot i_c \cdot S_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot i_q \cdot S_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma = 4.5 \text{ kg/cm}^2$$

Aplicando el factor de seguridad F=3 la carga admisible sale:

$$q_v = \frac{q_{vh}}{F} = \frac{4.5}{3} = 1.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rightarrow q_{adm} = 150 \text{ KN/m}^2$$

5.2.2. Tensión admisible del terreno bajo las aletas.

Para el cálculo de la tensión admisible del terreno de la cimentación en las aletas se utilizara la conocida formula de Brinch-Hansen.

$$q_h = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot S + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot S_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma$$

Para la estructura del PK 11+800

Siendo las dimensiones de la zapata de las aletas:

$$B = 5.20 \text{ m}$$

$$L = 6.40 \text{ m}$$

$$D = 0.70 \text{ m}$$

Los factores resultantes para estos parámetros son:

$$N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot e^{\pi \tan \phi} = 18.40 \quad N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi} = 30.14 \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi = 20.10$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctg\left(\frac{D}{B}\right) = 1$$

$$d_c = 1 + 2 \cdot \frac{N_q}{N_c} \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \arctg\left(\frac{D}{B}\right) = 1$$

$$d_\gamma = 1$$

$$i_q = (1 - 0.7 \cdot \tan \delta_B)^3 (1 - \tan \delta_L) = 1 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1 \quad i_\gamma = (1 - \tan \delta_B)^3 (1 - \tan \delta_L) = 1$$

$$S_c = S_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c} = 2.42 \quad S_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} = 0.76$$

Entonces:

$$q_h = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot S + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot S_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma = 1.78 \text{ kg/cm}^2$$

Dado el grado de incertidumbre que se tiene en este emplazamiento se considerara a efectos de cálculo una carga admisible de 1.70 kg/cm²

**Para la estructura del PK 0+900:**

Los parámetros geométricos de la zapata son:

$$B = 2.7 \text{ m}$$

$$L = 7.05 \text{ m}$$

$$D = 0.5 \text{ m}$$

$$q_h = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot S + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot S_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma$$

$$N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot e^{\pi \tan \phi} = 18.4 \quad N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi} = 30.14 \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi = 20.09$$

$$d_q = d_c = d_\gamma = 1$$

$$i_q = i_c = i_\gamma = 1$$

$$S_c = S_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c} = 1.23 \quad S_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} = 0.88$$

$$\rightarrow q_h = c \cdot N_c \cdot i_c \cdot S_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot i_q \cdot S_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot S_\gamma = 2.6 \text{ kg/cm}^2$$

Dado el grado de incertidumbre que se tiene en este emplazamiento se considerara a efectos de cálculo una Tensión admisible en zapatas de 200 KN/m²

5.3. Coeficiente de balasto:

Procediendo ya con los cálculos, el coeficiente de balasto puede obtenerse mediante la fórmula de Jiménez Salas y Soriano:

Para la estructura del PK 11+800:

Con una geometría de la losa rectangular de Largo= 32, Ancho= 11.4, Tipo de terreno: margas y limos arenosos y un coeficiente de balasto k_{30} (kp/cm³) = 5.7

Nos sale un coeficiente de balasto para la losa del marco de **15098.2 KM/m³**

$$\rightarrow K = 15000 \text{ KN/m}^3$$



Para la estructura del PK 0+900:

Con una geometría de la losa rectangular de Largo= 23.7, Ancho= 3.7 y Tipo de terreno: margas y limos arenosos y un coeficiente de balasto k_{30} (kp/cm³) = 5.7

Nos sale un coeficiente de balasto para la losa del marco de **11 927.7**

→K=11900 KN/m³



Anejo nº 3: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA