

ANEJO N° 12.
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE
ESTRUCTURAS

ÍNDICE

12. ANEJO Nº 12. ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS 1

12.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO 1

 12.1.1. CIMENTACIONES DIRECTAS 1

 12.1.2. CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES EN SUELOS 2

 12.1.3. COEFICIENTE DE BALASTO 3

 12.1.3.1. Coeficiente de balasto vertical 3

 12.1.3.2. Coeficiente de balasto horizontal en pilotes 3

 12.1.3.3. Obtención del módulo de deformación a partir del módulo presiométrico 4

12.2. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PARA LAS CIMENTACIONES DE ESTRUCTURAS 4

 12.2.1. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-1 5

 12.2.2. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-2 7

 12.2.3. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-3 9

12.2.4. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA PASARELA PEATONAL 13

12.3. TABLA RESUMEN DE GEOTECNIA DE CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS 15

PLANOS 16

PLANO 0. LEYENDA PLANTA Y PERFIL GEOLÓGICO GEOTÉCNICO 17

PLANO 1. PLANTA Y PERFILES GEOLÓGICO GEOTÉCNICO. ESTRUCTURA E-1. 18

PLANO 2. PLANTA Y PERFILES GEOLÓGICO GEOTÉCNICO. ESTRUCTURA E-2. 19

PLANO 3. PLANTA Y PERFILES GEOLÓGICO GEOTÉCNICO. ESTRUCTURA E-3. 20

PLANO 4. PLANTA Y PERFILES GEOLÓGICO GEOTÉCNICO. PASARELA PEATONAL 21

APÉNDICE 1. CÁLCULOS GEOTÉCNICOS 22

12. ANEJO Nº 12. ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS

12.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Se describe a continuación la metodología seguida para los cálculos geotécnicos tanto de cimentaciones directas como profundas, considerando que en la zona de estudio todas las unidades geotécnicas afectadas tienen un comportamiento tipo suelo.

12.1.1. CIMENTACIONES DIRECTAS

Suelos cohesivos

Las formaciones geológicas existentes en la zona de estudio presentan en general un comportamiento predominantemente cohesivo, por lo que los cálculos para determinar la tensión admisible se realizarán con las formulaciones propias de este tipo de suelo.

Se considera tensión admisible del terreno aquella con la que el coeficiente de seguridad de la cimentación frente al hundimiento del terreno es suficiente (igual o superior al límite habitual de valor igual a 3, recogido por ejemplo en la Guía de cimentaciones en obras de carreteras).

Además, en servicio, los movimientos inducidos en la estructura por la compresión del terreno solicitado por las cargas transmitidas por las cimentaciones (asientos), deben ser admisibles para la estructura (tensión admisible de trabajo o servicio).

El valor límite del asiento total adoptado como admisible es para zapatas 2,54 cm y para losas y zapatas corridas 5,0 cm, que son los valores recogidos en la Guía de cimentaciones en obras de carreteras del Ministerio de Fomento como de uso generalizado para asientos máximos en cimentaciones.

Determinación de la carga de hundimiento del terreno

Se considera tensión admisible del terreno aquella con la que el coeficiente de seguridad de la cimentación frente al hundimiento del terreno sea suficiente. Además, en servicio, los movimientos inducidos en la estructura por la compresión del suelo solicitado por las cargas (asientos) deben ser admisibles para la estructura.

Para el cálculo de la carga admisible por hundimiento de los materiales afectados por la cimentación, se ha utilizado la fórmula de Brinch-Hansen:

$$q_h = C \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Donde:

q_h	=	carga de hundimiento.
C	=	cohesión del suelo considerado.
q	=	carga uniformemente distribuida por encima del plano en el que apoya la zapata.
γ	=	peso específico del suelo.
B	=	ancho de la zapata.
N_c, N_q, N_γ	=	coeficientes adimensionales, que dependen del ángulo de rozamiento interno.

Se denomina carga admisible q_{adm} , al valor que resulta de dividir la carga de hundimiento q_h , por el coeficiente de seguridad F , esto es:

$$q_{adm} = \frac{q_h}{F}$$

En los cálculos realizados se han tomado para F el valor de 3.

Los parámetros que aparecen en la fórmula siguen las siguientes expresiones:

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \phi} \cdot \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q + 1) \text{tg} \phi$$

Siendo:

ϕ = ángulo de rozamiento interno del terreno

A cada uno de los términos anteriores se les ha aplicado un factor de forma dependiente de la geometría de las cimentaciones.

En terrenos de baja permeabilidad (suelos cohesivos), resulta más desfavorable la carga de hundimiento a corto plazo en condiciones sin drenaje ($\phi = 0$). En este caso la fórmula de Brinch-Hansen se reduce a:

$$q_{adm} = 5,14 C_u / F + q$$

Siendo "Cu" la resistencia al corte sin drenaje del terreno y "q", la sobrecarga de tierras debida a la profundidad de apoyo, que queda exenta de aplicársele el coeficiente de seguridad.

En el caso de terrenos granulares, considerados como tales aquellos con un contenido de arenas y gravas superior al 65 %, se ha tenido en cuenta que el criterio que condiciona la determinación de la tensión admisible del terreno es, por lo general, la limitación de asientos y no el hundimiento del terreno, por lo que los cálculos se han centrado en determinar los asientos que se producirían.

Cálculo de asientos

Dadas las características geotécnicas de las formaciones existentes en la zona de estudio, los asientos de las cimentaciones superficiales se han calculado por el método elástico de Steinbrenner, modelizando cada capa de terreno con su módulo de elasticidad y su coeficiente de Poisson.

El procedimiento de cálculo consiste en partir del asiento de la esquina de un rectángulo flexible de anchura B y longitud L, ocurriendo a la profundidad z, que se calcula mediante la expresión:

$$s(z) = \frac{p}{E} \cdot \frac{B}{2} \left[(1 - \nu^2) \frac{1}{\pi} \left(\text{Ln} \frac{r+n}{r-n} + n \cdot \text{Ln} \frac{r+1}{r-1} \right) - (1 - \nu - 2\nu^2) \frac{m}{\pi} \text{arctg} \frac{n}{mr} \right]$$

Siendo:

$$r = \sqrt{1 + n^2 + m^2}$$

$$n = \frac{L}{B}$$

$$m = \frac{z}{B}$$

p: la carga aplicada.

E: el módulo de elasticidad.

v: coeficiente de Poisson.

El asiento debido a una capa que se extiende entre las profundidades Z_i , Z_{i+1} toma el valor:

$$s_i = s(Z_i) - s(Z_{i+1})$$

El asiento total es la suma de los debidos a cada una de las capas en que se ha dividido el terreno.

El asiento bajo el centro de un rectángulo flexible se obtiene por superposición de los cuatro cuadrantes en que lo dividen dos ejes ortogonales paralelos a los lados.

Para las zapatas de las estructuras, que son más rígidas que flexibles, se calcula el asiento como la media entre el del centro y el de la esquina.

El asiento considerando que se trata de una cimentación rígida se estima como el 80 % del valor obtenido.

12.1.2. CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES EN SUELOS

Para el cálculo de cimentaciones profundas la carga de hundimiento es:

$$Q_h(t) = Q_p + Q_f$$

Donde:

Q_p : carga de hundimiento por punta.

Q_f : carga de hundimiento por fuste.

A su vez:

Q_p : $q_p \cdot A_p$.

Q_f : $\tau_f \cdot A_f$.

q_p : resistencia unitaria por punta.

A_p : área de la punta del pilote.

τ_f : resistencia unitaria por fuste.

A_f : área del fuste del pilote.

- **Resistencia unitaria por punta**

- Suelos granulares: q_p (MPa) = 0,2 N (Código Técnico de la Edificación)

- Suelos cohesivos: $q_p = 9 C_u f_d$ (Guía de cimentaciones en obras de carreteras)

- A partir de los resultados obtenidos en ensayos presiométricos (Código Técnico de la Edificación y Guía de cimentaciones en obras de carreteras):

$$q_p = K (p_l - K_o \cdot p_o)$$

- **Resistencia unitaria por fuste**

- Suelos granulares: τ_f (kPa) = 1,6N+6 (expresión de Decourt)

- Suelos cohesivos: τ_f (kp/cm2) = 0,21+ 0.2535/Cu (Stas y Kulhawy 1984)

- A partir de los resultados obtenidos en ensayos presiométricos (Código Técnico de la Edificación): $\tau_f = 1/10 (p_l - K_o \cdot p_o)$

Siendo:

N: índice SPT representativo del nivel geotécnico considerado.

C_u : resistencia al corte sin drenaje representativa del nivel geotécnico considerado.

p_l : presión límite del ensayo presiométrico.

p_o : presión efectiva vertical al nivel de la cimentación en el entorno del apoyo.

K_o : coeficiente de empuje al reposo.

K: coeficiente que puede tomarse igual a 3,2 en suelos granulares, e igual a 1,5 en suelos cohesivos.

- **Carga admisible**

La carga admisible viene dada por la expresión:

$$Q_{adm} = \frac{Q_p}{F_p} + \frac{Q_F}{F_F}$$

Donde:

- Q_p: Carga de hundimiento por punta.
- Q_F: Carga de hundimiento por fuste.
- F_p y F_F: Factores o coeficientes de seguridad frente al hundimiento por punta y fuste.
- Q_{adm}: Carga admisible del terreno.

Se han adoptado los siguientes valores de los coeficientes de seguridad, habituales para cimentaciones profundas en suelos:

$$F_p = 3 \quad F_F = 2$$

En lo que respecta al tope estructural considerado para los pilotes, se ha adoptado un valor de 5,0 MPa, siguiendo las recomendaciones de la tabla 5.5. de la Guía de cimentaciones en obras de carreteras para pilotes hormigonados in situ, con entubación, en suelo firme, que supone los siguientes valores en función del diámetro del pilote:

Diámetro (m)	Tope Estructural (MN)	Tope Estructural (T)
0,85	2,27	226,98
1,00	3,14	314,16
1,25	4,91	490,87
1,50	7,07	706,86

12.1.3. COEFICIENTE DE BALASTO

Las correlaciones adoptadas para determinar los diferentes coeficientes de balasto del terreno son las que se indican a continuación. Estas correlaciones que se incluyen, dependen de la naturaleza del terreno (granular o cohesivo), habiéndose incluido las que corresponden al tipo de terreno que es de aplicación en el presente proyecto.

12.1.3.1. Coeficiente de balasto vertical

Para la determinación el coeficiente de balasto vertical en suelos cohesivos se adopta la siguiente correlación de Terzaghi, en función de la resistencia a compresión simple:

$$K_{30} = 1,645 q_u$$

Siendo:

K₃₀: Coeficiente de balasto vertical referido a placa de 30 x 30 cm (kp/cm³)

q_u: Resistencia a compresión simple (kp/cm²)

La transformación del módulo de balasto K₃₀ al correspondiente a las dimensiones de la cimentación, se realiza según la siguiente formulación del Código Técnico de la Edificación:

- Para el caso de cimentación cuadrada de lado B (K_B):

- a) Terrenos cohesivos

$$K_B = K_{30} 0,3/B$$

- b) Terrenos granulares

$$K_B = K_{30} [(B+03)/2B]^{0,2}$$

- Para el caso de cimentación rectangular de dimensiones L x B, en cualquier tipo de terreno (K_{LxB}):

$$K_{LxB} = K_B (1+B/2L)$$

Siendo:

$$K_B = K_{30} 0,3/B$$

12.1.3.2. Coeficiente de balasto horizontal en pilotes

Para el cálculo del coeficiente de balasto horizontal, se ha adoptado la siguiente correlación para el caso de pilotes, en función de su diámetro y el módulo presiométrico del terreno, según el Código Técnico de la Edificación:

- Suelos cohesivos: K_H = 1,5 Ep / D.
- Suelos granulares: K_H = 3,0 Ep / D.

Siendo:

Ep: Módulo presiométrico del terreno.

D: Diámetro del pilote.

12.1.3.3. Obtención del módulo de deformación a partir del módulo presiométrico

En primer lugar se deduce del módulo edométrico a partir de la siguiente expresión de Menard:

$$E_m = \frac{E_p}{\alpha} \quad \text{Menard (1975)}$$

Siendo:

E_m : Módulo edométrico

E_p : Módulo presiométrico

α : parámetro que depende del tipo de terreno, adoptando los siguientes valores:

2/3 arcillas

1/2 limos

1/3 arenas

Posteriormente se aplica la siguiente correlación entre el módulo de deformación (E) y el módulo edométrico (E_m), según la ecuación que se incluye a continuación, la cual considera que únicamente se presenta compresión unidimensional, sin deformación lateral:

$$E = E_m \left[\frac{(1+\nu) \cdot (1-2\nu)}{1-\nu} \right]$$

12.1.4. RECOMENDACIONES GENERALES DE CIMENTACIÓN

Al margen de los estudios particulares, de cada cimentación, que se realizan más adelante, a continuación se establecen una serie de recomendaciones de tipo general a tener en cuenta en su ejecución y diseño.

12.1.4.1. Zapatas

No se deberá realizar la excavación del terreno de apoyo de la cimentación hasta el momento en el que vaya a procederse al hormigonado de la misma, debido a la degradación que puede sufrir, al quedar expuesto a la acción de los agentes atmosféricos.

En el caso de que se prevean retrasos entre la fase de excavación y de hormigonado, se recomienda dejar al menos 0,5 m de material sin excavar por encima del nivel de cimentación, el cual será retirado posteriormente, debiéndose proteger el fondo con un hormigón de regularización.

Las zapatas deberán tener un recubrimiento mínimo por encima de su plano superior de 0,5 m.

En caso de que durante las labores de excavación de ejecución de las cimentaciones se observen afluencias de agua, se deberá disponer de sistemas de rebajamiento (zanjas, pozos, etc.) exteriores a la cimentación, para impedir que su estancamiento pueda afectar al terreno de cimentación.

Las profundidades de cimentación indicadas en el estudio particular se deducen de los puntos de investigación, por lo que el fondo de las excavaciones deberá ser inspeccionado por algún técnico especializado que confirme los supuestos del proyecto antes de proceder al hormigonado.

12.1.4.2. Pilotes

El tipo de pilote que se recomienda adoptar en función de las características del terreno en la zona donde se han proyectado cimentaciones profundas es hormigonado in situ, de desplazamiento a rotación, con entubación recuperable hasta alcanzar el sustrato terciario cohesivo (T_p).

Deben preverse tubos para realización de ensayos de integridad mediante el procedimiento de "sondeo sísmico".

12.2. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PARA LAS CIMENTACIONES DE ESTRUCTURAS

En este apartado se dan las recomendaciones de cimentación de las diferentes estructuras proyectadas, calculándose los valores de la tensión admisible frente al hundimiento del terreno, comprobando que los asentamientos que se producirían son admisibles por la estructura (tensión admisible de trabajo o servicio).

Se estiman, así mismo, otros parámetros geotécnicos necesarios para el dimensionamiento de las cimentaciones y otros elementos estructurales, como el coeficiente de balasto vertical y horizontal.

Los valores propuestos deben considerarse como valores máximos que no deben sobrepasarse al dimensionar las cimentaciones.

Los diferentes aspectos considerados en el análisis realizado son los siguientes:

- Investigaciones geotécnicas realizadas y recopiladas para el estudio de la cimentación (sondeos, ensayos de penetración dinámica y calicatas).
- Cota del nivel freático: posición de los niveles de agua detectados en los sondeos ejecutados en el área de estudio, o próximos a ella.
- Tipología de cimentación recomendada (directa o profunda).

- Identificación del terreno considerado como horizonte resistente, sobre el que se recomienda apoyar la cimentación y se resumen sus características geotécnicas.
- Profundidad de apoyo respecto a la superficie del terreno y cota aproximada equivalente.
- Tensión o carga admisible recomendada para el dimensionamiento de la cimentación.
- Parámetros geotécnicos complementarios como el coeficiente de balasto vertical y horizontal.
- Agresividad del subsuelo al hormigón.

Se incluyen a continuación las recomendaciones geotécnicas de cimentación para las principales estructuras proyectadas, en las que se utiliza la siguiente simbología para los parámetros geotécnicos:

Cu: Resistencia al corte sin drenaje

γ_{ap} : Densidad aparente

C': Cohesión efectiva

ϕ' : Ángulo de rozamiento interno efectivo

E: Módulo de deformación

Ep: Módulo presiométrico

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.1. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-1	0+140 (Eje 21)	Pórtico con estribos cerrados
INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA RECOPIADA: 1 sondeo próximo S 0+650 (H) del P.C. Prolongación y mejoras del acceso Sur al Aeropuerto de Madrid – Barajas.		
INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA Y PROFUNDIDAD ALCANZADA: S-6 (14,60 m), P-3 (4,16 m) y C-13 (3,0 m)		
HORIZONTE RESISTENTE		
Tp: Terciario, formado por arcillas verdosas y marrones en parte litificadas.		
En el sondeo S-6 esta formación se detectó en torno a los 3,0 – 3,90 m de profundidad (cota 610 aproximadamente), obteniéndose ya rechazo en los SPT realizados a 4,47 m y 6,60 m de profundidad, con valores del ensayo de resistencia a compresión simple del orden de 1,5 MPa a partir de los 8,0 m, lo que indica la consistencia dura de este material.		
Se realizaron dos ensayos presiométricos a 6 y 8 m de profundidad, en los que se obtuvo un módulo presiométrico (Ep) de 279 y 553 MPa, con un valor de la presión límite (PL) superior a 100 bares.		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.1. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-1	0+140 (Eje 21)	Pórtico con estribos cerrados

RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

• **TIPO DE CIMENTACIÓN Y PROFUNDIDAD DE APOYO**

Directa apoyando sobre el terciario Tp, que aparece a una profundidad de 4,0 m respecto a la superficie del terreno en el sondeo S-6 (cota 610) y a unos 3,40 m en el ensayo de penetración dinámica P-3 (cota 609,3).

La profundidad mínima de apoyo de la cimentación respecto a la rasante de la carretera bajo el paso inferior deberá ser como mínimo de 2,5 m, con el fin de superar la capa activa del terreno y evitar problemas por expansividad, ya que la unidad geotécnica Tp presenta un potencial expansivo alto.

Dicha profundidad podrá alcanzarse bien mediante un relleno estructural que cumpla el artículo 332 del PG-3, tanto en composición como en forma de ejecución, o bien con hormigón en masa.

En cualquier caso, se tomarán también medidas de impermeabilización para impedir la infiltración de agua.

• **PERFIL Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO**

Se han estimado los siguientes parámetros geotécnicos para esta estructura:

Estructura E-1 S-6 (cota: 614), P-3 (cota: 612,7) y C-13 (612,7)	INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)		TIPO DE SUELO	COTAS		Cu (kPa)	γ_{ap} (KN/m ³)	C' (kPa)	ϕ' (°)	E (MPa)	Ep (MPa)
	(DESDE INICIO DE SONDEO)										
Rellenos antrópicos (RA)	0	4	Cohesivo	614	610	-	18	0	25	5	4,5
Peñuelas algo alteradas (Tp)	4	7,20	Cohesivo	610	606,8	320	17	55	34	64	57
Peñuelas sin alteración (Tp)	7,20	15	Cohesivo	606,8	599	750	17,50	75	31	615	553

RA

Los parámetros geotécnicos propuestos para estos materiales son los valores recomendados en la caracterización geotécnica del anejo 7.

Tp

Los valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno efectivos han sido propuestos considerando los valores de los ensayos de laboratorio de corte directo y triaxial realizados en el sondeo S-6.

La resistencia al corte sin drenaje (Cu) se estimó en el primer subnivel de Tp (4 a 7,20 m de profundidad), inicialmente, para el primer metro, de 4 a 5 m de profundidad, a partir del golpeo del índice SPT equivalente, deducido del ensayo de penetración dinámica P-3: $N_{SPT} = 30 \cdot 1,6 = 48$.

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.1. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-1	0+140 (Eje 21)	Pórtico con estribos cerrados
<p>A partir de la expresión de Terzagui: $C_u = N_{SPT} / 15 = 320$ kPa.</p> <p>El módulo de deformación inicial de este subnivel entre 4 y 5 m de profundidad en el sondeo S-6 (3,40 a 4,40 m de profundidad en P-3), se obtiene a partir de la expresión de Stroud para suelos cohesivos con índice de plasticidad de hasta el 30 %: $E = 200 \cdot C_u = 64.000$ kPa = 64 MPa</p> <p>Entre 5 y 7,20 m de profundidad, se deduce el siguiente valor de C_u partir de la presión límite obtenida en el ensayo presiométrico, según la expresión de Baguelin y Briand (1985) que se incluye a continuación:</p> $C_u \text{ (kPa)} = 0,67 \cdot (PL)^{0,75} = 0,67 \cdot 10.000^{0,75} = 670 \text{ kPa}$ <p>Este valor quizás sea demasiado elevado, por lo que se propone adoptar el valor de 320 KPa, deducido del índice SPT equivalente.</p> <p>En el segundo subnivel de T_p (7,20 a 15 m), C_u se estimó a partir de los dos ensayos de resistencia a compresión simple realizados, cuyo valor es próximo a 0,15 MPa:</p> $C_u = 1500 / 2 = 750 \text{ kPa}$ <p>El módulo de deformación entre 5 y 7,20 m y a partir de 7,20 m de profundidad, se deduce del módulo presiométrico según la siguiente expresión (inicialmente se calcula el módulo edométrico):</p> $E_m = \frac{E_p}{\alpha} \quad \text{Menard (1975)}$ <p>Siendo:</p> <p>E_m: Módulo edométrico</p> <p>α: parámetro que depende del tipo de terreno, adoptando los siguientes valores:</p> <p style="text-align: center;">2/3 arcillas</p> <p style="text-align: center;">1/2 limos</p> <p style="text-align: center;">1/3 arenas</p> <p>Considerando la naturaleza de la unidad geotécnica T_p, se ha adoptado el siguiente valor para este coeficiente:</p> $\alpha = 2/3.$ <p>Es posible correlacionar el módulo de deformación (E) con el módulo edométrico (E_m) y por tanto con el módulo presiométrico (E_p), según la siguiente ecuación, que considera que únicamente se presenta compresión unidimensional, sin deformación lateral:</p>		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.1. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-1	0+140 (Eje 21)	Pórtico con estribos cerrados
$E = E_m \left[\frac{(1+\nu) \cdot (1-2\nu)}{1-\nu} \right]$ <p>Siguiendo este procedimiento, se obtienen los siguientes resultados para los dos ensayos presiométricos realizados:</p> <p>$E_{p1} = 279$ MPa $\Rightarrow E = 300$ MPa</p> <p>Este valor se considera demasiado elevado, por lo que se propone adoptar el valor de 64 MPa entre las cotas 610 y 606,8.</p> <p>Para el nivel situado a partir de la cota 606,8 hasta al menos la cota 599, el valor del módulo de deformación que se deduce es el siguiente:</p> <p>$E_{p2} = 553$ MPa $\Rightarrow E = 615$ MPa</p> <p>Los demás parámetros geotécnicos se han obtenido de la caracterización geotécnica realizada en el Anejo 7, considerando los resultados de los sondeos realizados en la zona de la estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> TENSIÓN ADMISIBLE DE TRABAJO O SERVICIO: <p>Se ha calculado la tensión admisible por hundimiento del terreno, para una cimentación directa apoyando sobre el nivel de peñuelas (T_p), considerando las dimensiones de las cimentaciones proyectadas y a continuación la tensión admisible de trabajo o servicio, para la que se comprueba que el asiento máximo que se obtiene es inferior a una pulgada (2,54 cm), que es el límite generalmente aceptado como admisible (Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras). El resultado obtenido es el siguiente:</p> $\sigma_{adm} = 0,50 \text{ MPa (B} \leq 8,0 \text{ m)}^{(*)}$ <p style="text-align: right;">(*) B: ancho de la cimentación</p> <p>El valor que se obtendría de los cálculos limitando el asiento al valor indicado, sería incluso superior, pero se ha considerado oportuno limitarlo a 0,50 MPa, siguiendo las indicaciones de la Guía de cimentaciones en obras de carreteras del Ministerio de Fomento.</p> <p>Los cálculos realizados para determinar la tensión admisible por hundimiento del terreno y los asientos se han realizado según el apartado de metodología. Los parámetros geotécnicos de cálculo adoptados y los resultados obtenidos, se encuentran en los apéndices, al final de este anejo.</p> <ul style="list-style-type: none"> COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL (K_{30}) <p>Para la determinación el coeficiente de balasto vertical en suelos cohesivos se adopta la siguiente correlación de Terzaghi, en función de la resistencia a compresión simple:</p> $K_{30} = 1,645 q_u$ <p>Siendo:</p> <p>K_{30}: Coeficiente de balasto vertical referido a placa de 30 x 30 cm (kp/cm^3)</p> 		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.1. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-1	0+140 (Eje 21)	Pórtico con estribos cerrados
<p>q_u : Resistencia a compresión simple (kp/cm²)</p> <p>Tomando el valor inferior del intervalo calculado para la resistencia al corte sin drenaje entre las cotas 610 y 606,8, se obtiene el siguiente valor de la resistencia a compresión simple:</p> <p>$q_u = C_u \cdot 2 = 320 \cdot 2 = 640$ kPa</p> <p>Deduciéndose por tanto el siguiente valor del coeficiente de balasto:</p> <p>$K_{30} = 1,645 \cdot 6,40 = 10,53$ kp/cm³ \cong 100 MN/m³</p> <ul style="list-style-type: none"> COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL CORRESPONDIENTE A LAS DIMENSIONES DE LA CIMENTACIÓN, A PARTIR DEL K_{30} <p>Para el caso de cimentación rectangular de dimensiones L x B, en cualquier tipo de terreno (K_{LxB}):</p> <p>$K_{LxB} = K_B (1+B/(2 \cdot L))$</p> <p>Siendo K_B, al tratarse de un suelo cohesivo:</p> <p>$K_B = K_{30} \cdot 0,3/B$</p>		
NIVELES DE AGUA Y AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN		
<ul style="list-style-type: none"> NIVELES DE AGUA <p>Se ha detectado un nivel de agua en el sondeo S-6 a 8,30 m de profundidad (cota 605,75). No se prevé afección a la zona saturada.</p> <ul style="list-style-type: none"> AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN ESTIMADA EN FUNCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA <ul style="list-style-type: none"> - Terreno. Agresividad débil por sulfatos: Resultado en muestra tomada a 4,20 m de profundidad en el sondeo S-6: 0,25 % (2.500 mg de SO₄²⁻/kg de suelo seco). Tipo de exposición según EHE: Qa - Agua: Agresividad despreciable. Tipo de exposición según EHE: Ila <p>Tipo de exposición resultante según EHE para la cimentación (**): Qa, no siendo necesario el uso de cemento sulfurresistente al ser el valor del contenido de sulfatos obtenido inferior a 3.000 mg/kg.</p> <p style="text-align: right;">(**) Únicamente considerando terreno y agua freática</p>		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.2. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-2	0+480 (Eje 13)	Estructura de vano único con estribos cerrados
<p>INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA RECOPIADA: 1 sondeo próximo S 0+940 (H) del P.C. Prolongación y mejoras del acceso Sur al Aeropuerto de Madrid – Barajas.</p> <p>INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA Y PROFUNDIDAD ALCANZADA: S-5 (10,55 m), P-5 (9,70 m) y C-9 (3,20 m)</p>		
HORIZONTE RESISTENTE		
<p>Q_{AL} (Cuaternario aluvial, formado por arenas arcillosas y cantos) y T_p (Terciario, formado arcillas verdes y marrones).</p> <p>Q_{AL}: Estos materiales aparecen en el sondeo S-5 a 5,80 m de profundidad (cota 609,70), inmediatamente por encima de la formación T_p, con un espesor de 2,0 m. Se tomó en ellos una muestra inalterada a 6,60 m de profundidad que fue clasificada como una arena arcillosa (SC), con un contenido de finos del 41 %, en la que se obtuvo un índice SPT equivalente ($N=MI/2$) de 14, que corresponde a una consistencia firme. Se realizó, así mismo, un ensayo de resistencia a compresión sobre esta muestra en la que se obtuvo un valor de 0,216 MPa, que corresponde a una consistencia muy firme.</p> <p>En el ensayo de penetración dinámica continua P-5 se han obtenido valores muy variables entre 5 y 33, alternativamente, especialmente a partir de los 4 m de profundidad, con un valor medio del orden de 15 hasta los 9,40 m. Los picos obtenidos en los golpes se deben probablemente a la existencia de cantos en el aluvial. A partir de esa profundidad (cota 607,8) se alcanza rápidamente el rechazo, al encontrarse previsiblemente el terciario (T_T-T_p).</p> <p>Transición T_T-T_p (Terciario): Esta formación aparece en el sondeo S-5 en torno a los 7,80 m de profundidad (cota 607,70 aproximadamente, que coincide prácticamente con la cota anteriormente indicada en P-5), obteniéndose un índice SPT equivalente ($N=MI/2$) en la muestra inalterada tomada a 8,40 m de profundidad igual a 36 y un valor de 61 en el SPT realizado a 10 m de profundidad, lo que corresponde a una consistencia entre muy firme y dura.</p> <p>El resultado del ensayo de resistencia a compresión simple realizado a 8,40 m de profundidad fue de 0,23 MPa, que corresponde a una consistencia muy firme.</p>		
RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> TIPO DE CIMENTACIÓN: Dado el reducido espesor de la formación aluvial (Q_{AL}) y que esta presenta una consistencia entre firme y muy firme, se recomienda una cimentación superficial mediante zapatas, que apoyen directamente sobre ella. PROFUNDIDAD MÍNIMA DE APOYO: <p>Estribos A 5,60 m de profundidad respecto a la superficie del terreno, sobre la cota 609,9, lo que se conseguirá directamente con el canto de la cimentación proyectada y el resguardo de tierras sobre esta, al ir la estructura en desmonte (apoyaría concretamente sobre 20 cm del estrato de terraplén compactado (Rc), según el sondeo S-5, de mejor características deformacionales que la unidad Q_{AL}).</p> <p>Aletas Las aletas podrán apoyar a la cota 614,75 sobre un relleno estructural cuyas características se ajusten a las indicadas en el artículo 332 del PG-3, tanto en composición como en forma de ejecución, sustituyendo un pequeño espesor de rellenos antrópicos (R_A), que según el sondeo S-5 sería del orden de 0,25 m, hasta el estrato de terraplén compactado (Rc).</p>		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA																																																																						
12.2.2. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-2	0+480 (Eje 13)	Estructura de vano único con estribos cerrados																																																																						
<p>La cimentación de esta estructura se realiza sobre materiales no expansivos (Q_{Al}).</p> <p>La excavación se realizará con un talud 3H:2V en los rellenos compactados (R_C) y 2H:1V en los rellenos antrópicos sin compactar (R_A), según el apartado 7.5.9.3.4, Estabilidad de taludes, del anejo 7.</p> <p>• PERFIL Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO</p> <p>Se han estimado los siguientes parámetros geotécnicos para el dimensionamiento geotécnico de las cimentaciones</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Estructura E-2 S-5 (cota 615,5) y P-5 (cota: 617,2)</th> <th colspan="2">INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)</th> <th rowspan="2">TIPO DE SUELO</th> <th colspan="2">COTAS</th> <th rowspan="2">Cu (kPa)</th> <th rowspan="2">γ_{ap} (KN/m³)</th> <th rowspan="2">C' (kPa)</th> <th rowspan="2">ϕ' (°)</th> <th rowspan="2">E (MPa)</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>615,5</th> <th>614,5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rellenos antrópicos (R_A)</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>-</td> <td>615,5</td> <td>614,5</td> <td>-</td> <td>18,00</td> <td>0</td> <td>25</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Terraplén compactado (R_C) carretera actual / Relleno estructural (Art. 332 PG-3)</td> <td>1</td> <td>5,8</td> <td>Granular</td> <td>614,5</td> <td>609,7</td> <td>-</td> <td>20,00</td> <td>10</td> <td>33</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Aluvial (Q_{al})</td> <td>5,8</td> <td>7,8</td> <td>Cohesivo</td> <td>609,7</td> <td>607,7</td> <td>108</td> <td>17</td> <td>20</td> <td>29</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>Peñuela (T_p) (muy alterada)</td> <td>7,8</td> <td>10</td> <td>Cohesivo</td> <td>607,70</td> <td>605,50</td> <td>115</td> <td>17</td> <td>20</td> <td>23</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Peñuela (T_p) (algo alterada)</td> <td>10</td> <td>> 10,55</td> <td>Cohesivo</td> <td>605,50</td> <td>603,95</td> <td>400</td> <td>20</td> <td>50</td> <td>27</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los parámetros geotécnicos se han obtenido de la caracterización geotécnica realizada en el Anejo 7, considerando los resultados de los sondeos realizados en la zona de la estructura.</p> <p>R_A y R_C Los parámetros geotécnicos propuestos para estos materiales son los valores recomendados en la caracterización geotécnica del anejo 7.</p> <p>Q_{al} En el caso del aluvial, la resistencia al corte sin drenaje (C_u) se ha estimado a partir del ensayo de resistencia a compresión simple obtenido a 6,60 m de profundidad: $q_u = 216$ kPa, del que se deduce: $C_u = 216 / 2 = 108$ kPa, comprobando que es del orden de magnitud del propuesto en la caracterización geotécnica.</p> <p>El módulo de deformación estimado para el nivel aluvial se ha calculado a partir de la expresión de Stroud para un suelo con un índice de plasticidad inferior al 20 %, que ha sido el obtenido en la muestra ensayada a 6,60 m de profundidad: $E = 270 C_u$.</p> <p>El resto de parámetros geotécnicos se han propuesto considerando los valores recomendados en la caracterización geotécnica del anejo 7.</p>			Estructura E-2 S-5 (cota 615,5) y P-5 (cota: 617,2)	INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)		TIPO DE SUELO	COTAS		Cu (kPa)	γ_{ap} (KN/m ³)	C' (kPa)	ϕ' (°)	E (MPa)	0	1	615,5	614,5	Rellenos antrópicos (R_A)	0	1	-	615,5	614,5	-	18,00	0	25	5	Terraplén compactado (R_C) carretera actual / Relleno estructural (Art. 332 PG-3)	1	5,8	Granular	614,5	609,7	-	20,00	10	33	35	Aluvial (Q_{al})	5,8	7,8	Cohesivo	609,7	607,7	108	17	20	29	27	Peñuela (T_p) (muy alterada)	7,8	10	Cohesivo	607,70	605,50	115	17	20	23	30	Peñuela (T_p) (algo alterada)	10	> 10,55	Cohesivo	605,50	603,95	400	20	50	27	100
Estructura E-2 S-5 (cota 615,5) y P-5 (cota: 617,2)	INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)			TIPO DE SUELO	COTAS		Cu (kPa)	γ_{ap} (KN/m ³)						C' (kPa)	ϕ' (°)	E (MPa)																																																								
	0	1	615,5		614,5																																																																			
Rellenos antrópicos (R_A)	0	1	-	615,5	614,5	-	18,00	0	25	5																																																														
Terraplén compactado (R_C) carretera actual / Relleno estructural (Art. 332 PG-3)	1	5,8	Granular	614,5	609,7	-	20,00	10	33	35																																																														
Aluvial (Q_{al})	5,8	7,8	Cohesivo	609,7	607,7	108	17	20	29	27																																																														
Peñuela (T_p) (muy alterada)	7,8	10	Cohesivo	607,70	605,50	115	17	20	23	30																																																														
Peñuela (T_p) (algo alterada)	10	> 10,55	Cohesivo	605,50	603,95	400	20	50	27	100																																																														

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.2. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-2	0+480 (Eje 13)	Estructura de vano único con estribos cerrados
<p>T_T-T_p (muy alterado) El valor de la resistencia al corte sin drenaje se ha estimado a partir del resultado del ensayo de resistencia a compresión simple obtenido en el sondeo S-5 sobre la muestra tomada a 8,40 m de profundidad: $C_u = 234 / 2 = 117$ kPa. A partir del índice SPT que se deduce del golpeo de la muestra inalterada se obtendría un valor mayor, por lo que se propone adoptar el valor indicado, redondeado a 115 kPa, que se comprueba que del orden de magnitud del recomendado en la caracterización geotécnica del anejo 7.</p> <p>El módulo de deformación estimado para el nivel T_T-T_p (muy alterado), se calcula, al igual que en el caso anterior, a partir de la expresión de Stroud para un suelo con un índice de plasticidad inferior al 20 %, que ha sido el obtenido en la muestra ensayada a 8,40 m de profundidad: $E = 270 C_u = 31,050$ MPa, que se redondea a 30 MPa, que es el valor propuesto en la caracterización geotécnica.</p> <p>El resto de parámetros geotécnicos se han adoptado considerando los valores propuestos en la caracterización geotécnica del anejo 7.</p> <p>T_T-T_p (algo alterado) En este caso el valor de la resistencia al corte sin drenaje se ha estimado a partir del índice SPT equivalente $N = 60$, considerando el ensayo SPT realizado a 10 m de profundidad, a partir de la expresión de Terzaghi: $C_u = N_{SPT} / 15 = 400$ kPa.</p> <p>Considerando que el valor obtenido en el SPT es el que se considera en la caracterización geotécnica como valor superior del intervalo estimado para estos materiales, se propone adoptar el módulo de deformación también superior del intervalo propuesto, de valor 100 MPa.</p> <p>El resto de parámetros geotécnicos se han adoptado considerando los valores propuestos en la caracterización geotécnica del anejo 7.</p> <p>• TENSIÓN ADMISIBLE DE TRABAJO O SERVICIO:</p> <p>- CIMENTACIÓN DE LOS ESTRIBOS</p> <p>$\sigma_{adm} = 225$ kPa ($B \leq 7,50$ m) (*)</p> <p>- CIMENTACIÓN DE LAS ALETAS</p> <p>$\sigma_{adm} = 250$ kPa ($B \leq 5,0$ m) (*)</p> <p>Se ha calculado la tensión admisible por hundimiento del terreno considerando las dimensiones de las cimentaciones proyectadas y a continuación la tensión admisible de trabajo o servicio, para la que se comprueba que el asiento máximo que se obtiene es de unos 2,54 cm, que es el límite generalmente aceptado como admisible (Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras).</p> <p>Los cálculos realizados para determinar la tensión admisible por hundimiento del terreno y los asientos se han realizado según el apartado de metodología. Los parámetros geotécnicos de cálculo adoptados y los resultados obtenidos, se encuentran en los apéndices, al final de este anejo.</p> <p style="text-align: right;">(*) B: ancho de la cimentación</p>		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.2. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-2	0+480 (Eje 13)	Estructura de vano único con estribos cerrados
NIVELES DE AGUA Y AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN		
<ul style="list-style-type: none"> NIVELES DE AGUA <p>No se ha detectado ningún nivel de agua en el sondeo realizado (S-5). No se prevé afección a la zona saturada.</p> <ul style="list-style-type: none"> AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN ESTIMADA EN FUNCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA <ul style="list-style-type: none"> - Terreno: Agresividad despreciable (Tipo de exposición según EHE: IIa) - Agua: La cimentación no se ve afectada por el agua freática. <p>Tipo de exposición resultante según EHE para la cimentación (**): IIa</p> <p style="text-align: right;">(**) Únicamente considerando terreno y agua freática</p>		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.3. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-3	0+205 – 0+425 (Eje 35)	Falso túnel con muros pantalla de pilotes
INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA RECOPIADA: 1 sondeo próximo: S-9 y 1 sondeo en la ubicación de la estructura: SE-45, ambos pertenecientes al P.C. de Prointec de 2008.		
INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA Y PROFUNDIDAD ALCANZADA: S-2 (18,10 m), S-3 (20,40 m) y S-4 (11,80 m)		
HORIZONTE RESISTENTE		
<p>Tp: Terciario, formado por arcillas verdosas y marrones en parte litificadas.</p> <p>En los sondeos realizados esta formación se detectó en torno a los 3,0 – 4,5 m de profundidad (en el entorno de las cotas 609 a 610,5, aproximadamente). El resultado de los ensayos SPT en esta formación fue en todos los casos superior a 50 golpes, con valores del ensayo de resistencia a compresión simple generalizados entre 236 y 372 kPa, con un valor mayor puntual de 1160 kPa, que corresponde a una consistencia entre muy firme y dura.</p> <p>En los ensayos presiométricos realizados se obtuvieron valores del módulo presiométrico (Ep) entre 84 MPa y 208 MPa (el valor obtenido en el S-4 a 4,7 m de profundidad, igual a 24 MPa, no se considera representativo de esta unidad geotécnica).</p>		
RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN		
<ul style="list-style-type: none"> TIPO DE CIMENTACIÓN: Muro pantalla de pilotes, aletas o muro en ménsula con cimentación directa mediante zapatas y cajón con sección en “U” mediante losa de cimentación. <p>Las zapatas de las aletas apoyarán a la cota 609 sobre las formaciones terciarias de peñuelas muy alteradas, que a partir de la investigación geotécnica realizada se ha detectado que presentan un potencial expansivo alto, por lo que se propone realizar una sustitución de terreno de 2,5 m por debajo de la rasante, para superar la posible capa activa tras la realización de las obras.</p> <p>Bajo la losa de la estructura con sección en “U” se realizará una sustitución del terreno, eliminando los rellenos antrópicos presentes hasta el entorno de la cota 611 en la zona de esta cimentación, mediante un relleno estructural cuyas características se ajusten a las indicadas en el artículo 332 del PG-3, tanto en composición como en forma de ejecución. Al igual que en el caso de las aletas, con el fin de evitar problemas de expansividad, la sustitución del terreno en esta cimentación se comprobará que supera una profundidad de 2,5 m bajo la rasante, al igual que en el caso de las aletas.</p> <p>En la parte construida al abrigo de muros pantalla y en zonas de desmontes, deberá realizarse en el fondo de la excavación el mismo tratamiento de estabilización in situ con cal propuesto para el caso de desmontes en el apartado 7.5.9.3.3 del anejo 7.</p> <p>En cualquier caso, adicionalmente, se tomarán medidas de impermeabilización y drenaje para impedir la infiltración de agua al terreno a lo largo de toda la estructura.</p>		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.3. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-3	0+205 – 0+425 (Eje 35)	Falso túnel con muros pantalla de pilotes

• **PERFIL Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO**

Se han estimado los siguientes parámetros geotécnicos para el dimensionamiento geotécnico del muro pantalla de pilotes, cuyos cálculos se incluyen en el Anejo 13 de estructuras, así como para las cimentaciones directas mediante zapatas y losa.

Estructura E-3 S-2 (cota: 614,1), S-3 (cota: 613) y S-4 (cota: 613,8)	INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)		TIPO DE SUELO	COTAS		Cu (kPa)	γ_{ap} (KN/m ³)	C' (kPa)	ϕ' (°)	E (MPa)	Ep (MPa)
	(DESDE INICIO DE SONDEOS)										
Rellenos antrópicos (R _A)	0	4,5	Cohesivo	613,45	608,95	-	18,00	0	25	5	4,5
Peñuelas (T _p) (muy alteradas)	4,5	9	Cohesivo	608,95	604,45	250	19	40	30	90	80
Peñuelas (T _p) (algo alteradas)	9	20	Cohesivo	608,95	593,45	300	18	55	33	100	90

R_A

Los parámetros geotécnicos propuestos para estos materiales son los valores recomendados en la caracterización geotécnica del anejo 7.

T_p muy alterada

En la formación T_p muy alterada se ha obtenido un valor medio de resistencia a compresión simple igual a 500 kPa, que si se elimina el valor extremo superior quedaría en 400 kPa, de lo que se deduciría una resistencia al corte sin drenaje de 200 kPa, que haciendo la media con el resultado anterior daría un valor de 250 kPa.

Como comprobación, se calcula también el valor de Cu a partir del SPT, utilizando la expresión de Terzaghi, para un valor del NSPT = 50 (el valor medio del SPT en estos materiales es de 66), de la que se obtendría el siguiente valor: Cu = 50 / 15 = 333 kPa.

Se propone en cualquier caso adoptar Cu = 250 KPa para T_p.

En lo que respecta a la densidad natural o aparente, se adopta la obtenida en la muestra tomada a 8,10 m de profundidad en el sondeo S-4: 19 kN/m³.

De igual manera, considerando los valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno obtenidos en el ensayo de corte directo realizado en la muestra anterior, de valores: C' = 65 kPa y ϕ' = 38,8°, se adoptan los valores propuestos en la caracterización geotécnica que son algo inferiores.

Para la estimación del módulo de deformación, se ha considerado el valor del módulo presiométrico obtenido en sondeo S-4 a 6 m de profundidad, que es el valor más bajo de los obtenidos a partir de los 5,0 m de profundidad: Ep = 83,9 MPa.

T_p algo alterada

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.3. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-3	0+205 – 0+425 (Eje 35)	Falso túnel con muros pantalla de pilotes

La resistencia al corte sin drenaje que se obtiene a partir de la presión límite, tomando un valor de 3.500 kPa, según la expresión de Baguelin y Briand (1985) que se incluye a continuación, es la siguiente:

$$C_u \text{ (kPa)} = 0,67 \cdot (PL)^{0,75} = 0,67 \cdot 3.500^{0,75} = 304 \text{ kPa}$$

En la formación T_p algo alterada se ha obtenido un valor medio de la resistencia a compresión simple en los sondeos S-2, S-3 y S-4 igual a 589 kPa, del que se deduce el siguiente valor de la resistencia al corte sin drenaje: Cu = 589 / 2 = 295 kPa y haciendo la media con el valor obtenido a partir de la presión límite del ensayo presiométrico, se deduciría una resistencia al corte sin drenaje de 299 kPa.

Como comprobación, se calcula también el valor de Cu a partir del SPT, utilizando la expresión de Terzaghi, para un valor del NSPT = 50 (el valor medio del SPT en estos materiales es de 90), de la que se obtendría el siguiente valor: Cu = 50 / 15 = 333 kPa.

Se propone en cualquier caso adoptar Cu = 300 KPa para T_p algo alterada.

Para la estimación de los parámetros de densidad, cohesión y ángulo de rozamiento efectivos, se han tenido en cuenta los ensayos de laboratorio realizados en los sondeos S-2, S-3 y S-4, en los que se han obtenido los siguientes resultados:

Sondeo	Prof. (m)	Tipo de muestra	Unidad	Humedad (%)	D. seca (g/cm ³)	D. natural (g/cm ³)	Tipo	C' (kg/cm ²)	ϕ' (°)
S-2	4,20	MI	TP	37,77	1,057	1,456	CD	0,56	27,0
S-6	14,40	MP	TP	40,08	1,158	1,622	CD	0,75	31,3
S-2	9,00	MI	TP	19,28	1,433	1,709	CU (TRIAX.)	0,51	37,8
S-3	15,80	MP-3	TP	19,70	1,450	1,730			
S-3	10,20	MI	TP	32,61	1,311	1,739	CD	1,06	19,2
S-2	13,80	MI	TP	25,19	1,511	1,892	CD	0,75	32,5
S-4	8,10	MP	TT/TP	19,12	1,622	1,932	CD	0,65	38,8
S-3	13,50	MP	TP	22,14	1,637	1,999	CD	0,54	33,4
nº Ensayos				8	8	7	7	6	6
Máximo				40,08	1,637	1,93	0	0,75	38,81
Mínimo				19,12	1,057	1,622	0	0,51	26,99
Promedio				26,99	1,40	1,77		0,63	33,45

Eliminando los valores extremos marcados en rojo, se deducen los siguientes valores para la unidad geotécnica T_p algo alterada:

$$\gamma_{ap} = 17,7 \text{ KN/m}^3$$

$$C' = 60 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 33,45^\circ$$

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.3. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-3	0+205 – 0+425 (Eje 35)	Falso túnel con muros pantalla de pilotes
<p>Considerando los valores propuestos en la caracterización geotécnica, se propone adoptar los siguientes valores:</p> $\gamma_{ap} = 17,5 \text{ KN/m}^3$ $C' = 55 \text{ kPa}$ $\phi' = 33^\circ$ <p>Para la estimación del módulo de deformación, considerando que los valores del módulo presiométrico (Ep) obtenidos a partir de los 7,0 m de profundidad en los sondeos S-2, S-3 y S-4 superan en todos los casos los 100 MPa, se propone adoptar el valor superior del intervalo considerado en la caracterización geotécnica, que es Ep = 90 MPa, del que se deduce E = 100 MPa.</p> <p>Se calculan a continuación los valores del coeficiente de balasto vertical y horizontal:</p> <ul style="list-style-type: none"> Coeficiente de balasto horizontal (KH) <p>El coeficiente de balasto horizontal se ha estimado a partir de la formulación del Código Técnico de la Edificación, en función del módulo presiométrico del terreno, el tipo de suelo analizado (granular o cohesivo), según , y el diámetro del pilote (D):</p> <ul style="list-style-type: none"> Suelos cohesivos: $K_H = 1,5 E_p / D$ Suelos granulares: $K_H = 3,0 E_p / D$ Coeficiente de balasto vertical referido a placa de 30x30 cm (K30) <p>Para la determinación el coeficiente de balasto vertical en suelos cohesivos se adopta la siguiente correlación de Terzaghi, en función de la resistencia a compresión simple, que se obtiene de los valores de Cu de la tabla de parámetros geotécnicos de la página anterior :</p> $K_{30} = 1,645 q_u$ <p>Siendo:</p> <p>K30 : Coeficiente de balasto vertical referido a placa de 30 x 30 cm (kp/cm³) qu : Resistencia a compresión simple (kp/cm²)</p> <p>La transformación del módulo de balasto K30 al correspondiente a las dimensiones de la cimentación, se realiza según la siguiente formulación del Código Técnico de la Edificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> Para el caso de cimentación cuadrada de lado B (KB): <p>a) Terrenos cohesivos</p> $K_B = K_{30} 0,3/B$ <p>b) Terrenos granulares</p> $K_B = K_{30} [(B+0,3)/2B]^2$ <ul style="list-style-type: none"> Para el caso de cimentación rectangular de dimensiones L x B, en cualquier tipo de terreno (KLxB): $K_{LxB} = K_B (1+B/2L)$ 		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA																																												
12.2.3. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-3	0+205 – 0+425 (Eje 35)	Falso túnel con muros pantalla de pilotes																																												
<p>Los resultados obtenidos se recogen en la siguiente tabla, tomando los valores de resistencia a compresión simple (Cu x 2) y módulo presiométrico de la tabla anterior:</p> <table border="1" style="margin: 20px auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Estructura E-3 S-2 (cota: 614,1), S-3 (cota: 613) y S-4 (cota: 613,8)</th> <th colspan="2">INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)</th> <th rowspan="2">TIPO DE SUELO</th> <th colspan="2">COTAS</th> <th rowspan="2">K₃₀ (MN/m³)</th> <th rowspan="2">KH (MN/m³)</th> </tr> <tr> <th>(DESDE INICIO DE SONDEO)</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rellenos antrópicos</td> <td>0</td> <td>4,5</td> <td>Cohesivo</td> <td>613,45</td> <td>608,95</td> <td>-</td> <td>7/D</td> </tr> <tr> <td>Peñuelas (Tp) (muy alteradas)</td> <td>4,5</td> <td>9</td> <td>Cohesivo</td> <td>608,95</td> <td>604,45</td> <td>82</td> <td>120/D</td> </tr> <tr> <td>Peñuelas (Tp) (algo alteradas)</td> <td>9</td> <td>20</td> <td>Cohesivo</td> <td>608,95</td> <td>593,45</td> <td>98</td> <td>135/D</td> </tr> </tbody> </table> <p>El coeficiente de balasto vertical adoptado para el dimensionamiento de la losa de la sección en "U", apoyando sobre el relleno estructural granular es el siguiente:</p> <table border="1" style="margin: 20px auto;"> <thead> <tr> <th>B (m)</th> <th>L (m)</th> <th>K₃₀ (MN/m³)</th> <th>K(BxL)(MN/m³) Granular</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8,50</td> <td>8,00</td> <td>50,00</td> <td>20,52</td> </tr> </tbody> </table> <p>Para la estimación del coeficiente de balasto referido a placa de 30 x 30 cm en los rellenos estructurales granulares se ha considerado el valor medio entre el correspondiente a Tp muy alterada ($K_{30} = 1,645 q_u = 1,645 \cdot 2 \cdot C_u = 1,645 \cdot 2 \cdot 2,5 = 8,23 \text{ kp/cm}^3$, siendo el valor de qu deducido a partir del Cu de la tabla de parámetros geotécnicos de cálculo, situada al principio del apartado 12.2.3) y el valor obtenido para un valor del índice SPT (N) de 15, asumible para un relleno estructural que cumpla el artículo 332 del PG-3, a partir de la expresión de Terzaghi (arena seca):</p> $K_{30} (\text{kg} / \text{cm}^3) = 10^{(N+2)/34} = 3,0$ <p>Por tanto:</p> $K_{30} (\text{MN/m}^3) \text{ relleno estructural} = (30 + 82)/2 = 55 \approx 50$			Estructura E-3 S-2 (cota: 614,1), S-3 (cota: 613) y S-4 (cota: 613,8)	INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)		TIPO DE SUELO	COTAS		K ₃₀ (MN/m ³)	KH (MN/m ³)	(DESDE INICIO DE SONDEO)				Rellenos antrópicos	0	4,5	Cohesivo	613,45	608,95	-	7/D	Peñuelas (Tp) (muy alteradas)	4,5	9	Cohesivo	608,95	604,45	82	120/D	Peñuelas (Tp) (algo alteradas)	9	20	Cohesivo	608,95	593,45	98	135/D	B (m)	L (m)	K ₃₀ (MN/m ³)	K(BxL)(MN/m ³) Granular	8,50	8,00	50,00	20,52
Estructura E-3 S-2 (cota: 614,1), S-3 (cota: 613) y S-4 (cota: 613,8)	INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)			TIPO DE SUELO	COTAS		K ₃₀ (MN/m ³)	KH (MN/m ³)																																						
	(DESDE INICIO DE SONDEO)																																													
Rellenos antrópicos	0	4,5	Cohesivo	613,45	608,95	-	7/D																																							
Peñuelas (Tp) (muy alteradas)	4,5	9	Cohesivo	608,95	604,45	82	120/D																																							
Peñuelas (Tp) (algo alteradas)	9	20	Cohesivo	608,95	593,45	98	135/D																																							
B (m)	L (m)	K ₃₀ (MN/m ³)	K(BxL)(MN/m ³) Granular																																											
8,50	8,00	50,00	20,52																																											

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA																																						
12.2.3. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-3	0+205 – 0+425 (Eje 35)	Falso túnel con muros pantalla de pilotes																																						
<ul style="list-style-type: none"> TENSIÓN ADMISIBLE DE TRABAJO O SERVICIO: - CIMENTACIÓN DE LAS ALETAS SOBRE T_p MUY ALTERADA <p>$\sigma_{adm} = 400 \text{ kPa}$ ($B \leq 3,50 \text{ m}$) (*)</p> <p>Se ha calculado la tensión admisible por hundimiento del terreno considerando las dimensiones de la cimentación proyectada y a continuación la tensión admisible de trabajo o servicio, cuyo valor ha resultado ser de 400 kPa, para la que se comprueba que el asiento máximo que se obtiene es de unos 2,54 cm, que es el límite generalmente aceptado como admisible (Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras).</p> <p>Los cálculos realizados para determinar la tensión admisible por hundimiento del terreno y los asientos se han realizado según el apartado de metodología. Los parámetros geotécnicos de cálculo adoptados y los resultados obtenidos, se encuentran en los apéndices, al final de este anejo.</p> <p style="text-align: right;">(*) B: ancho de la cimentación</p>																																								
NIVELES DE AGUA Y AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN																																								
<ul style="list-style-type: none"> NIVELES DE AGUA <p>Las cotas piezométricas en el ámbito de estudio se sitúan entre los 585 y los 607 m.s.n.m. Se han detectado los niveles de agua que se indican en la siguiente tabla:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Estructura</th> <th rowspan="3">Sondeo realizado</th> <th rowspan="3">Profundidad del Sondeo</th> <th rowspan="3">Cota de boca (Z)</th> <th colspan="2">Medida N-F. (m)</th> <th colspan="2">Medida N-F. (m)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">JULIO 2015 (campaña)</th> <th colspan="2">OCTUBRE 2015</th> </tr> <tr> <th>Cotas relativas</th> <th>Cotas absolutas (Z)</th> <th>Cotas relativas</th> <th>Cotas absolutas (Z)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">E-3</td> <td>S-2</td> <td>18,1</td> <td>614,1</td> <td>7,65</td> <td>606,45</td> <td>8,08</td> <td>606,02</td> </tr> <tr> <td>S-3</td> <td>20,4</td> <td>612,8</td> <td>7,9</td> <td>604,9</td> <td>8,13</td> <td>604,67</td> </tr> <tr> <td>S-4</td> <td>11,8</td> <td>613,8</td> <td>8,2</td> <td>605,6</td> <td>8,6</td> <td>605,2</td> </tr> </tbody> </table> <p>A la vista de estas profundidades, resulta posible la intercepción de la zona saturada por parte de la estructura a ejecutar. Para fase IV se realizará una campaña geotécnica complementaria para el estudio hidrogeológico de la zona de ubicación de esta estructura, según se describe en el Anejo 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> FLUJOS SUBTERRÁNEOS <p>En el Anejo 3 se realiza una descripción de los flujos subterráneos en la zona, dentro del apartado 3.2.5. En los siguientes párrafos se extractan únicamente los aspectos más relevantes.</p> <p>Las cotas piezométricas más altas se encuentran en la zona Oeste del trazado, disminuyendo hacia el río Jarama. Las líneas de flujo tienen una dirección marcadamente E-O, prácticamente perpendiculares al citado cauce. Las aguas subterráneas en la zona circulan, por tanto, desde Madrid hacia la zona de San Fernando de Henares y el río Jarama. Esto implica un flujo subterráneo, en la zona del Nudo de Eisenhower, aproximadamente paralelo a la traza de la autovía A-2.</p>			Estructura	Sondeo realizado	Profundidad del Sondeo	Cota de boca (Z)	Medida N-F. (m)		Medida N-F. (m)		JULIO 2015 (campaña)		OCTUBRE 2015		Cotas relativas	Cotas absolutas (Z)	Cotas relativas	Cotas absolutas (Z)	E-3	S-2	18,1	614,1	7,65	606,45	8,08	606,02	S-3	20,4	612,8	7,9	604,9	8,13	604,67	S-4	11,8	613,8	8,2	605,6	8,6	605,2
Estructura	Sondeo realizado	Profundidad del Sondeo					Cota de boca (Z)	Medida N-F. (m)		Medida N-F. (m)																														
								JULIO 2015 (campaña)		OCTUBRE 2015																														
			Cotas relativas	Cotas absolutas (Z)	Cotas relativas	Cotas absolutas (Z)																																		
E-3	S-2	18,1	614,1	7,65	606,45	8,08	606,02																																	
	S-3	20,4	612,8	7,9	604,9	8,13	604,67																																	
	S-4	11,8	613,8	8,2	605,6	8,6	605,2																																	

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.3. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA ESTRUCTURA E-3	0+205 – 0+425 (Eje 35)	Falso túnel con muros pantalla de pilotes
<p>La orientación de las pantallas de la estructura E-3, transversales al flujo subterráneo y con profundidad de empotramiento tal que podría interceptar la zona saturada de los lentejones más permeables, es susceptible a priori de ocasionar cierto efecto barrera a la circulación de las aguas freáticas. No obstante, la limitada extensión de los lentejones permeables probablemente acote en gran medida este posible efecto barrera, a los lentejones situados inmediatamente a uno y otro lado de las pantallas, por lo que el posible efecto barrera quedaría muy restringido.</p> <ul style="list-style-type: none"> CAUDALES <p>En el apartado 3.2.8. del Anejo 3 se ha efectuado una estimación de los posibles caudales de infiltración hacia el interior del recinto del soterramiento, que podrían producirse en fase de obra desde el medio acuífero. Para abordar dichos cálculos se ha considerado que parte de la excavación va a afectar la zona saturada del conjunto de lentejones del Tosco arenoso (TTA), Arena tosquiza (TAT) y Tosco (TT).</p> <p>Se han empleado dos fórmulas analíticas para efectuar dichas estimaciones, basadas en la fórmula de Dupuit: la Fórmula del Pozo Equivalente y la Fórmula de la Zanja Equivalente. A partir del primer método, se obtiene un caudal total a drenar de entre 4.0 y 5.4 L/s. Según el segundo, entre los cuatro laterales de la excavación se obtiene un caudal total de 5.32 L/s. El método de la Zanja, además, permite estimar un caudal específico o unitario de 0.019 L/s por m. l., así como un radio de influencia máximo perimetral de la excavación de aproximadamente 29 m.</p> <p>La posible depresión de los niveles es reducida (apenas 3,5 m). Considerando que ésta se produce en materiales de permeabilidad más bien baja, no es previsible que acontezcan fenómenos de levantamiento del fondo de la excavación o de sifonamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN ESTIMADA EN FUNCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA <ul style="list-style-type: none"> - Terreno: Agresividad despreciable (Tipo de exposición según EHE: IIa) - Agua: Agresividad despreciable (Tipo de exposición según EHE: IIa) <p>Tipo de exposición resultante según EHE para la cimentación (**): IIa</p> <p style="text-align: right;">(**) Únicamente considerando terreno y agua freática</p>		

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA							
12.2.4. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA PASARELA PEATONAL	0+650 (Eje 35)	Estructura de vano único (sin apoyos intermedios)							
INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA Y PROFUNDIDAD ALCANZADA: S-1 (8,35 m) y P-1 (5,99 m)									
HORIZONTE RESISTENTE									
<p>T_T: Terciario (Tosco). Se trata de sedimentos con predominio arcilloso (contenido de finos superior al 60 %). En concreto en el sondeo S-1 aparecen como arcillas verdosas y marrones en parte litificadas.</p> <p>Esta formación aparece en el sondeo S-1 en torno a los 1,25 m de profundidad (cota 620,15 aproximadamente) y en torno a 2,60 m de profundidad en el ensayo de penetración dinámica P-1 (cota 619,10 aproximadamente). Se obtuvo rechazo en todas las muestras inalteradas y ensayos de penetración estándar (SPT) realizados.</p> <p>En los ensayos de resistencia a compresión simple realizados se obtuvo un valor entre 326 y 611 kPa, lo que corresponde a una consistencia entre muy firme y dura.</p>									
RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN									
<ul style="list-style-type: none"> TIPO DE CIMENTACIÓN: Directa mediante zapatas apoyando sobre el sustrato terciario cohesivo (T_T). PROFUNDIDAD MÍNIMA DE APOYO: A 1,50 m de profundidad (cota 619,9) en las pilas situadas al Norte de la autovía A-2, es decir, las pilas 3 y 4, así como las situadas junto a ellas y a 2,60 m (cota 619,1) de profundidad en las pilas situadas al Sur de la A-2, es decir las pilas 1, 2 y las próximas a ellas. <p>La cimentación de esta estructura se realiza sobre materiales no expansivos (T_T).</p> <ul style="list-style-type: none"> PERFIL Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO Se han estimado los siguientes parámetros geotécnicos para el dimensionamiento geotécnico de las cimentaciones: 									
Estructura: Pasarela. Lado Norte S-1 (cota: 621,4)	INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	COTAS	Cu (kPa)	γ_{ap} (KN/m3)	C' (kPa)	ϕ' (°)	E (MPa)	Ep (MPa)
Rellenos antrópicos (RA)	0, 1,25	-	621,4, 620,2	-	18,00	0	25	5	4,5
Tosco 2 (T_{T2})	1,25, 8,35	Cohesivo	620,15, 613,05	210	19,00	20	26	42	37,5

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA							
12.2.4. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA PASARELA PEATONAL	0+650 (Eje 35)	Estructura de vano único (sin apoyos intermedios)							
Estructura: Pasarela. Lado Sur P-1 (cota: 621,7)	INTERVALO DE PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	COTAS	Cu (kPa)	γ_{ap} (KN/m3)	C' (kPa)	ϕ' (°)	E (MPa)	Ep (MPa)
Rellenos antrópicos (RA)	0, 2,6	-	621,7, 619,1	-	18,00	0	25	5	4,5
Tosco 1 (T_{T1})	2,6, 4	Cohesivo	619,10, 617,70	120	17,00	20	23	24	21,5
Tosco 1 (T_{T2})	4, 6	Cohesivo	617,70, 615,70	210	19,00	20	26	42	37,5

Los parámetros geotécnicos se han obtenido teniendo en cuenta la caracterización geotécnica realizada en el Anejo 7, considerando los resultados de los sondeos realizados en la zona de la estructura, a los que se les da mayor validez.

R_A
Los parámetros geotécnicos propuestos para estos materiales son los valores recomendados en la caracterización geotécnica del anejo 7.

T_T
Para el caso del primer nivel de tosco que aparece en la zona del ensayo de penetración dinámica P1 (cimentaciones lado Sur: pilas 1,2 y próximas), entre 2,6 y 4,0 m de profundidad, se ha estimado el valor de la resistencia al corte sin drenaje (C_u) a partir de la expresión de Terzaghi: $C_u = N_{SPT} / 15$.

Por tanto, según se deduce del ensayo de penetración dinámica continua P1: $N_{SPT} = 12 \times 15 = 180$, de donde: $C_u = 120$ kPa

Para el caso del segundo nivel de tosco, que aparece entre 1,25 y 8,35 m de profundidad en el sondeo S-1, situado en el lado Norte (pilas 3,4 y próximas) y entre 4 y 6 m de profundidad en el ensayo de penetración P-1, situado en el lado sur (pilas 1,2. Y próximas), para deducir la resistencia al corte sin drenaje (C_u) se ha tomado el valor medio de los ensayos de resistencia a compresión simple (q_u) obtenidos en el sondeo S-1, igual a 425 kPa, del que se deduce: $C_u = 212,5$ kPa \approx 210 kPa.

A partir de los anteriores resultados de resistencia al corte sin drenaje, se calcula el valor del módulo de deformación a partir de la expresión de Stroud para suelos cohesivos con índice de plasticidad de hasta el 30 %:

$ET_{T1} = 200 \cdot C_u = 200 \cdot 120$ kPa = 24 MPa
 $ET_{T2} = 200 \cdot C_u = 200 \cdot 212,5 \approx 42$ MPa

- TENSIÓN ADMISIBLE DE TRABAJO O SERVICIO:**

$\sigma_{adm} = 350$ kPa ($B \leq 4,0$ m) (*)

Se ha calculado la tensión admisible por hundimiento del terreno considerando las dimensiones de las cimentaciones proyectadas, a partir de la media ponderada del valor de C_u en una profundidad de 1,5 veces el ancho de la cimentación en el caso del lado Sur, al existir dos niveles de tosco con características diferentes: $C_u = (120 \cdot 1,4 + 210 \cdot 4,6) = 19$ kPa y a

ESTRUCTURA	SITUACIÓN (P.K.)	TIPOLOGÍA
12.2.4. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN PARA LA PASARELA PEATONAL	0+650 (Eje 35)	Estructura de vano único (sin apoyos intermedios)
<p>continuación la tensión admisible de trabajo o servicio, para la que se comprueba que el asiento máximo que se obtiene es de unos 2,54 cm, que es el límite generalmente aceptado como admisible (Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras).</p> <p>Los cálculos realizados para determinar la tensión admisible por hundimiento del terreno y los asientos se han realizado según el apartado de metodología. Los parámetros geotécnicos de cálculo adoptados y los resultados obtenidos, se encuentran en los apéndices, al final de este anejo.</p> <p style="text-align: right;">(*) B: ancho de la cimentación</p>		
NIVELES DE AGUA Y AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN		
<ul style="list-style-type: none"> • NIVELES DE AGUA <p>Se detectó un nivel de agua en el fondo del sondeo realizado (S-1), en el entorno de la cota 613,3.</p> <ul style="list-style-type: none"> • AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN ESTIMADA EN FUNCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA <ul style="list-style-type: none"> - Terreno: Agresividad despreciable (Tipo de exposición según EHE: IIa) - Agua: La cimentación no se ve afectada por el agua freática. <p>Tipo de exposición resultante según EHE para la cimentación (**): IIa</p> <p style="text-align: right;">(**) Únicamente considerando terreno y agua freática</p>		

12.3. TABLA RESUMEN DE GEOTECNIA DE CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS

DENOMINACIÓN Y TIPOLOGÍA	SITUACIÓN (EJE y P.K.)	INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	CIMENTACIÓN PROYECTADA	LITOLÓGIA DEL TERRENO DE APOYO	PROFUNDIDAD DE APOYO RECOMENDADA (m)	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m)	AGRESIVIDAD SUBSUELO AL HORMIGÓN (EHE) ^(*) <small>(*) Tipo de exposición considerando sólo agresividad del agua y el terreno</small>
E-1 PÓRTICO CON ESTRIBOS CERRADOS	Eje 21 P.K. 0+140	Campaña geotécnica recopilada: S 0+650 (H) Campaña geotécnica realizada: S-6 (14,60 m), P-3 (4,16 m) y C-13 (3,0 m)	Cimentación directa $\sigma_{adm} = 0,50 \text{ MPa}$ ($B \leq 8,0 \text{ m}$)	Terciario (Tp)	Mínimo 4,0 m de profundidad (cota 610), comprobando que se supera la rasante de la carretera en 2,5 m para superar la capa activa del terreno tras las obras y evitar problemas de expansividad	8,3 m de profundidad en el sondeo S-6 (605,75)	Terreno: agresividad débil por sulfatos Agua freática: agresividad despreciable Tipo de exposición resultante: Qa
E-2 ESTRUCTURA DE VANO ÚNICO CON ESTRIBOS CERRADOS	Eje 13 P.K. 0+480	Campaña geotécnica recopilada: S 0+940 (H) Campaña geotécnica realizada: S-5 (10,55 m), P-5 (9,70 m) y C-9 (3,20 m)	Cimentación directa ESTRIBOS $\sigma_{adm} = 0,225 \text{ kPa}$ ($B \leq 7,50 \text{ m}$) ALETAS $\sigma_{adm} = 0,25 \text{ kPa}$ ($B \leq 5,0 \text{ m}$)	Estribos: Terciario (Tp) Aletas: Relleno estructural según art. 332 PG-3	Estribos: 5,60 m de profundidad respecto a la superficie del terreno (cota 609,9) Aletas: cota 614,75	No detectado en la profundidad investigada (10,55 m)	Terreno: agresividad despreciable Agua freática: No detectada Tipo de exposición resultante: IIa
E-3. FALSO TÚNEL CON MURO PANTALL DE PILOTES	Eje 35 P.K. 0+205 - 0+425	Campaña geotécnica recopilada: S-9 y SE-45 Campaña geotécnica realizada: S-2 (18,10 m), S-3 (20,40 m) y S-4 (11,80 m)	Muros pantalla de pilotes Directa en aletas y muro con sección en "U" ALETAS $\sigma_{adm} = 0,50 \text{ MPa}$ ($B \leq 8,0 \text{ m}$)	Pantalla: Terciario (Tp) Aletas y cajón con sección en "U": Relleno estructural según art. 332 PG-3	· Aletas: cota 609, realizando por debajo una sustitución de terreno de 2,5 m bajo la rasante, para evitar problemas de expansividad. · Cajón sección en "U": sustitución de rellenos antrópicos hasta cota 611, comprobando que se superan 2,5 m bajo rasante, para evitar problemas de expansividad. · Fondo de excavación al abrigo de muros pantalla: estabilización in situ con cal como en el resto de desmontes excavados en Tp.	Entre los 11,8 y 20,4 m de profundidad. Entre las cotas: 612,8 y 614,1	Terreno: agresividad despreciable Agua freática: agresividad despreciable Tipo de exposición resultante: IIa
PASARELA PEATONAL SOBRE A-2	Eje 35 P.K. 0+650	Campaña geotécnica realizada: S-1 (8,35 m) y P-1 (5,99 m)	Cimentación directa $\sigma_{adm} = 0,35 \text{ MPa}$ ($B \leq 4,0 \text{ m}$)	Terciario (T _r)	Lado Norte (pilas 3, 4 y próximas): 1,5 m de profundidad (cota 619,9) Lado Sur (pilas 1,2 y próximas): 2,6 m de profundidad (619,1)	8,1 de profundidad en el sondeo S-1 (613,3)	Terreno: agresividad despreciable Agua freática: No detectada Tipo de exposición resultante: IIa

PLANO 0. LEYENDA PLANTA Y PERFIL GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

LEYENDA PERFILES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

LITOLOGÍA

RELLENOS ANTRÓPICOS

- R₁ Plataforma vías de comunicación
- R_c Rellenos antrópicos compactados
- R_A Rellenos antrópicos sin compactar

CUATERNARIO

- Q_{AL} Depósitos aluviales, arcillas y limos arenosos con gravas dispersas.

TERCIARIO

Facies Madrid: arenas, limos y arcillas arcósicas (T_M)

- T_{AT} Arenas limo-arcillosas de color ocre (25-40% contenido en finos) Arenas tosquizas
- T_{TA} Arenas finas arcillosas a arcillas arenosas. (40-60% contenido en finos) Tosco arenisca
- T_T Arcillas color marrón (>60% contenido en finos) Tosco.

Facies de transición

- T_P Arcillas gris verdosas y marrones, localmente arenas micáceas, niveles de carbonatos y sílex. Peñuela.

SIMBOLOGÍA

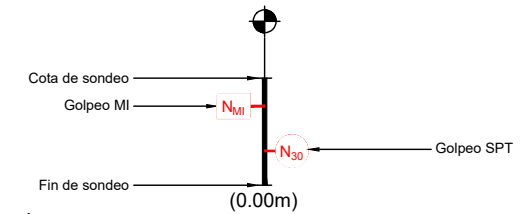
- Contacto litológico
- Contacto litológico supuesto
- Nivel Freático Medido
- Nivel Freático Interpretado o Supuesto
- Pavimento antiguo

NOTA: Los datos incluidos en la guitarra corresponden al corte del terreno por el eje correspondiente. En las tablas resumen de desmontes y rellenos del presente anejo se incluyen datos adicionales realizados a partir de los perfiles transversales de cada eje.

INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS RECOPIADAS:

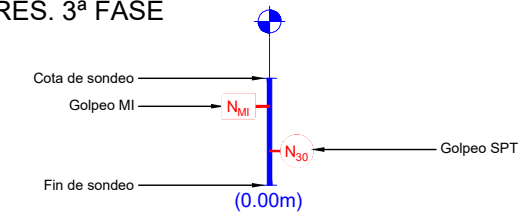
- SC2-E280-1() Sondeo
- PC2-E280-1() Penetrómetro
- CC2-E280-1() Calicata

- (D) * INVESTIGACIONES PERTENECIENTES AL PROYECTO DE LICITACIÓN REMODELACION DEL ENLACE DE LA CN-II Y LA M-40
- (G) * INVESTIGACIONES PERTENECIENTES AL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN CONEXIÓN AEROPUERTO - VARIANTE DE LA CARRETERA N-II Y VIAS DE SERVICIO SUR BARAJAS (EXCEPTO ESTRUCTURAS).
- (H) * INVESTIGACIONES PERTENECIENTES AL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PROLONGACIÓN Y MEJORAS DEL ACCESO SUR AL AEROPUERTO DE MADRID - BARAJAS (EXCEPTO ESTRUCTURAS)
- (O) * INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS PARA PLATAFORMA RESERVADA PARA TRANSPORTE PÚBLICO. TRAMO: TORREJÓN-BARAJAS



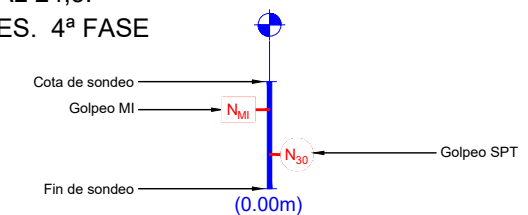
INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN ACCESO A MADRID. PLATAFORMA RESERVADAS PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO, VIAS DE SERVICIO Y ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS. P.K. 5,3 AL 24,5. TRAMO: ARTURO SORIA - ALCALÁ DE HENARES. 3ª FASE

- S-1 Sondeo ejecutado
- C-1 Calicata ejecutada
- P-1 Penetrómetro ejecutado



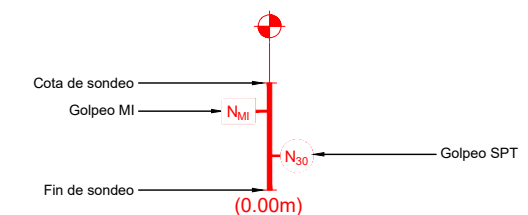
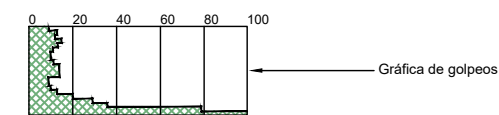
INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN ACCESO A MADRID. PLATAFORMA RESERVADAS PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO, VIAS DE SERVICIO Y ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS. P.K. 5,3 AL 24,5. TRAMO: ARTURO SORIA - ALCALÁ DE HENARES. 4ª FASE

- SE-1 Sondeo
- PE-1 Penetrómetro



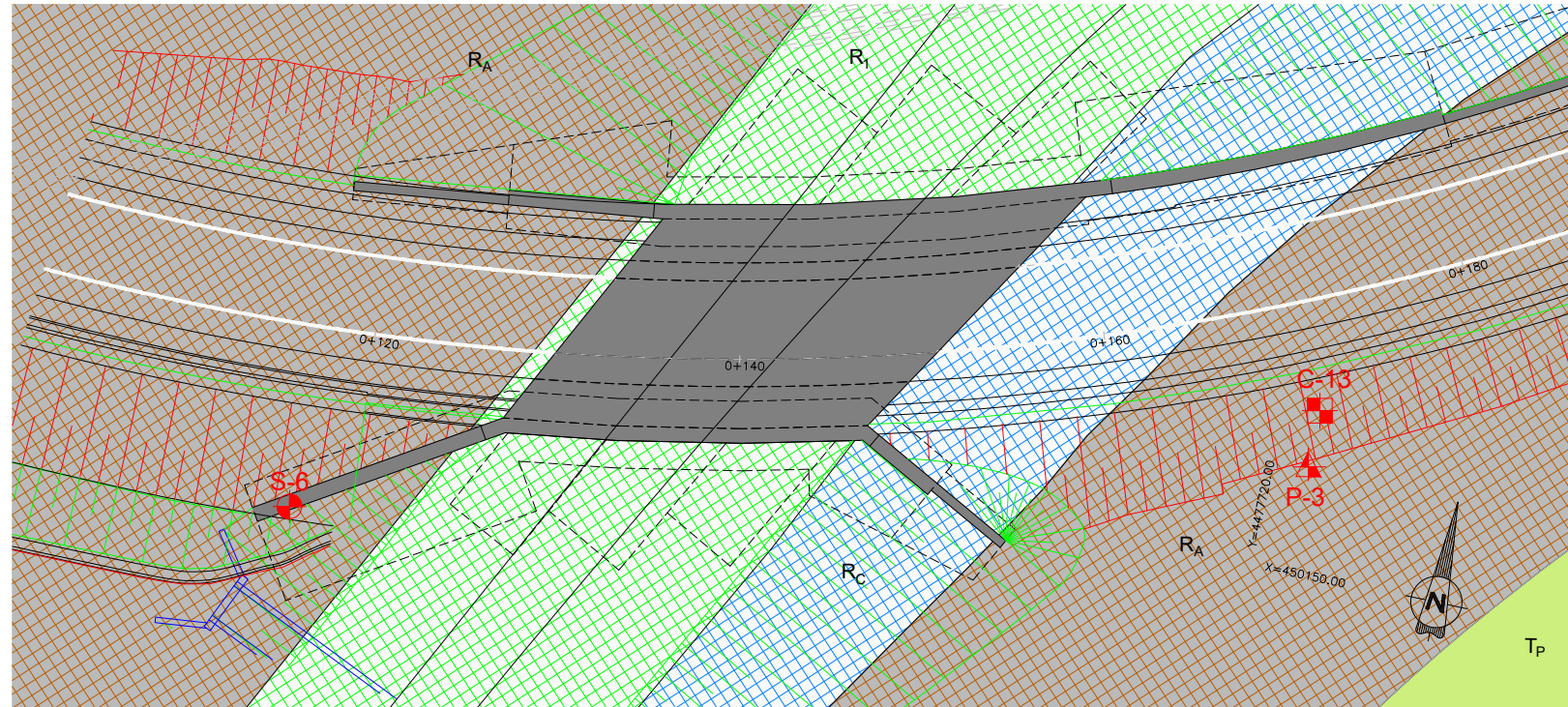
INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS REALIZADAS PROYECTO DE TRAZADO AUTOVÍA DEL NORESTE (A-2). REMODELACIÓN DEL NUDO EISENHOWER

- S-1 Sondeo ejecutado
- C-1 Calicata ejecutada
- P-1 Penetrómetro ejecutado

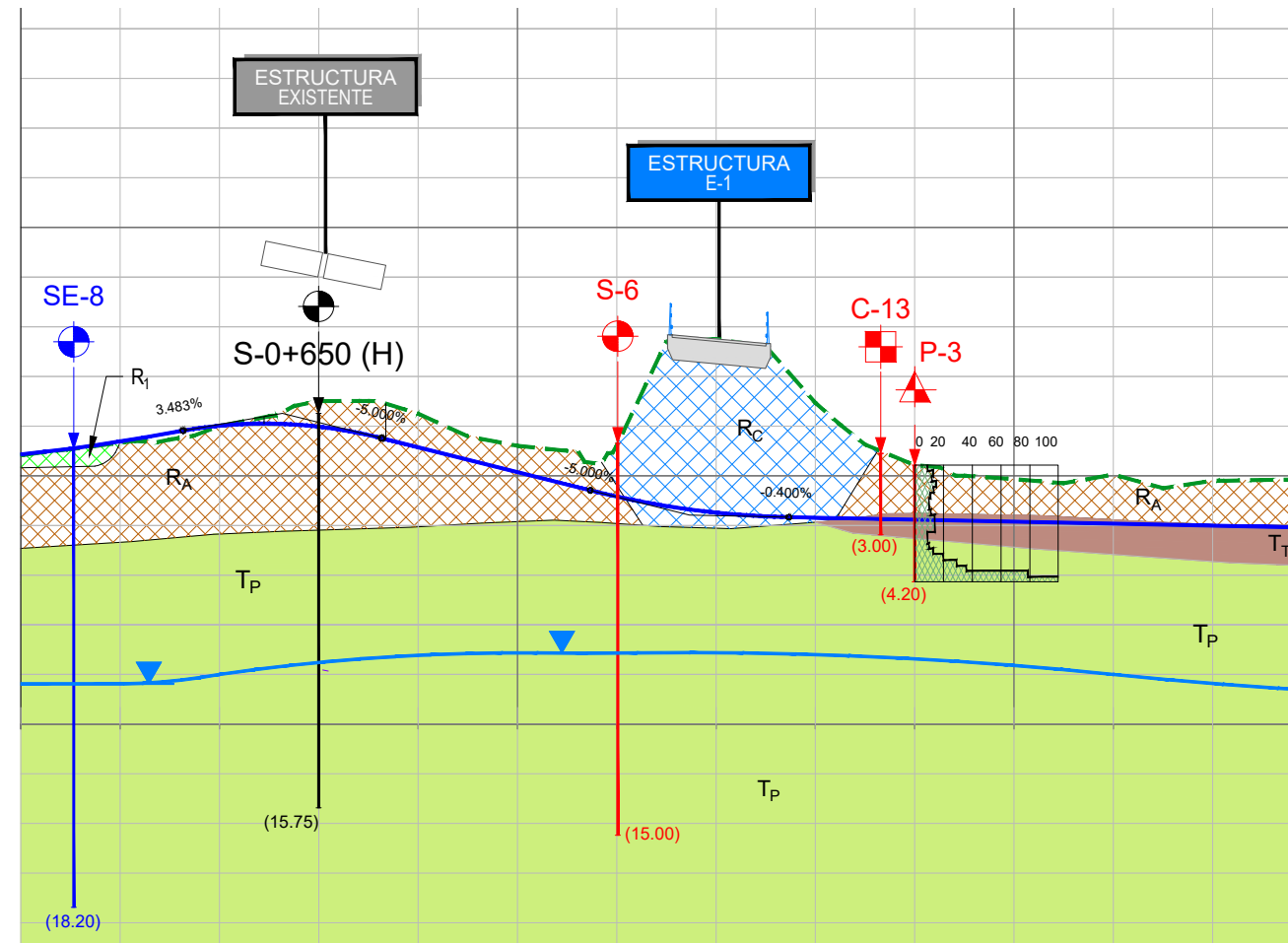


0-LEYENDA.dwg

PLANO 1. PLANTA Y PERFILES GEOLÓGICO GEOTÉCNICO. ESTRUCTURA E-1. EJE 21



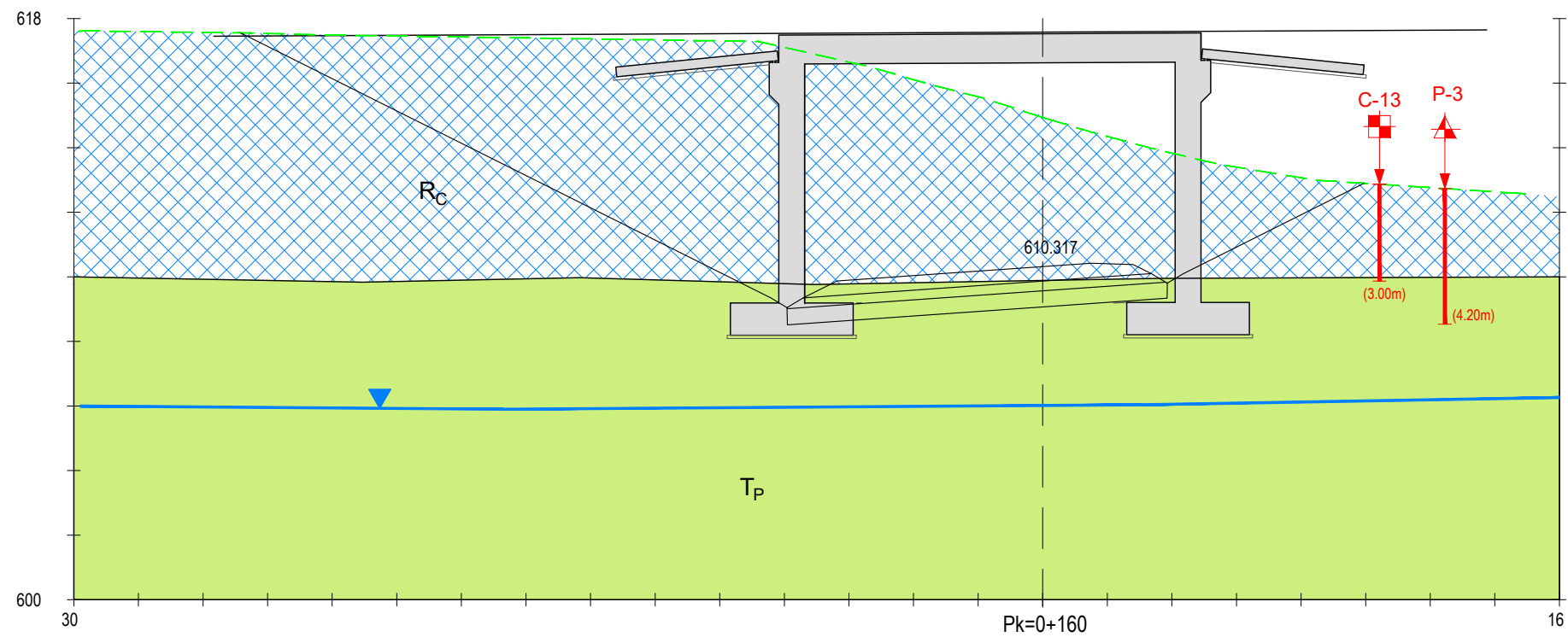
PLANTA
ESCALA 1:200



PERFIL LONGITUDINAL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
ESCALA 1:750

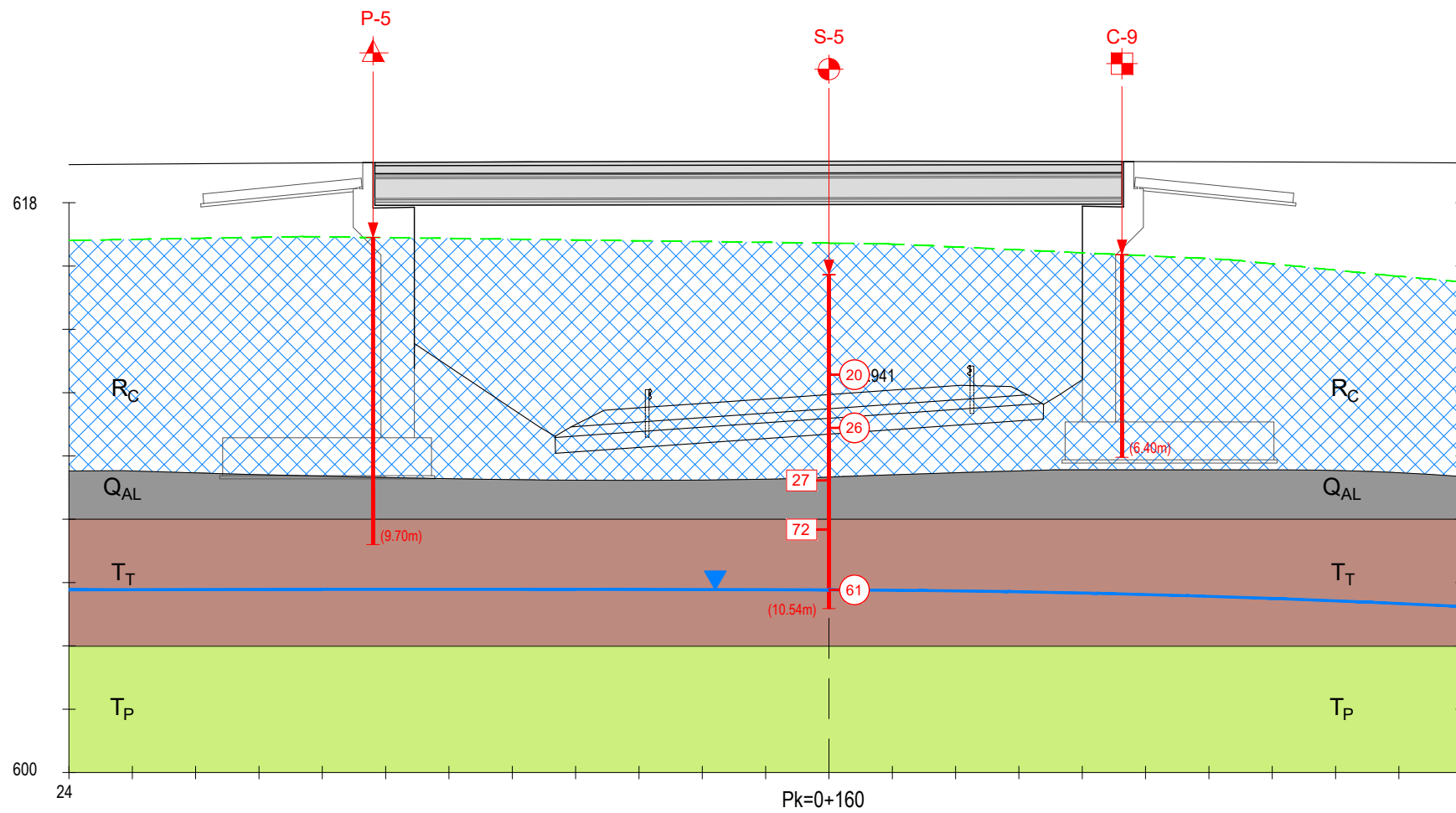
1_E1-H01-PLANTA-LONGITUDINAL.dwg

1_E1-H02-PERFIL_TRANSVERSA.dwg



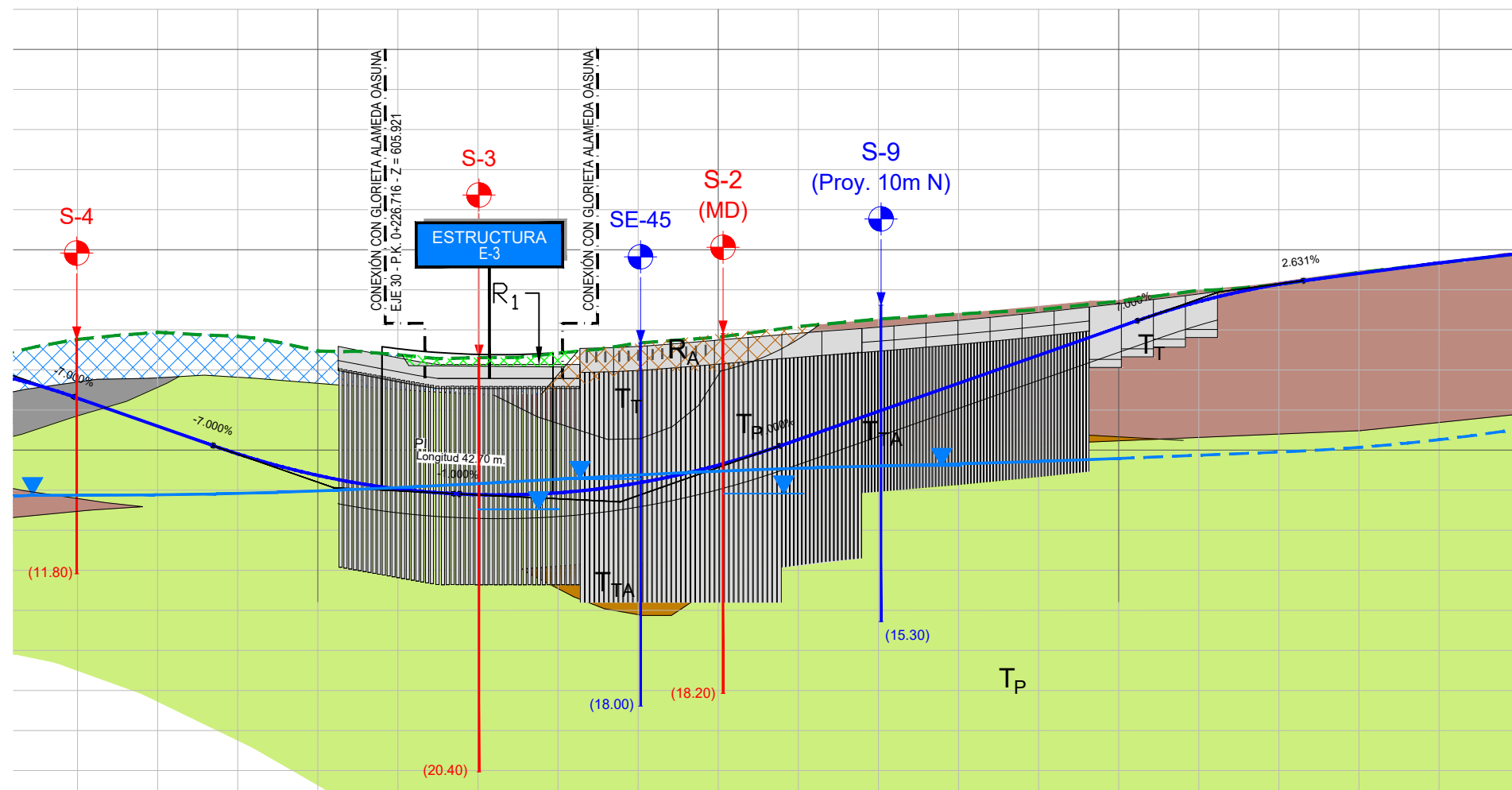
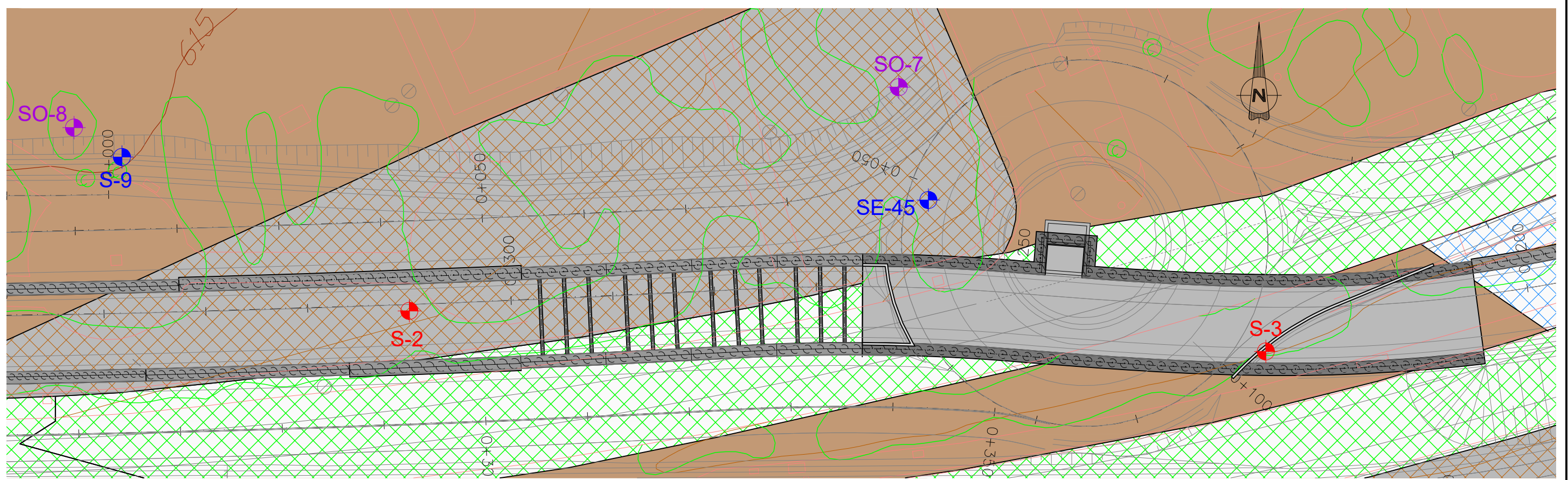
PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO TRANSVERSAL
ESCALA 1:100

PLANO 2. PLANTA Y PERFILES GEOLÓGICO GEOTÉCNICO. ESTRUCTURA E-2. EJE 12

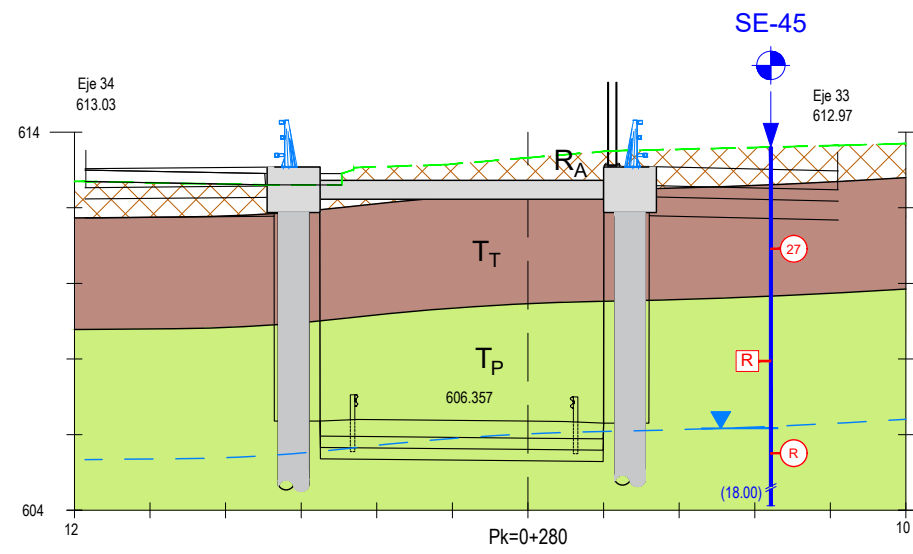


PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO TRANSVERSAL
ESCALA 1:100

PLANO 3. PLANTA Y PERFILES GEOLÓGICO GEOTÉCNICO. ESTRUCTURA E-3. EJE 35

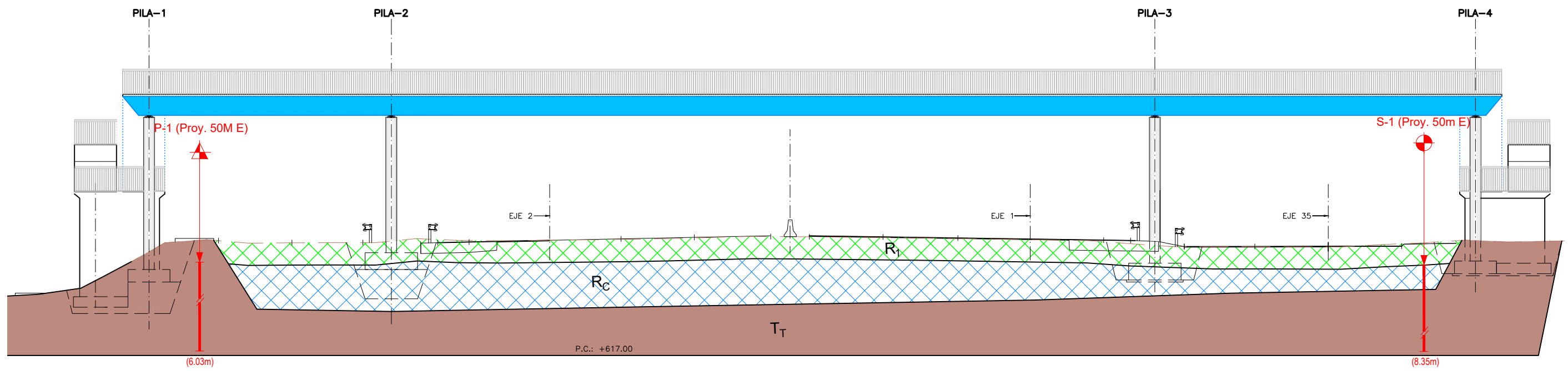


3_E3-H01-PLANTA-LONGITUDINAL.dwg

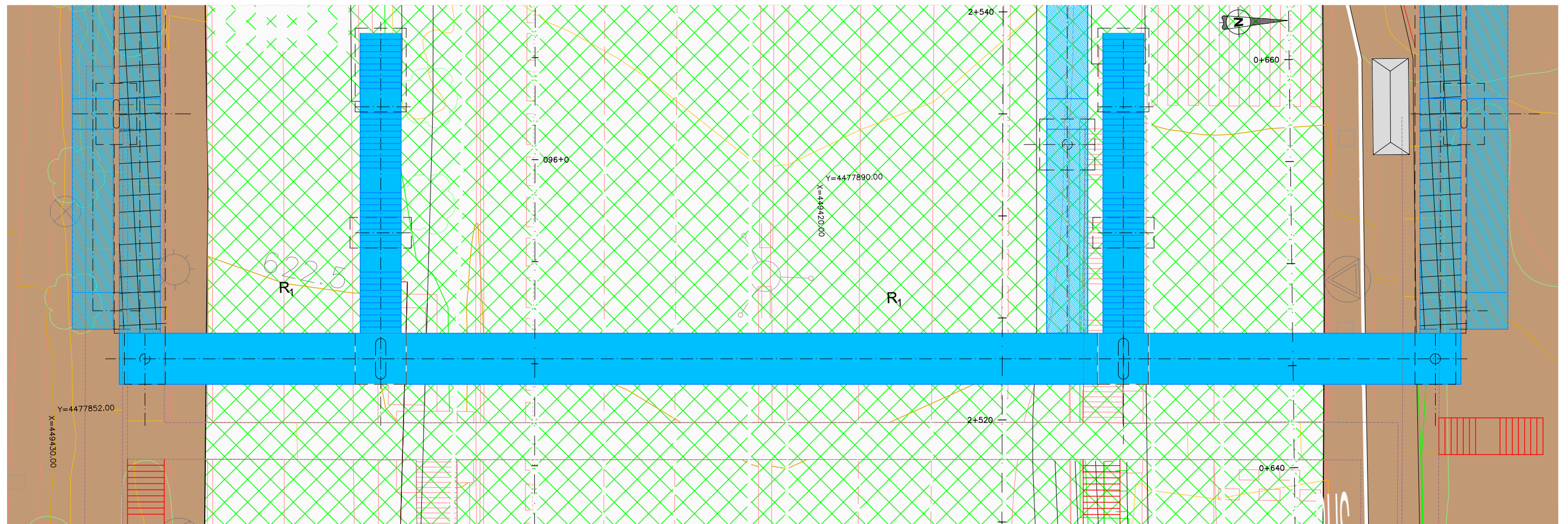


PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO TRANSVERSAL
ESCALA 1:100

PLANO 4. PLANTA Y PERFILES GEOLÓGICO GEOTÉCNICO. PASARELA PEATONAL



PERFIL LONGITUDINAL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
ESCALA 1:100



PASARELA. PLANTA
ESCALA 1:100

4_PASARELA PEATONAL.dwg

APÉNDICE 1. CÁLCULOS GEOTÉCNICOS

ESTRUCTURA E-1. ZAPATAS CORRIDAS APOYANDO SOBRE Tp
CARGA DE HUNDIMIENTO POR BRICH HANSEN GENERAL CORTO PLAZO

$$Q_h = 5,14 \times S_c \times d_c \times i_c \times C_u + 1,00 \times S_q \times d_q \times i_q \times q$$

Datos del Terreno de Cimentación	
Resistencia al corte sin drenaje (t/m^2)	32
Densidad (gr/cm^3)	1,7

Nc	5,14
Nq	1,00

Datos de la Zapata	
Ancho (m)	8
Largo (m)	10
Profundidad de cimentación	1

Coeficientes de Forma	
Sc	1,16
Sq	1,00

Coeficientes de Profundidad	
dc	1,00
dq	1,00

Carga Excéntrica	
Ancho Ficticio (m)	8
Excentricidad	0

Coeficientes de Inclinación	
ic	1,00
iq	1,00

Terreno por encima del plano de cimentación:

Estrato	Espesor (m)	Densidad (t/m^3)	q (t/m^2)
Estrato 1	1	1,8	1,8
Estrato 2			0
Estrato 3			0
Estrato 4			0
q Total			1,8

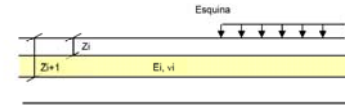
$$Q_h = 192,6 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{adm} (F=3) = 65,4 \text{ t/m}^2$$

CÁLCULO DE ASIENTOS. MÉTODO DE STEINBRENNER

ASIENTOS BAJO LA CIMENTACIÓN

Título: E-1



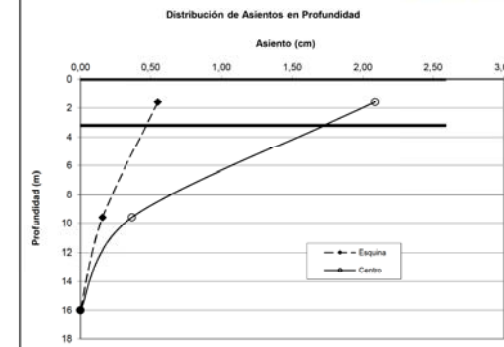
$$\text{Acorchamiento del Estrato } i\text{-ésimo} : i = S(z_i) - S_{i+1}(z_{i+1})$$

Ancho de la Zapata (m)	8
Largo de la Zapata (m)	10
Carga Aplicada (t/m^2)	50

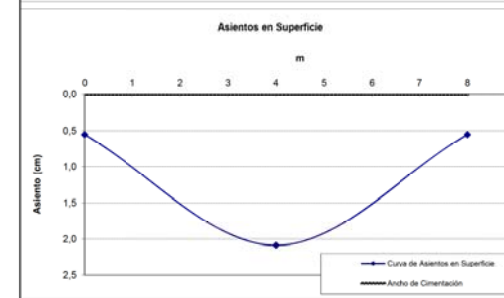
Estratigrafía de Cálculo

En el caso de Estrato Indefornable, poner en el módulo de deformación i

Profundidad (m)		Descripción del Terreno	Módulo de Deformación (t/m^2)	Coeficiente de Poisson	Acorchamiento del Estrato (esquina)(cm)	Acorchamiento del Estrato (centro)(cm)
Desde	Hasta					
0,00	3,20	Tp algo alterada	6400	0,30	0,0039573	0,017172276
3,20	16,00	Tp poco alterada	61500	0,30	0,001569234	0,003683878
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
Asiento Total (cm)					0,6	2,1
Asientos Cimentación Rígida					0,4	1,7



Asiento Acumulado (cm)	
Esquina	Centro
0,55	2,09
0,16	0,37
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00



ESTRUCTURA E-2. EISENHOWER. ESTRIBOS APOYANDO PREDOMINANTEMENTE EN Q AL
CARGA DE HUNDIMIENTO POR BRICH HANSEN GENERAL CORTO PLAZO

$$Qh = 5,14 \times Sc \times dc \times ic \times Cu + 1,00 \times Sq \times dq \times iq \times q$$

Datos del Terreno de Cimentación	
Resistencia al corte sin drenaje (t/m^2)	10,8
Densidad (gr/cm^3)	1,7

Nc	5,14
Nq	1,00

Datos de la Zapata	
Ancho (m)	7,5
Largo (m)	16
Profundidad de cimentación	1,5

Coeficientes de Forma	
Sc	1,09
Sq	1,00

Coeficientes de Profundidad	
dc	1,00
dq	1,00

Carga Excéntrica	
Ancho Ficticio (m)	7,5
Excentricidad	0

Coeficientes de Inclinación	
ic	1,00
iq	1,00

Terreno por encima del plano de cimentación:

Estrato	Espesor (m)	Densidad (t/m^3)	q (t/m^2)
Estrato 1	1,5	1,7	2,55
Estrato 2			0
Estrato 3			0
Estrato 4			0
q Total			2,55

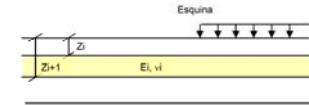
$$Qh = 63,3 \text{ t/m}^2$$

$$Qadm (F=3) = 22,8 \text{ t/m}^2$$

CÁLCULO DE ASIENTOS. MÉTODO DE STEINBRENNER

ASIENTOS BAJO LA CIMENTACIÓN

Título: Estructura E-2. Estribos apoyando a la cota 609,9



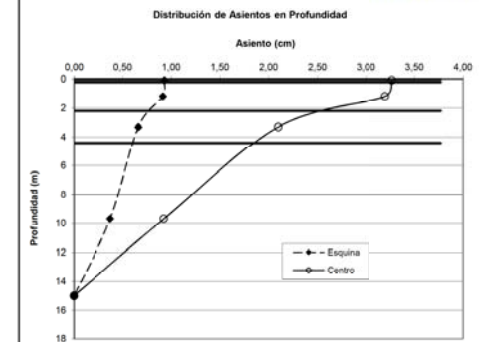
Acorchamiento del Estrato i-ésimo : $i = S_i(z_i) - S_{i+1}(z_{i+1})$

Ancho de la Zapata (m)	7,5
Largo de la Zapata (m)	16
Carga Aplicada (t/m^2)	22,5

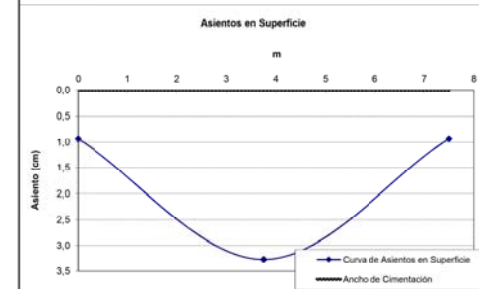
Estratigrafía de Cálculo

En el caso de Estrato Indeformable, poner en el módulo de deformación i

Profundidad (m)		Descripción del Terreno	Módulo de Deformación (t/m)	Coeficiente de Poisson	Acorchamiento del Estrato (esquina)(cm)	Acorchamiento del Estrato (centro) (cm)
Desde	Hasta					
0,00	0,20	Relleno estructural	3500	0,30	0,000169492	0,000687337
0,20	2,20	Qal	2700	0,30	0,002511725	0,011025786
2,20	4,40	TT y Tp muy alterado	3000	0,30	0,002904257	0,011732467
4,40	15,00	TT y Tp algo alterado	10000	0,30	0,00373725	0,009251056
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
Asiento Total (cm)					0,9	3,3
Asientos Cimentación Rígida					0,7	2,6



Asiento Acumulado (cm)	
Esquina	Centro
0,93	3,27
0,92	3,20
0,66	2,10
0,37	0,93
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00



ESTRUCTURA E-2. EISENHOWER. ALETAS APOYANDO SOBRE Rc

CARGA DE HUNDIMIENTO POR BRICH HANSEN GENERAL LARGO PLAZO

$$Qh = c \times Nc \times Sc \times dc \times ic + q \times Nq \times Sq \times dq \times iq + \frac{1}{2} \times \gamma \times B \times S\gamma \times d\gamma \times i\gamma$$

Qh = 183,26 t/m²
Qadm = 61,09 t/m²

F=3

Datos del Terreno de Cimentación	
Cohesión (t/m ²)	1
Ángulo de Rozamiento (°)	33
Densidad (gr/cm ³)	2

Nc	38,64
Nq	26,09
Ng	24,44

Datos de la Zapata	
Ancho (m)	5
Largo (m)	7
Profundidad de cimentación	0,6

Coeficientes de Forma	
Sc	1,49
Sq	1,46
Sg	0,67

Solicitaciones Exteriores	
Carga Vertical (t)	0
Carga Horizontal (t)	0
Momento Flector (t.m)	0

Coeficientes de Profundidad	
dc	1,03
dq	1,03
dg	1,00

Carga Excéntrica	
Ancho Ficticio (m)	5
Excentricidad	0

Coeficientes de Inclinación	
ic	1,00
iq	1,00
ig	1,00

Terreno por encima del plano de cimentación:

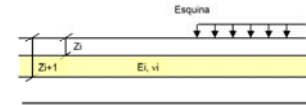
Estrato	Espesor (m)	Densidad (t/m ³)	q (t/m ²)
Estrato 1	0,6	1,8	1,08
Estrato 2			0
Estrato 3			0
Estrato 4			0
q Total			1,08

Steinbrenner

CÁLCULO DE ASIENTOS. MÉTODO DE STEINBRENNER

ASIENTOS BAJO LA CIMENTACIÓN

Título: Estructura E-2. Aletas relleno estructural apoyando a la cota 614,75



Acostamiento del Estrato i-ésimo : $i = S_i(z_i) - S_{i+1}(z_{i+1})$

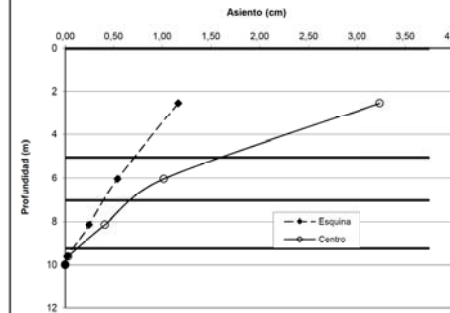
Ancho de la Zapata (m)	5
Largo de la Zapata (m)	7
Carga Aplicada (t/m ²)	25

Estratigrafía de Cálculo

En el caso de Estrato Indeformable, poner en el módulo de deformación i

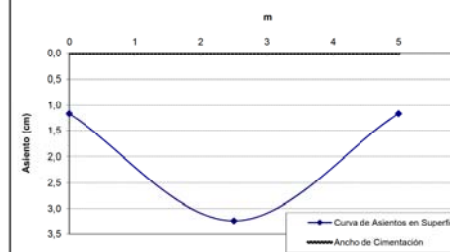
Profundidad (m)		Descripción del Terreno	Módulo de Deformación (t/m ²)	Coeficiente de Poisson	Acostamiento del Estrato (esquina)(cm)	Acostamiento del Estrato (centro) (cm)
Desde	Hasta					
0,00	5,05	Relleno estructural	3500	0,30	0,006219215	0,022214259
5,05	7,05	Qal	2700	0,30	0,002921079	0,006027424
7,05	9,25	TT y Tp muy alterado	3000	0,30	0,002321551	0,00385175
9,25	10,00	TT y Tp algo alterado	10000	0,30	0,000200203	0,000297232
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
Asiento Total (cm)					1,2	3,2
Asientos Cimentación Rígida					0,9	2,6

Distribución de Asientos en Profundidad



Asiento Acumulado (cm)	
Esquina	Centro
1,17	3,24
0,54	1,02
0,25	0,41
0,02	0,03
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00

Asientos en Superficie



ESTRUCTURA E-3. EISENHOWER. ALETAS APOYANDO EN Tp MUY ALTERADA

CARGA DE HUNDIMIENTO POR BRICH HANSEN GENERAL CORTO PLAZO

$$Qh = 5,14 \times Sc \times dc \times ic \times Cu + 1,00 \times Sq \times dq \times iq \times q$$

Datos del Terreno de Cimentación	
Resistencia al corte sin drenaje (t/m^2)	25
Densidad (gr/cm^3)	1,9

Nc	5,14
Nq	1,00

Datos de la Zapata	
Ancho (m)	3,5
Largo (m)	7
Profundidad de cimentación	1

Coeficientes de Forma	
Sc	1,10
Sq	1,00

Coeficientes de Profundidad	
dc	1,00
dq	1,00

Carga Excéntrica	
Ancho Ficticio (m)	3,5
Excentricidad	0

Coeficientes de Inclinación	
ic	1,00
iq	1,00

Terreno por encima del plano de cimentación:

Estrato	Espesor (m)	Densidad (t/m^3)	q (t/m^2)
Estrato 1	1	1,8	1,8
Estrato 2			0
Estrato 3			0
Estrato 4			0
q Total			1,8

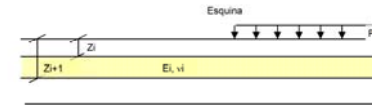
$$Qh = 143,2 \text{ t/m}^2$$

$$Qadm (F=3) = 49 \text{ t/m}^2$$

CÁLCULO DE ASIENTOS. MÉTODO DE STEINBRENNER

ASIENTOS BAJO LA CIMENTACIÓN

Título: Estructura E-3. Aletas

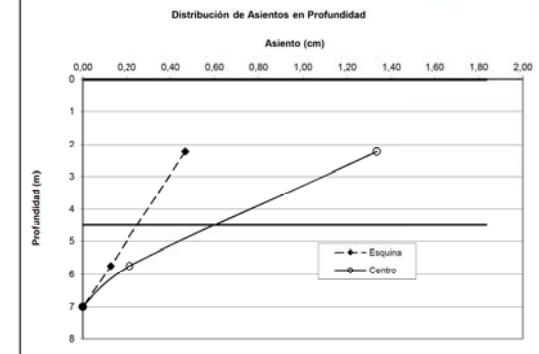
Acartamiento del Estrato i-ésimo : $i = S_i(z_i) - S_{i+1}(z_{i+1})$

Ancho de la Zapata (m)	3,5
Largo de la Zapata (m)	5
Carga Aplicada (t/m^2)	40

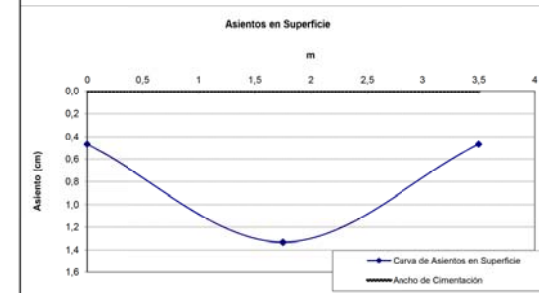
Estratigrafía de Cálculo

En el caso de Estrato Indeformable, poner en el módulo de deformación i

Profundidad (m)		Descripción del Terreno	Módulo de Deformación (kg/cm^2)	Coeficiente de Poisson	Acartamiento del Estrato (esquina)(cm)	Acartamiento del Estrato (centro) (cm)
Desde	Hasta					
0,00	4,50	Peñuelas muy alteradas (Tp)	9000	0,30	0,003406122	0,011202031
4,50	7,00	Peñuelas algo alteradas (Tp)	10000	0,30	0,001269389	0,002140665
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
Asiento Total (cm)					0,5	1,3
Asientos Cimentación Rígida					0,4	1,1



Asiento Acumulado (cm)	
Esquina	Centro
0,47	1,33
0,13	0,21
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00



NUEVA PASARELA PEATONAL. LADO NORTE (S-1). APOYANDO SOBRE T₁
CARGA DE HUNDIMIENTO POR BRICH HANSEN GENERAL CORTO PLAZO

$$Qh = 5,14 \times Sc \times dc \times ic \times Cu + 1,00 \times Sq \times dq \times iq \times q$$

Datos del Terreno de Cimentación	
Resistencia al corte sin drenaje (t/m ²)	21
Densidad (gr/cm ³)	1,9

Nc	5,14
Nq	1,00

Datos de la Zapata	
Ancho (m)	4
Largo (m)	4
Profundidad de cimentación	1,5

Coeficientes de Forma	
Sc	1,20
Sq	1,00

Coeficientes de Profundidad	
dc	1,00
dq	1,00

Carga Excéntrica	
Ancho Ficticio (m)	4
Excentricidad	0

Coeficientes de Inclinación	
ic	1,00
iq	1,00

Terreno por encima del plano de cimentación:

Estrato	Espesor (m)	Densidad (t/m ³)	q (t/m ²)
Estrato 1	1,5	1,8	2,7
Estrato 2			0
Estrato 3			0
Estrato 4			0
q Total			2,7

Qh =	132,2 t/m ²
Qadm (F=3) =	45,9 t/m²

CÁLCULO DE ASIENTOS. MÉTODO DE STEINBRENNER
ASIENTOS BAJO LA CIMENTACIÓN
 Título: Pasarela, Lado Norte



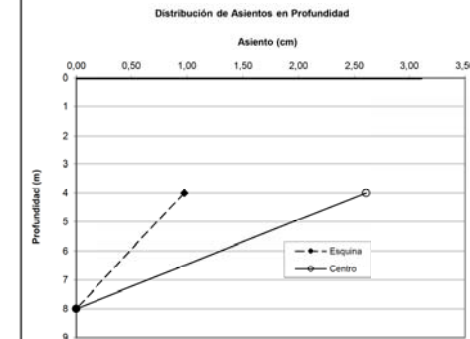
Acostamiento del Estrato i-ésimo : $i = S_i(z_i) - S_{i+1}(z_{i+1})$

Ancho de la Zapata (m)	4
Largo de la Zapata (m)	4
Carga Aplicada (t/m ²)	35

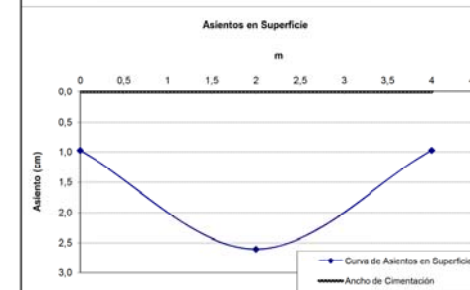
Estratigrafía de Cálculo

En el caso de Estrato Indeformable, poner en el módulo de deformación i

Profundidad (m)		Descripción del Terreno	Módulo de Deformación (t/m ²)	Coeficiente de Poisson	Acostamiento del Estrato (esquina)(cm)	Acostamiento del Estrato (centro) (cm)
Desde	Hasta					
0,00	8,00	Tosco 2 (T ₁₂)	4200	0,30	0,009759621	0,026061384
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
Asiento Total (cm)					1,0	2,6
Asientos Cimentación Rígida					0,8	2,1



Asiento Acumulado (cm)	
Esquina	Centro
0,98	2,61
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00



NUEVA PASARELA PEATONAL. LADO SUR (P-1). APOYANDO SOBRE SOBRE T_I
 CARGA DE HUNDIMIENTO POR BRICH HANSEN GENERAL CORTO PLAZO

$$Qh = 5,14 \times Sc \times dc \times ic \times Cu + 1,00 \times Sq \times dq \times iq \times q$$

Datos del Terreno de Cimentación	
Resistencia al corte sin drenaje (t/m ²)	19
Densidad (gr/cm ³)	1,9

Nc	5,14
Nq	1,00

Datos de la Zapata	
Ancho (m)	4
Largo (m)	4
Profundidad de cimentación	2,6

Coeficientes de Forma	
Sc	1,20
Sq	1,00

Coeficientes de Profundidad	
dc	1,00
dq	1,00

Carga Excéntrica	
Ancho Ficticio (m)	4
Excentricidad	0

Coeficientes de Inclinación	
ic	1,00
iq	1,00

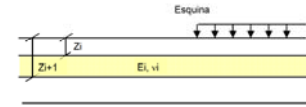
Terreno por encima del plano de cimentación:

Estrato	Espesor (m)	Densidad (t/m ³)	q (t/m ²)
Estrato 1	2,6	1,8	4,68
Estrato 2			0
Estrato 3			0
Estrato 4			0
q Total			4,68

Qh =	121,9 t/m ²
Qadm (F=3) =	43,7 t/m²

Steinbrenner

CÁLCULO DE ASIENTOS. MÉTODO DE STEINBRENNER
 ASIENTOS BAJO LA CIMENTACIÓN
 Título: Pasarela, Lado Sur



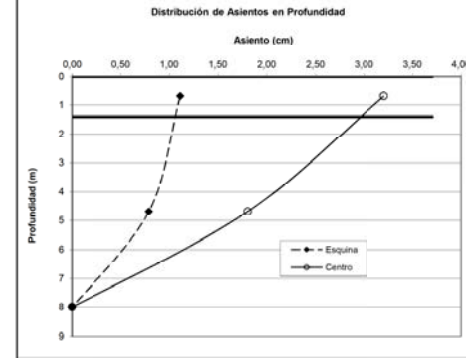
Acorreamiento del Estrato i-ésimo : $i = S_i(z_i) - S_{i+1}(z_{i+1})$

Ancho de la Zapata (m)	4
Largo de la Zapata (m)	4
Carga Aplicada (t/m ²)	35

Estratigrafía de Cálculo

En el caso de Estrato Indeformable, poner en el módulo de deformación i

Profundidad (m)		Descripción del Terreno	Módulo de Deformación (t/m ²)	Coeficiente de Poisson	Acorreamiento del Estrato (esquina)(cm)	Acorreamiento del Estrato (centro) (cm)
Desde	Hasta					
0,00	1,40	Tosco 1 (T ₁)	2400	0,30	0,00321796	0,014013164
1,40	8,00	Tosco 2 (T ₂)	4200	0,30	0,007920787	0,018053862
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
Asiento Total (cm)					1,1	3,2
Asientos Cimentación Rígida					0,9	2,6



Asiento Acumulado (cm)	
Esquina	Centro
1,11	3,21
0,79	1,81
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00

