



**INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL
PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE
SANEAMIENTO DEL PARQUE DE ACTIVIDADES
ECONÓMICAS DE ARTEIXO**

Nº REFERENCIA: EG-4040

Peticionario: AUGAS DE GALICIA
Fecha: Junio de 2018



ÍNDICE

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.	TRABAJOS REALIZADOS.....	3
2.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE OTROS ESTUDIOS.....	3
2.2	RECORRIDO DE CAMPO Y TOMA DE DATOS.....	4
3.	MARCO GEOLÓGICO.....	4
4.	SISMICIDAD.....	5
5.	ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES TRAMOS DEL PROYECTO.....	6
5.1	TRAMOS C1 CONEXIÓN CON POLIGONO EXISTENTE Y C2 CONEXIÓN GRAN CONSUMIDOR POLIGONO EXISTENTE.....	6
5.2	AMPLIACIÓN DE LA EBAR DE SABÓN.....	9
6.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	31

ANEJOS

ANEJO I.	PLANTA DE SITUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
ANEJO II.	SONDEOS S-9, S-6 Y S-8 (ESTUDIO ACCESO FERROVIARIO AL P.E. DE A CORUÑA)
ANEJO III.	CUADROS GEOTÉCNICOS
ANEJO IV.	COPIA INFORMES GEOTÉCNICOS
IV.1	Estudio geológico geotécnico para el proyecto: “estudio y planificación del sistema de saneamiento del área de A Coruña”. saneamiento del municipio de Arteixo.
IV.2	Anejo de geología y geotecnia proyecto sectorial de un parque empresarial en Arteijo (A Coruña)
IV.3	Estudio geológico-geotécnico para el proyecto de renovación del colector interceptor de Sabón . Concello de Arteixo (A Coruña)

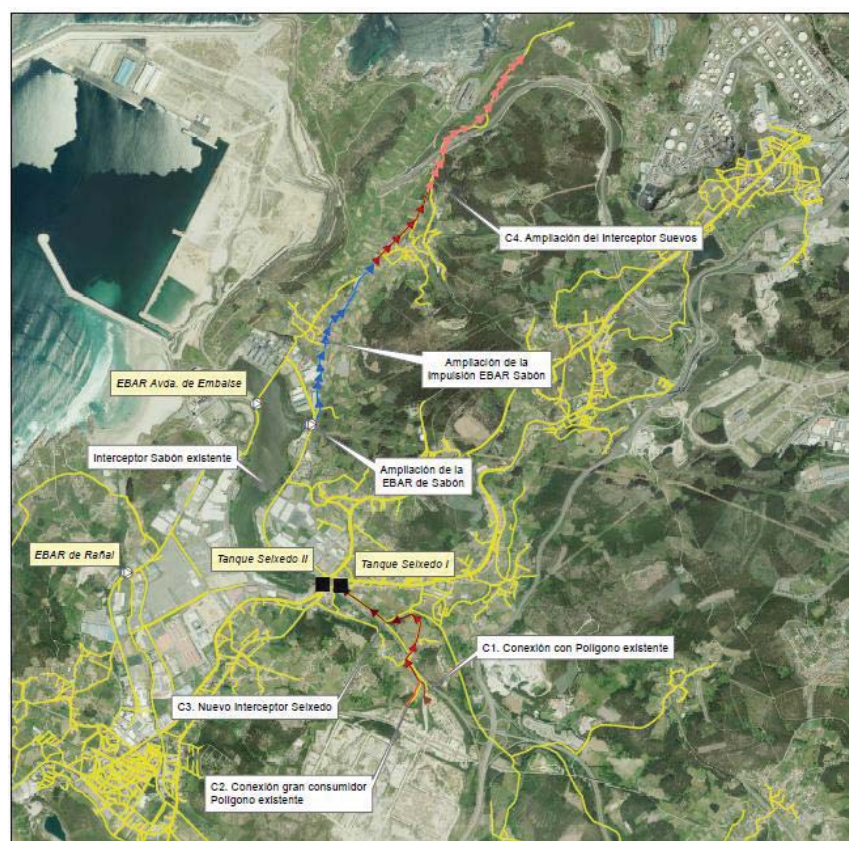


INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO

N/REFERENCIA: EG-4040

1. INTRODUCCIÓN

Por encargo de Xestur A Coruña, Eptisa, Servicios de Ingeniería, S.L. ha redactado el presente documento como anejo del proyecto denominado: Proyecto de conexión exterior de saneamiento del Parque de actividades económicas de Arteixo.



Tramos objeto del estudio

El estudio tiene por objetivo lo siguiente:

- Poner de manifiesto las diferentes litologías existentes en todo el recorrido, naturaleza, potencia y características geotécnicas
- Determinar la posición general del nivel o niveles freáticos

- Establecer las condiciones de cimentación para la ampliación de la EBAR de Sabón: tensión admisible del nivel de cimentación y análisis de empujes del terreno.
- Evaluación de la ripabilidad del terreno a excavar.

2. TRABAJOS REALIZADOS

2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE OTROS ESTUDIOS

Previamente a los trabajos de campo, se ha realizado una incursión a través de diferentes medios para recopilar toda la información publicada sobre la zona objeto de estudio. Entre la información recogida cabe citar los siguientes anejos de proyectos y estudios geológico-geotécnicos:

- Estudio geotécnico para el proyecto: Estudio y planificación del sistema de saneamiento del área de A Coruña. Saneamiento del municipio de Arteixo. Realizado para *Augas de Galicia* por la empresa EGA a petición de IMR. Año 2002. (Se incluye en Anejo IV.1).
- Estudio geotécnico para el proyecto: Proyecto Sectorial de un Parque empresarial en Arteixo (A Coruña). Realizado por CGG para CIISA a petición de Xestur Coruña. Año 2003 (Se incluye en Anejo IV.2)
- Estudio geotécnico para el proyecto: Renovación del colector interceptor de Sabón. Realizado para Augas de Galicia por Applus a petición de Novotec. Año 2018 (Se incluye en Anejo IV.3)
- Estudio Geológico-Geotécnico para el Estudio Informativo del Acceso Ferroviario al Puerto Exterior de A Coruña en Punta Langosteira. Realizado por la UTE conformada por las empresas Vorsevi, Ensaya, Cepasa e In situ testing. Año 2012. (Se incluyen columnas de sondeos en el Anejo II).

En estos estudios existe información tanto geológica como geotécnica en base a diferentes investigaciones de campo (sondeos, calcatas y penetraciones dinámicas), así como ensayos realizados en laboratorio, lo que permite tener un conocimiento bastante amplio de la zona de proyecto.

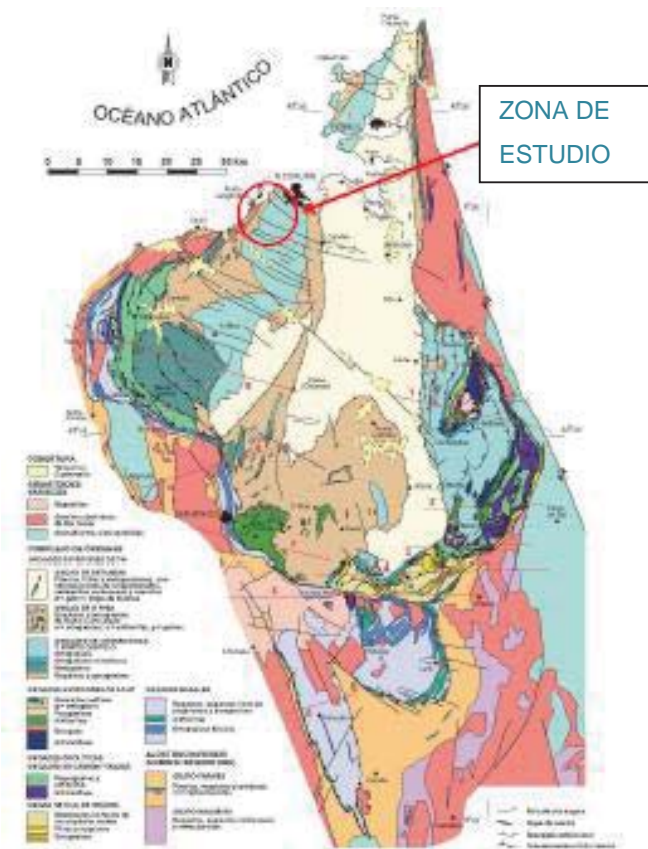


2.2 RECORRIDO DE CAMPO Y TOMA DE DATOS

Con el fin de comprobar la correspondencia existente entre los datos reflejados en los anteriores estudios con el nuevo trazado del saneamiento a proyectar, un técnico especialista en ingeniería del terreno realizó un recorrido geológico-geotécnico por todo el trazado realizando las correspondientes testificaciones de los afloramientos y desmontes que existen a lo largo del mismo.

3. MARCO GEOLÓGICO

El área de estudio se localiza al sur-suroeste de la localidad de A Coruña, en la provincia del mismo nombre. Dentro del marco geológico regional, se sitúa dentro de la zona IV Galicia Media-Tras Os Montes, definida por Matte (1968), concretamente se sitúa en el dominio Oeste, caracterizado por la presencia de rocas sedimentarias y rocas básicas, ambas metamorizadas.



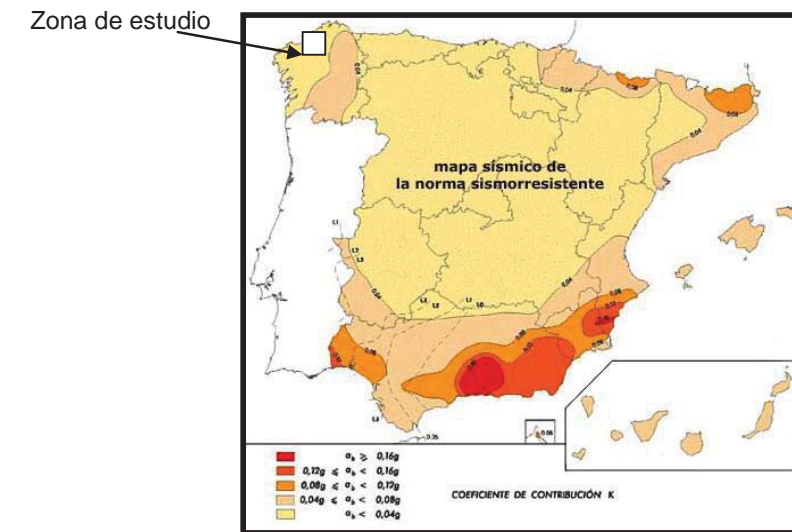
Mapa geológico del Complejo de Órdenes. Versión adaptada y modificada de Arenas et al. (2000) y Martínez Catalán et al. (2002)

El área de estudio se encuadra dentro de las hojas del Plan Magna Nº 21 “La Coruña” y la nº 45 “Betanzos”, a escala 1:50.000. Se localiza al noroeste del mapa, donde se diferencian dos dominios litológicos. Hacia el este, aparecen unos granitos emplazados en diferentes fases de la orogenia hercínica y hacia el oeste, se encuentran rocas metamórficas de sedimentación posiblemente antepaleozoica, de metamorfismo posiblemente hercínico, en la que se intruyen granitos prefase y sinfase.

Más concretamente, en la zona de proyecto, el sustrato rocoso lo constituyen en su mayor parte, esquistos y paragneises con cierto grado de alteración. Hacia el sur aparece la roca intrusiva granítica precoz, también con cierto grado de alteración. La alteración llega hasta un grado VI en superficie, generando suelos eluviales de espesor considerable en relación con el tipo de proyecto del que se trata. Estos suelos a su vez se encuentran tapizados por una capa de tierra vegetal en gran parte de la zona.

4. SISMICIDAD

La Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), tiene por objeto proporcionar los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que sea aplicable.



Según esta norma las edificaciones consideradas se clasifican como de normal importancia.

A partir del mapa de peligrosidad sísmica del territorio nacional, se determina un valor de la aceleración sísmica básica (a_b) menor de 0,04 g.



Esta norma no es de obligada aplicación en edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica (a_b) sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración.

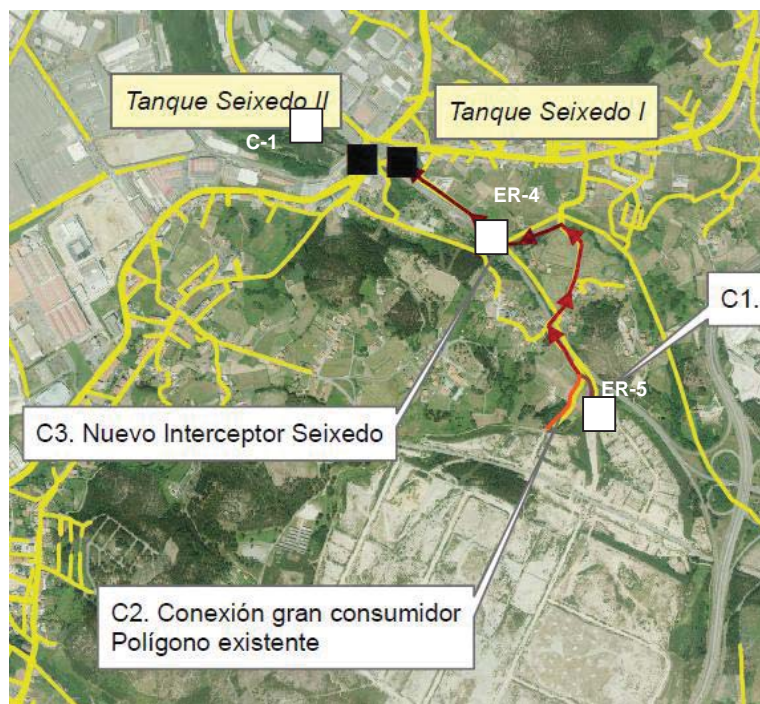
5. ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES TRAMOS DEL PROYECTO

En los siguientes apartados se lleva a cabo una descripción de las características geotécnicas de los materiales, así como una estimación de los espesores de las diferentes unidades litológicas que se encuentran representadas en la zona, de acuerdo con las profundidades de excavación previstas.

5.1 TRAMOS C1 CONEXIÓN CON POLIGONO EXISTENTE Y C2 CONEXIÓN GRAN CONSUMIDOR POLIGONO EXISTENTE

5.1.1 Descripción de los materiales

En la fotografía adjunta se refleja el trazado previsto para la conexión del Polígono de Morás con el Tanque Seixedo I. También se señalan las tres calicatas realizadas en dos de los estudios citados en el apartado 2.1. Los resultados de dichas calicatas sirven para describir los materiales que se encontrarán en los trabajos de apertura de zanjas para la instalación de la conducción.



Calicatas realizadas en los estudios geotécnicos de otros proyectos

Las calicatas con denominación –ER- fueron realizadas para el Proyecto Sectorial del Parque empresarial en Arteixo (A Coruña) y la calicata con denominación –C- fue realizada para el proyecto de renovación del colector interceptor de Sabón.

Las dos calicatas más representativas de este trayecto son las denominadas ER-4 y ER-5. En estas dos calicatas se pone de relieve la existencia de una cobertera vegetal de espesor inferior al metro (0,2 a 0,8 m). Se trata de un suelo limo-arenoso, de coloración oscura debido al elevado contenido en materia orgánica. No apto para cimentación.

Infrayacentemente se encuentra un nivel eluvial constituido por una arena limosa de color marrón y beige. Su compacidad es, en general, baja, aumentando con la profundidad. Su espesor medio es de 2 m, aproximadamente. Dependiendo de las cargas transmitidas puede servir de apoyo, aunque requerirá una comprobación en obra, debido a que puede variar dicha compacidad en función de su grado de alteración, aunque la misma suele aumentar con la profundidad.

En el siguiente reportaje fotográfico se pueden ver diferentes detalles de los materiales aflorantes en este tramo del proyecto, realizado durante el reconocimiento superficial del área, en el que se pueden ver afloramientos granodioríticos poco alterados (II-III) según clasificación que se adjunta en el Anejo III.



Foto 1.- Talud de la AC-551 excavado en roca



Foto 2.- Afloramiento rocoso granodiorítico poco alterado (II-III)

En la fotografía aérea adjunta en el apartado 5.13, se indican los puntos a los que corresponden las fotografías anteriores. Además, se incluye un punto 1, para indicar el conocimiento que Eptisa tiene sobre los materiales de esta zona, relacionado con la construcción de la denominada Glorieta de Arteixo. La cimentación fue necesaria micropilotarla, lo que demuestra que los materiales aflorantes tienen una compacidad floja.



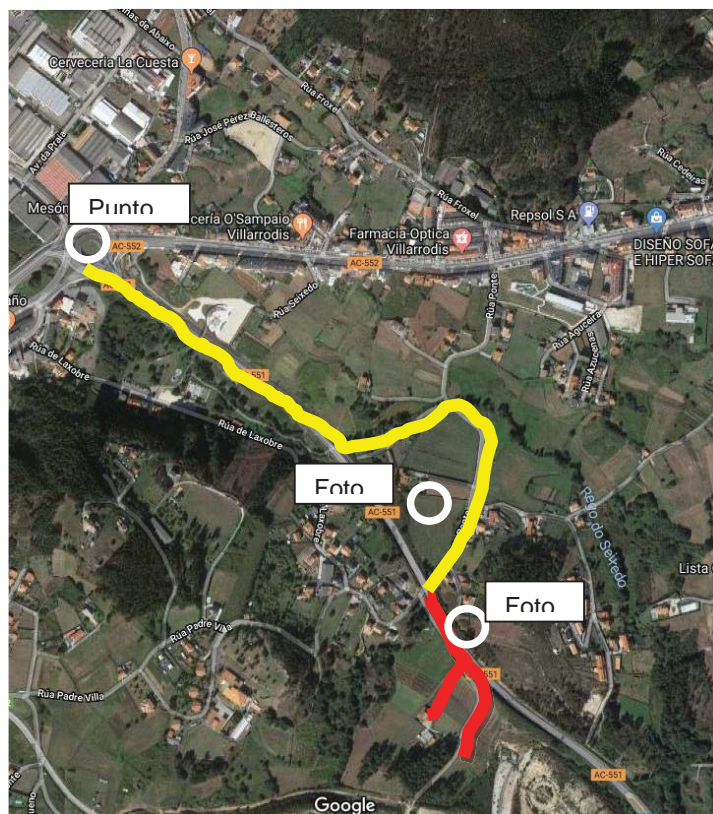
5.1.2 Nivel freático

Según la información aportada por los estudios citados, parece existir un nivel freático ocasional, asociado a los suelos alterados con un límite impermeable constituido por el sustrato rocoso, por lo que su presencia estará asociada a la pluviometría.

5.1.3 Excavabilidad

Los niveles que constituyen un suelo, presentan espesores entre 2 y 3 m, por lo que si las profundidades de excavación se limitan a estas magnitudes, la excavación se podrá realizar con medios mecánicos convencionales, con las entibaciones necesarias para evitar derrumbes.

En caso de que se superen las profundidades indicadas, es posible que se alcance el sustrato rocoso granodiorítico moderadamente meteorizado (Grado II-III); en este caso no se descarta que sea necesario el empleo de martillo neumático (zona roja en la fotografía aérea adjunta).



En la fotografía aérea se indican en color rojo, los tramos en los que será más probable el uso de martillo neumático y en amarillo las zonas en las que previsiblemente la excavación de la zanja podrá realizarse mediante retroexcavadora, ya en que su mayor parte discurre por una braña.

5.2 AMPLIACIÓN DE LA EBAR DE SABÓN

5.2.1 Descripción de los materiales

La Ampliación de la EBAR de Sabón, se construirá muy próxima a la ya existente, cuyo estudio fue realizado por la empresa Applus en el año 2018.



Con el círculo rojo se indica la localización de la parcela donde se realizará la ampliación de la EBAR de Sabón.



Fotos 3 y 4.- Panorámicas de la actual EBAR de Sabón

En este entorno, se realizó un sondeo mecánico a rotación con extracción continua de testigo denominado S-1, con una profundidad máxima de 10 m. Los niveles geotécnicos atravesados fueron los siguientes:



PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS
De 0,00m a 0,30 m	Tierra vegetal	No apto para cimentación
De 0,30m a 2,70 m	Arenas limosas de color pardo-anaranjado con alto contenido en finos. Aparecen restos antrópicos (ladrillos, plásticos, etc)	Compacidad suelta (Nspt=10)
De 2,70m a 6,20m	Suelos aluviales de grano fino, constituido por arenas limosas de grano muy fino, con colores gris claro y marrón claro-pardo. Presenta algún canto de cuarzo disperso de tamaño inferior a 5 mm.	Compacidad muy suelta a suelta (Nspt =5)
De 6,20 a 8,50m	Suelos aluviales de grano medio constituido por arenas limosas de grano medio, con gravas de tamaño inferior a 5 mm. Color amarillento a pardo	Idem anterior
De 8,50m a 10,0 m	Ortogneis completamente alterado (V-VI). En este nivel se observan unas arenas de grano medio a grueso de colores anaranjados con algún bandeado de color blanco. Al romper se observa la textura gneílica de la roca original.	Apto para cimentación Presentan una compacidad densa (Nspt>40)

En el Anejo IV.3 se incluye el informe de Applus donde se encuentra la columna litológica del sondeo realizado con motivo de la redacción del proyecto de renovación del colector interceptor de Sabón

Como se describe en el cuadro anterior, el sondeo realizado no alcanzó el sustrato rocoso sano; no obstante, a partir de los 8,50 m de profundidad aparece un ortogneis completamente meteorizado de alta compacidad (un ensayo SPT evidencia un índice de golpe de 44) , por lo que se considera apto para cimentación.

De acuerdo con los ensayos de laboratorio realizados por Applus sobre estos materiales de alteración (profundidad de la muestra 5,0 a 5,60m) se trata de arenas limosas (SM) y gravas bien graduadas con limos y arenas(GW-GM).

Para determinar el ángulo de rozamiento interno y el Módulo de deformación de los depósitos aluviales y el ortogneis meteorizado, se ha recurrido a diversas correlaciones (Carlos Crespo, Wihtlow y Schmertmann), en base a los índice de golpeo obtenidos en los ensayos SPT.

La siguiente correlación permite determinar el ángulo de rozamiento interno y el módulo de deformación de un suelo, en base al índice de golpeo Nspt:

N _{SPT}		φ°		E (Kp/cm ²)	
DE	A	DE	A	DE	A
0	4	28		0	100
5	10	28	30	100	250
11	30	30	36	250	500
31	50	36	41	500	1000
50	100	41	45	>1000	

Para determinar el módulo de deformación de ambos niveles geotécnicos, se ha recurrido a la propuesta realizada por WIHTLOW 1990, para arenas normalmente consolidadas, el cual establece un módulo en función de la forma de la cimentación:

Cimentación circular o cuadrada E=2,5 qc

Cimentación rectangular o zapata corrida E=3,5 qc

y a las equivalencias de los índices de golpeo del SPT con la resistencia a la penetración estática propuesta por SCHTMERTMANN:

Tipo de terreno	qc/N
Limos y arcillas	2,0
Arenas limpias finas o medias, arenas limosas	3,5
Arenas gruesas y arenas con algo de grava	5,0
Gravas y gravas arenosas	6,0
Otro	3

En el caso que nos ocupa, para los suelos que se está tratando, la relación entre la resistencia a la penetración estática –qc- y el valor del índice de golpeo N, se asume igual a 3, tanto para los suelos aluviales como para el ortogneis meteorizado.

Por tanto, de acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos SPT, se consideran válidos los parámetros geotécnicos siguientes, para los materiales descritos anteriormente:

Depósitos aluviales (N=6)

Densidad aparente	1,6 g/cc
Cohesión efectiva (c')	0,00 Kp/cm ²
Ángulo de rozamiento interno φ	29°
Módulo de deformación	45 Kp/cm ² para una cimentación cuadrada 63 Kp/cm ² para una cimentación rectangular
Coefficiente de Poisson	0,3

En cuanto a la permeabilidad de los depósitos aluviales, se puede optar como valores orientativos una permeabilidad del orden de 1 E-6 m/s.



Ortogneis meteorizado (Nspt=40)

Densidad aparente	1,9 g/cc
Cohesión efectiva (c')	0,00 Kp/cm ²
Ángulo de rozamiento interno φ	38°
Módulo de deformación	300 Kp/cm ² para una cimentación cuadrada 420 Kp/cm ² para una cimentación rectangular
Coefficiente de Poisson	0,3

Para el ortogneis meteorizado la permeabilidad podría ser algo inferior a la de los depósitos aluviales, por que se de acepta un valor del orden de 1 E-7 m/s.

5.2.2 Nivel freático

El nivel freático se detectó en el sondeo S-1 a 4,20 m respecto de la cota de emboquille del sondeo.

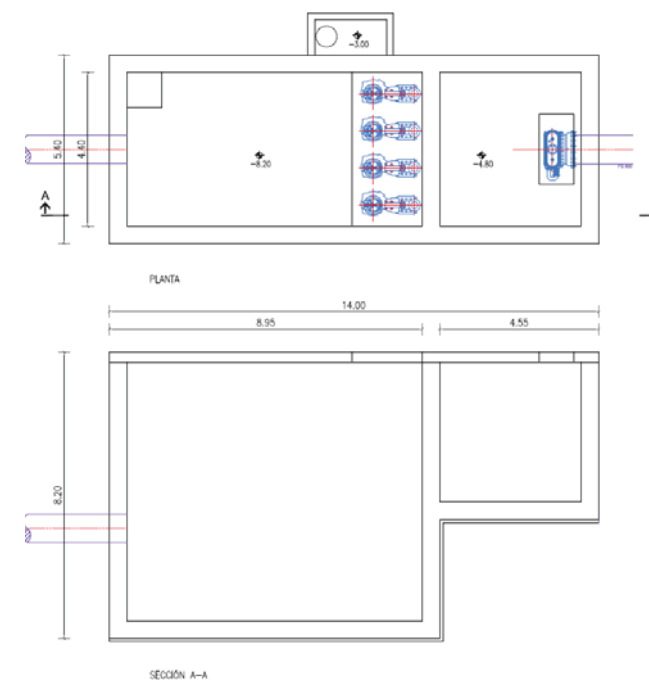
Los análisis del agua muestreada en el sondeo S-1 realizados por Applus, de acuerdo con la instrucción EHE, se indica que presenta un ataque débil (Qa), para el pH (pH=6,48<6,5) y **ataque medio** para el dióxido de carbono (mg CO2/l=70,4>40).

5.2.3 Análisis de la cimentación

Según el esquema planteado para la ampliación de la EBAR en el que se contemplan tres niveles de apoyo, dependiendo del elemento constructivo; estos son:

- Cámara de bombeo Profundidad 8,20 m.
- Cámara de llaves Profundidad 4,80 m,
- Cámara de alivio Profundidad 3,00 m

Ambas cámaras de bombeo y de llaves estarán delimitadas por un muro perimetral estanco y otro de separación entre ellas.



Planta y alzado de las cámaras de bombeo, de llaves y de alivio de la EBAR proyectada.

De acuerdo con los resultados de la investigación descrita anteriormente, es posible realizar el cálculo analítico de la carga de hundimiento, tal y como propone el C.T.E.

De manera general la presión vertical de hundimiento viene expresada por la formulación de Brinch Hansen. Dicha fórmula es la suma de tres términos que representan:

- la contribución a la capacidad de soporte,
- la sobrecarga existente en el nivel de la cimentación q,
- la cohesión del terreno c
- el peso propio.

La ecuación es del siguiente tipo:

$$P_{vh} = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot s_q \cdot t_q \cdot r_q + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c + \frac{1}{2} \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot s_\gamma \cdot t_\gamma \cdot r_\gamma$$

Donde:

- P_{vh}= Presión vertical de hundimiento
- q= Sobrecarga actuante al nivel del plano de cimentación, en el entorno del cimientto
- c= Cohesión de cálculo
- γ= Peso específico del terreno
- B*= Anchura equivalente del cimientto
- N_q, N_c, N_γ = Factores de capacidad de carga, adimensionales y dependientes del ángulo de rozamiento interno.



d_q, i_q, s_q, t_q, r_q = Factores adimensionales para considerar el efecto de la resistencia al corte local del terreno situado sobre el plano de apoyo, la inclinación de la carga, la forma de la cimentación, la proximidad de la cimentación a un talud y la inclinación del plano de apoyo. Los subíndices q, c, γ indican en cuál de los tres términos de la fórmula polinómica deben aplicarse.

Los parámetros (c, ϕ) que han de usarse en los cálculos deben representar la resistencia del terreno existente hasta una profundidad del orden de vez y media del ancho de la cimentación (medida desde el plano de apoyo de dicho apoyo).

Las expresiones para calcular los coeficientes que intervienen en la fórmula se encuentran detalladas en el C.T.E.

El asentamiento de suelos granulares se puede evaluar empleando un factor de influencia semiempírico propuesto por Schmertman y Hartman (1978). De acuerdo con este método el asentamiento se calcula según la siguiente expresión:

$$s = C_1 C_2 (\bar{q} - q) \sum \frac{I_z}{E} \Delta z_i$$

siendo:

- s: asiento (cm)
- C_1 : factor de corrección para la profundidad de empotramiento
- C_2 : factor de corrección para deformaciones lentas

$$C_1 = 1 - 0.5 \left(\frac{q}{\bar{q} - q} \right)$$

$$C_2 = 1 - 0.2 \log \left(\frac{\text{tiempo años}}{0.1} \right)$$

- I_z : factor de influencia de la deformación unitaria
- \bar{q} : esfuerzo a nivel de la cimentación
- q: sobrecarga ($q = \phi D_t$)

Δz_i : espesor del estrato considerado (espesor medio del estrato considerado más todo lo que tiene por encima hasta el plano de cimentación)

$$\text{si } Z_i < \frac{B}{2} \quad I_z = 1,20 \times \frac{Z_i}{B}$$

$$\text{si } Z_i > \frac{B}{2} \quad I_z = \frac{0,4}{B} \times (2B - Z_i)$$

En este método se supone que los asientos quedan limitados a una profundidad de $Z_{lim} = 2B$ en el caso de zapatas circulares o cuadradas de largo B, o $Z_{lim} = 4B$ para zapatas corridas.

En cuanto al coeficiente de Poisson, en los cálculos del presente estudio se adopta un valor de 0,30.

Cimentación de la cámara de bombeo

Como ya se ha comentado, la cámara de bombeo se cimentará a una profundidad de 8,50m, que se corresponde aproximadamente con el nivel de ortogneis meteorizado.

La presión de hundimiento obtenida mediante la aplicación de la fórmula de Brinch Hansen, para una cimentación de ancho 4,4 m y largo 8,95 m, a 8,50 m de profundidad, ha sido de 12,64 Kp/cm². Hay que indicar no se ha considerado en este cálculo el peso efectivo del terreno sobre el nivel previsto de cimentación, lo que contribuiría a aumentar las cargas.

La tensión admisible aplicando un factor de seguridad de 3 a la carga de hundimiento, es igual a 4,21 Kp/cm².

Seguidamente se incluye la hoja de cálculo con los datos que respaldan los resultados comentados.

CÁLCULO ANÁLITICO SEGÚN G.C.O.C. CIMENTACIÓN CÁMARA DE BOMBEO A 8,5 M DE PROFUNDIDAD				
Fórmula Polinómica: $P_{vn} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot t_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot t_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot t_{\gamma}$				
		Unidades		Sistema internacional
Cohesión	c	0,00	Tn / m ²	0 Pa
Ángulo de rozamiento interno	ϕ	38	°	0,663 rad
Peso específico de cálculo	γ_{cal}	0,00	T/m ³	0 N/m ³
Ancho de cimentación cobaricéntrica	B*	4,40	m	4,40 m
Largo de cimentación cobaricéntrica	L*	8,95	m	8,95 m
Profundidad de cimentación	Df	8,50	m	8,50 m
Inclinación de la ladera	β	0,00	°	0,000 rad
Inclinación carga según B	δ_B	0,00	°	0,00 rad
Inclinación carga según L	δ_L	0,00	°	0,00 rad
Resultante fuerzas horizontales (Ton)	H	0,00	T	0,00 N
Carga vertical (Ton)	V	0,00	T	0,00 N
Sobrecarga efectiva a considerar	q	0,00	T/m ²	0 N/m ³
Carga de hundimiento	P_{vn}	12,64	kp/cm ²	1.239.836 Pa
Tensión admisible	P_c	4,21	kp/cm ²	41.331 Pa
Factor de seguridad	F.S.	3,00		



Los coeficientes utilizados en la formulación de Brinch Hansen para la obtención de la tensión admisible, son los siguientes:

		c	q	$\gamma \times B^* \times 0,5$	
Cohesión, carga, densidad $\times B^* \times 0,5$	c, q, γ	0,00	0,00	8.825,99	Pa
Factor de capacidad de carga	N	61,35	48,93	74,90	adim
Factor de forma	s	1,392	1,392	0,853	adim
Factor de profundidad	d	1,437	1,252	1,000	adim
Factor de inclinación	i	1,000	1,000	1,000	adim
Factor t	t	1,000	1,000	1,000	adim
Carga de hundimiento	P_{vh}	0	0	1.239.836	Pa
		0,0	0,0	12,6	Kp/cm ²
Carga admisible para un F.S.=3	P_{adm}	0	0	413.279	Pa
		0,0	0,0	4,2	Kp/cm ²

A continuación se determinan los asentos mediante la aplicación del método de Steinbrenner descrito anteriormente.

Puesto que la profundidad de cimentación es significativa, se procede a continuación a determinar el peso efectivo del terreno existente sobre el nivel de cimentación propuesto, ya que dicha tensión podrá ser reemplazada por la nueva estructura:

Lo suelos aluviales tienen una densidad aparente de (δ_{apa}) 1,6 T/m³

El nivel de agua se encuentra a 4,5 m de profundidad por lo que la carga hidráulica sobre el nivel de cimentación será igual a 0,41 Kp/cm².

Por tanto, el peso efectivo del terreno sobre el nivel de cimentación será igual a:

$$1,6 \text{ T/m}^3 \times 8,5 \text{ m} - 4,00 \text{ m} \times 1 \text{ T/m}^3 = 9,6 \text{ T/m}^2 \approx \mathbf{0,96 \text{ Kp/cm}^2}$$

El valor de -p- a introducir en la expresión de Steinbrenner será debido a la carga inducida por la estructura menos la carga efectiva debida al peso del terreno.

En resumen, considerando un asiento admisible de 3 cm, la presión vertical admisible de servicio será de 2,6 Kp/cm².

ESTIMACIÓN DE ASIENTOS SEGÚN STEINBRENNER		eptisa				
Datos de la cimentación						
Ancho	a	4,40	m			
Largo	b	8,95	m			
Cota de cimentación	D	0,00	m			
Tensión de trabajo	q	2,65	Kp/cm ²			
Presión efectiva inicial del terreno al nivel de cimentación	q_0	0,96	Kp/cm ²			
Tiempo	t	25,00	años			
Carga neta	Δq	1,69	Kp/cm ²			
Coeficientes de asiento						
Coeficiente de profundidad	C_1	1,00	adim			
Coeficiente de deformaciones lentas	C_2	1,48	m			
Asiento y carga admisible						
Asiento máximo	s_{max}	1,18	"			
		3,00	cm			
Carga neta máxima	Δq_{max}	1,67	Kp/cm ²			
Tensión de trabajo máxima	q_{max}	2,65	Kp/cm ²			
Carga total	Q_{max}	1,044	T			
Punto de evaluación						
Coordenada x	x	0,00	adim			
Coordenada y	y	0,00	adim			
Asiento						
Asiento	s	3,03	cm			
		1,2	"			
Cálculos						
Espesor (m)	z_{sup}	z_{cal}	E (kp/cm ²)	v	σ_v (kp/cm ²)	s (cm)
17,60	0,00	0,00			1,690	
5,00	5,00	5,00	420,00	0,30	0,710	1,815
5,00	10,00	10,00	420,00	0,30	0,264	0,775
5,00	15,00	15,00	420,00	0,30	0,129	0,335
2,60	17,60	17,60	420,00	0,30	0,096	0,105



En caso de que se admita un asiento de 5 cm, la presión vertical admisible de servicio será de 3,8 Kp/cm².

ESTIMACIÓN DE ASIENTOS SEGÚN STEINBRENNER		eptisa				
Datos de la cimentación						
Ancho	a	4,40	m			
Largo	b	8,95	m			
Cota de cimentación	D	0,00	m			
Tensión de trabajo	q	3,80	Kp/cm ²			
Presión efectiva inicial del terreno al nivel de cimentación	q ₀	0,96	Kp/cm ²			
Tiempo	t	25,00	años			
Carga neta	Δq	2,84	Kp/cm ²			
Coeficientes de asiento						
Coeficiente de profundidad	C ₁	1,00	adim			
Coeficiente de deformaciones lentas	C ₂	1,48	m			
Asiento y carga admisible						
Asiento máximo	s _{max}	2,00	"			
		5,08	cm			
Carga neta máxima	Δq _{max}	2,83	Kp/cm ²			
Tensión de trabajo máxima	q _{max}	3,80	Kp/cm ²			
Carga total	Q _{max}	1.496	T			
Punto de elvaluación						
Coordenada x	x	0,00	adim			
Coordenada y	y	0,00	adim			
Asiento						
Asiento	s	5,09	cm			
		2,0	"			
Cálculos						
Espesor (m)	z _{sup}	z _{cal}	E (kp/cm ²)	v	σ _v (kp/cm ²)	s (cm)
17,60	0,00	0,00			2,840	
5,00	5,00	5,00	420,00	0,30	1,194	3,050
5,00	10,00	10,00	420,00	0,30	0,444	1,302
5,00	15,00	15,00	420,00	0,30	0,217	0,563
2,60	17,60	17,60	420,00	0,30	0,162	0,177

Según estas cargas y asientos, el coeficiente de balasto Ko a considerar será igual a 0,8 Kp/cm³ para un asiento de 3 cm y de 0,7 Kp/cm³ para un asiento de 5 cm.

Cimentación de la cámara de llaves

La profundidad de apoyo prevista para esta cámara es del orden de 4,8 m; profundidad coincidente con los suelos aluviales de compacidad muy floja.

Esta cámara tendrá unas dimensiones aproximadas de 4,40m x 4,40 m, por lo que se considera una cimentación cuadrada. Aplicando el método de Brinch Hansen, se obtiene una tensión admisible de 1,3, para un factor de seguridad frente al hundimiento de 3.

En este caso, no se ha considerado, para estar del lado de la seguridad, el peso del suelo que está por encima del nivel de apoyo previsto.

A Continuación se adjunta hoja de cálculo, donde se refleja el resultado indicado.

CÁLCULO ANALÍTICO BRINCH HANSEN - CIMENTACIÓN CÁMARA DE LLAVES (PROFUNDIDAD 4,80 M)				
Fórmula Polinómica: $P_{vh} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot t_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot t_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot t_{\gamma}$				
		Unidades		Sistema internacional
Cohesión	c	0,00	Tn / m ²	0 Pa
Ángulo de rozamiento interno	φ	29	°	0,506 rad
Peso específico de cálculo	γ _{cal}	0,00	T/m ³	0 N/m ³
Ancho de cimentación cobaricéntrica	B*	4,40	m	4,40 m
Largo de cimentación cobaricéntrica	L*	4,40	m	4,40 m
Profundidad de cimentación	Df	0,00	m	0,00 m
Inclinación de la ladera	β	0,00	°	0,000 rad
Inclinación carga según B	δ _B	0,00	°	0,00 rad
Inclinación carga según L	δ _L	0,00	°	0,00 rad
Resultante fuerzas horizontales (Ton)	H	0,00	T	0,00 N
Carga vertical (Ton)	V	0,00	T	0,00 N
Sobrecarga efectiva a considerar	q	0,00	T/m ²	0 N/m ²
Carga de hundimiento	P _{vh}	3,98	kp/cm ²	390.193 Pa
Tensión admisible	P _c	1,33	kp/cm ²	13.007 Pa
Factor de seguridad	F.S.	3,00		

		c	q	γ x B* x 0,5	
Cohesión, carga, densidad x B* x 0,5	c, q, γ	0,00	0,00	14.799,13	Pa
Factor de capacidad de carga	N	27,86	16,44	17,12	adim
Factor de forma	s	1,590	1,590	0,700	adim
Factor de profundidad	d	1,000	1,000	1,000	adim
Factor de inclinación	i	1,000	1,000	1,000	adim
Factor t	t	1,000	1,000	1,000	adim
Carga de hundimiento	P _{vh}	0	0	390.193	Pa
		0,0	0,0	4,0	Kp/cm ²
Carga admisible para un F.S.=3	P _{adm}	0	0	130.064	Pa
		0,0	0,0	1,3	Kp/cm ²



Para calcular la tensión admisible en función del asiento permitido, se ha empleado el método de Schmertmann. En este caso, sí se ha considerado el peso del suelo por encima del nivel de cimentación, el cual supone una carga de 0,77 Kp/cm².

En base a la aplicación de este método, la tensión admisible para este nivel de apoyo es de 1,05 Kp/cm² para un asiento máximo de 3 cm y de 1,2 Kp/cm² para un asiento máximo de 5 cm (ver hojas de cálculo adjuntas).

ESTIMACIÓN DE ASIENTOS SEGÚN STEINBRENNER		eptisa				
Datos de la cimentación						
Ancho	a	4,40	m			
Largo	b	4,40	m			
Cota de cimentación	D	0,00	m			
Tensión de trabajo	q	1,05	Kp/cm ²			
Presión efectiva inicial del terreno al nivel de cimentación	q ₀	0,77	Kp/cm ²			
Tiempo	t	25,00	años			
Carga neta	Δq	0,28	Kp/cm ²			
Coeficientes de asiento						
Coeficiente de profundidad	C ₁	1,00	adim			
Coeficiente de deformaciones lentas	C ₂	1,48	m			
Asiento y carga admisible						
Asiento máximo	s _{max}	1,18	"			
		3,00	cm			
Carga neta máxima	Δq _{max}	0,26	Kp/cm ²			
Tensión de trabajo máxima	q _{max}	1,05	Kp/cm ²			
Carga total	Q _{max}	203	T			
Punto de elvaluación						
Coordenada x	x	0,00	adim			
Coordenada y	y	0,00	adim			
Asiento						
Asiento	s	3,17	cm			
		1,2	"			
Coeficiente de balasto	K ₀	0,33	Kp/cm ³			
Cálculos						
Espesor (m)	z _{sup}	z _{cal}	E (kp/cm ²)	v	σ _v (kp/cm ²)	s (cm)
8,80	0,00	0,00			0,280	
2,00	2,00	2,00	45,00	0,30	0,209	1,274
2,00	4,00	4,00	45,00	0,30	0,107	0,966
2,00	6,00	6,00	45,00	0,30	0,059	0,528
2,80	8,80	8,80	45,00	0,30	0,030	0,399

ESTIMACIÓN DE ASIENTOS SEGÚN STEINBRENNER		eptisa				
Datos de la cimentación						
Ancho	a	4,40	m			
Largo	b	4,40	m			
Cota de cimentación	D	0,00	m			
Tensión de trabajo	q	1,20	Kp/cm ²			
Presión efectiva inicial del terreno al nivel de cimentación	q ₀	0,77	Kp/cm ²			
Tiempo	t	25,00	años			
Carga neta	Δq	0,43	Kp/cm ²			
Coeficientes de asiento						
Coeficiente de profundidad	C ₁	1,00	adim			
Coeficiente de deformaciones lentas	C ₂	1,48	m			
Asiento y carga admisible						
Asiento máximo	s _{max}	2,00	"			
		5,08	cm			
Carga neta máxima	Δq _{max}	0,45	Kp/cm ²			
Tensión de trabajo máxima	q _{max}	1,20	Kp/cm ²			
Carga total	Q _{max}	232	T			
Punto de elvaluación						
Coordenada x	x	0,00	adim			
Coordenada y	y	0,00	adim			
Asiento						
Asiento	s	4,86	cm			
		1,9	"			
Coeficiente de balasto	K ₀	0,25	Kp/cm ³			
Cálculos						
Espesor (m)	z _{sup}	z _{cal}	E (kp/cm ²)	v	σ _v (kp/cm ²)	s (cm)
8,80	0,00	0,00			0,430	
2,00	2,00	2,00	45,00	0,30	0,321	1,957
2,00	4,00	4,00	45,00	0,30	0,165	1,483
2,00	6,00	6,00	45,00	0,30	0,090	0,812
2,80	8,80	8,80	45,00	0,30	0,046	0,612

En cualquier caso, y en previsión de que el nivel freático pueda subir por encima del nivel de cimentación en un momento determinado, se recomienda no superar una tensión de 1 Kp/cm². Por otra parte, hay que tener en cuenta que la losa no estará independizada del muro

perimetral, lo que habrá que tener en cuenta ya que en el entorno del muro los asientos de la losa serán prácticamente nulos al ir entregado el muro en el nivel de los ortogneises.

Cámara de alivio

La solera de esta cámara está prevista a 3 m de profundidad, y sus dimensiones previstas son de aproximadamente 1,2 m x 2,5 m . La naturaleza del cimiento es la misma que para la cámara de llaves descrita anteriormente.

Como se puede ver en la hoja de cálculo adjunta, para las dimensiones citadas la tensión admisible debido al hundimiento será de 0,5 Kp/cm². En este caso, tampoco se ha tenido en cuenta el efecto del peso de las tierras excavadas, con el fin de estar del lado de la seguridad.

CÁLCULO ANALÍTICO BRINCH HANSEN . CIMENTACIÓN CÁMARA DE ALIVIO (PROFUNDIDAD 3,00 M)					
Fórmula Polinómica: $P_{vh} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot t_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot t_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot t_\gamma$					
		Unidades		Sistema internacional	
Cohesión	c	0,00	Tn / m ²	0	Pa
Ángulo de rozamiento interno	ϕ	29	°	0,506	rad
Peso específico de cálculo	γ_{cal}	1,60	T/m3	15.691	N/m3
Ancho de cimentación cobaricéntrica	B*	1,20	m	1,20	m
Largo de cimentación cobaricéntrica	L*	2,50	m	2,50	m
Profundidad de cimentación	Df	0,00	m	0,00	m
Inclinación de la ladera	β	0,00	°	0,000	rad
Inclinación carga según B	δ_B	0,00	°	0,00	rad
Inclinación carga según L	δ_L	0,00	°	0,00	rad
Resultante fuerzas horizontales (Ton)	H	0,00	T	0,00	N
Carga vertical (Ton)	V	0,00	T	0,00	N
Sobrecarga efectiva a considerar	q	0,00	T/m2	0	N/m3
Carga de hundimiento	P_{vh}	1,4	kp/cm ²	137.971	Pa
Tensión admisible	P_c	0,5	kp/cm ²	4.599	Pa
Factor de seguridad	F.S.	3,00			
		c	q	$\gamma \times B^* \times 0,5$	
Cohesión, carga, densidad x B* x 0,5	c, q, γ	0,00	0,00	15.690,64	Pa
Factor de capacidad de carga	N	27,86	16,44	17,12	adim
Factor de forma	s	1,283	1,283	0,856	adim
Factor de profundidad	d	1,000	1,000	1,000	adim
Factor de inclinación	i	1,000	1,000	1,000	adim
Factor t	t	1,000	1,000	1,000	adim
Carga de hundimiento	P_{vh}	0	0	137.971	Pa
		0,0	0,0	1,4	Kp/cm ²
Carga admisible para un F.S.=3	P_{adm}	0	0	45.990	Pa
		0,0	0,0	0,5	Kp/cm ²

Con una tensión de 0,5 Kp/cm² el asiento teórico obtenido teniendo en cuenta el peso de las tierras excavadas será prácticamente nulo. En caso de no tener en cuenta el peso de las tierras, este asiento teórico será de 2,3 cm., por lo que se considera admisible.

ESTIMACIÓN DE ASIENTOS SEGÚN STEINBRENNER				eptisa		
Datos de la cimentación						
Ancho	a	1,20	m			
Largo	b	2,50	m			
Cota de cimentación	D	0,00	m			
Tensión de trabajo	q	0,50	Kp/cm ²			
Presión efectiva inicial del terreno al nivel de cimentación	q_0	0,48	Kp/cm ²			
Tiempo	t	25,00	años			
Carga neta	Δq	0,02	Kp/cm ²			
Coeficientes de asiento						
Coeficiente de profundidad	C_1	1,00	adim			
Coeficiente de deformaciones lentas	C_2	1,48	m			
Asiento y carga admisible						
Asiento máximo	s_{max}	1,00	"			
		2,54	cm			
Carga neta máxima	Δq_{max}	0,56	Kp/cm ²			
Tensión de trabajo máxima	q_{max}	1,05	Kp/cm ²			
Carga total	Q_{max}	32	T			
Punto de elvaluación						
Coordenada x	x	0,00	adim			
Coordenada y	y	0,00	adim			
Asiento						
Asiento	s	0,09	cm			
		0,0	"			
Coeficiente de balasto	K_0	5,47	Kp/cm ³			
Cálculos						
Espesor (m)	z_{sup}	z_{cal}	E (kp/cm ²)	v	σ_v (kp/cm ²)	s (cm)
4,70	0,00	0,00				0,020
2,00	2,00	2,00	45,00	0,30		0,005
2,70	4,70	4,70	45,00	0,30		0,001



Muro perimetral y de separación entre cámaras

Análisis del levantamiento del fondo y caudal de extracción de agua

Para evitar el levantamiento del fondo, y aplicando el método propuesta en la ROM 0.5-05, de acuerdo con las permeabilidades asignadas a cada uno de los materiales a travesados, se propone que el muro se entregue en los ortogneises densos del orden de 3,5 m De esta manera, el factor de seguridad obtenido para evitar el levantamiento del fondo es de 1,5 y el caudal previsto de extracción de agua en el interior de la excavación previo a la ejecución de la solera sería en todo caso inferior a 0,05 m³/día (se adjunta hoja de cálculo).

CÁLCULO DEL EXCESO DE PRESIÓN EN EL PIE DE LA TABLESTACA Y CÁLCULO DEL CAUDAL DE ACHIQUE SEGÚN ROM 0.5-05 (Capítulo III, Pág. 175)

PROYECTO: INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO
 CLIENTE: ELNOSA
 CÁLCULO REALIZADO POR: F.M.L. FECHA: 25/06/2018

DATOS DE ENTRADA	
γ _{sat} (t/m ³)=	0,9
γ _{sat} (t/m ³)=	1
Permeabilidad nivel superior (K ₁) (m/seg)	1,00E-06
Permeabilidad nivel inferior (K ₂) (m/seg)	1,00E-07
Forma excavación (1 paredes paralelas, 2 cuadrada, 3 circular)	1
Ancho excavación (B) (m)	4,4
Prof. n.t. (m)	4,1
Prof. Excavación (h ₁) (m)	6,5
Profundidad de las Pantallas (m)	12
Prof. Nivel de referencia	20

CÁLCULO DE VARIABLES	
t (m)	3,5
h (m)	4,4
H (m)	11,5 B>t
h ₂ *	0,44
Exceso de pres. en pie tablestaca Δu ₃ (Tn/m ²)	2,157

Cálculo de seguridad mínima frente a levantamiento del fondo ROM 0.5-05	
Cuasi-permanente	1,5
Fundamentales	1,3
Accidentales o sísmicas	1,1
Seleccionar factor de seguridad	1,5

RESULTADOS	
Caudal de achique (Q)	0,03 m ³ /día 0,0003 l/seg Por ud. de longitud de excavación
F.S. levantamiento fondo	1,50 CUMPLE

CÁLCULO DEL EXCESO DE PRESIÓN EN EL PIE DE LA TABLESTACA, Δu₃

$$\Delta u_3 = \frac{\gamma \cdot h}{1 + \left(\frac{h_2^*}{t}\right)^n} \quad \text{si } B > t \text{ ó } \Delta u_3 = \gamma_w \cdot h \quad \text{si } B < 0,2 t$$

donde:

$$h_2^* = h_2 \cdot \frac{k_2}{k_1} \quad \text{si } h > h_2 \text{ ó } h_2^* = h \cdot \frac{k_2}{k_1} \quad \text{si } h < h_2$$

CÁLCULO DEL CAUDAL DE ACHIQUE:

Recinto de paredes paralelas Q = k₂ · h · n (por ud de longitud)

Recinto cuadrado Q = 1,4 · k₂ · h · n · B

Recinto circular Q = 1,25 · k₂ · h · n · B

Estimación de la capacidad portante del muro

La capacidad portante del muro para un ancho de 0,5 m, alcanza un valor del orden de 10 Kp/cm². En este caso, el asiento máximo que se produciría sería de 3 cm.

Coefficientes de empujes

Para determinar la estabilidad de la pantalla, de acuerdo con la propuesta formulada por Coulomb, esta viene determinada por los empujes activos y pasivos que se producen en el trasdós y en el pie de la pantalla del intradós. Dichos empujes dependen de unos coeficientes de empuje denominados: activo (K_A), pasivo (K_P) y reposo (K₀)

La fórmula para determinar el Empuje Activo en presiones efectivas (E'_A) adopta la siguiente forma:

$$E'_A = K_A \cdot \sigma'_V - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_A}$$

Donde:

- σ'_A Tensión efectiva vertical a la profundidad considerada
- c' Cohesión efectiva del material

y K_A, en el caso de un muro vertical y terreno horizontal sin sobrecarga en el trasdós es igual a :

$$K_A = \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2} \right); \phi' \text{ en radianes}$$

En el caso del Empuje pasivo, la expresión que lo define es la siguiente:

$$E'_P = K_P \cdot \sigma'_V + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_P}$$

La expresión que define K_P adopta la siguiente forma:

$$K_P = \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right)$$

El coeficiente K₀ se puede determinar a partir de la siguiente expresión:

$$K_0 = (1 - \text{sen}(\phi'))$$

De acuerdo con las expresiones citadas, los valores propuestos para los diferentes coeficientes y tipos de materiales que se encontrarán hasta la cota de cimentación, son los siguientes:

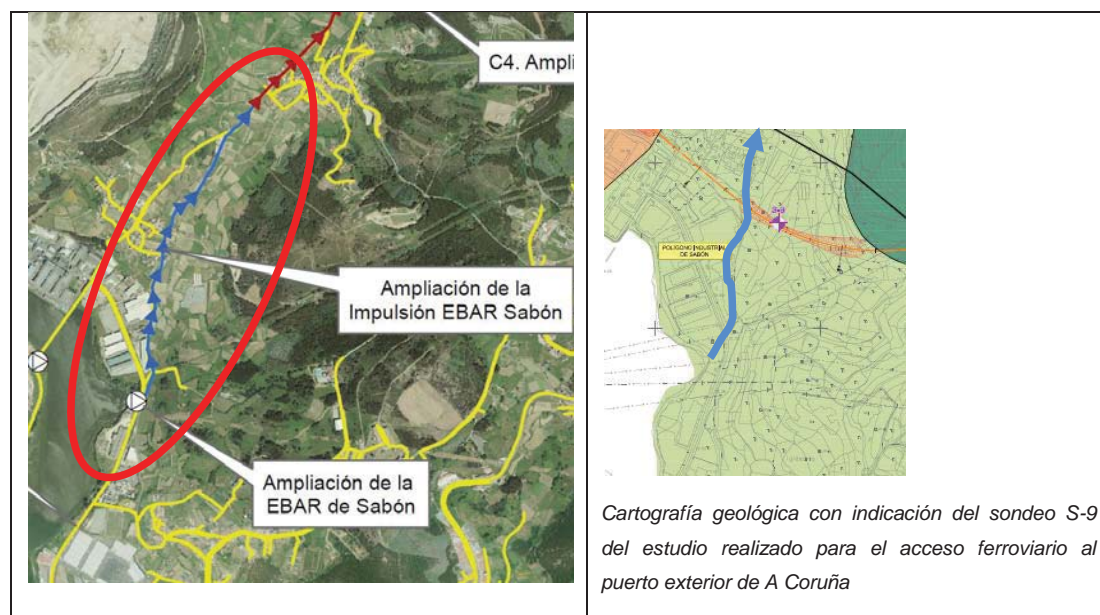
	Densidad aparente T/m ³	Ángulo roz. Interno (°)	Cohesión T/m ²	K _A	K _P	K ₀
Suelos aluviales+ relleno antrópico	1,6	29	0	0,35	1,92	0,52
Ortogneis meteorizad	1,9	38	0	0,24	2,80	0,38

En el caso del coeficiente de empuje pasivo, se le ha aplicado un factor de seguridad de 1,5.

En principio, debido a que el pozo existente está cimentado a una profundidad similar a la del actual proyecto, no existe riesgo aparente de que la excavación de los nuevos muros puedan afectar su estabilidad.

5.2.4 Ampliación de la impulsión de la EBAR de Sabón

La conducción en este tramo del proyecto, probablemente es la que alcance mayor profundidad, del orden de 5 ó 6 m.



En principio, este tramo transcurre fundamentalmente por suelos residuales de esquistos y paragneises alterados a grados VI a IV y se encuentran tapizados por una capa de tierra vegetal del orden de 0,60 m, así mco por un aluvial constituido por limos arcillosos de color grisáceo. Este nivel se encuentra por debajo de la capa de tierra vegetal y puede alcanzar un espesor de 1 m. (Ver sondeo S-9 en el Anejo II del estudio realizado para el Acceso ferroviario al Puerto Exterior de A Coruña).

El sustrato rocoso propiamente dicho con grados de alteración inferiores a III (ver cuadros geotécnicos en Anejo III, aparece a una profundidad superior a los 10 m.

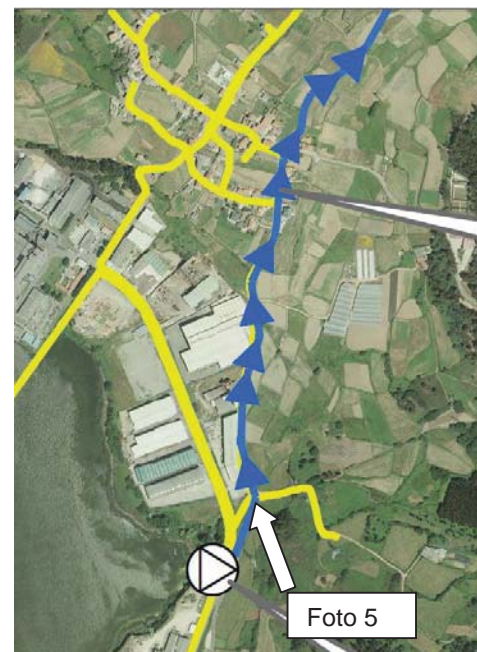


Foto 5.- Vista panorámica de parte del tramo

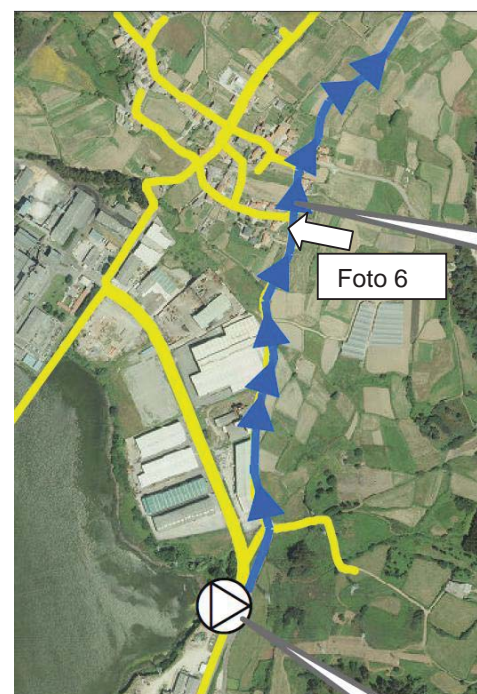


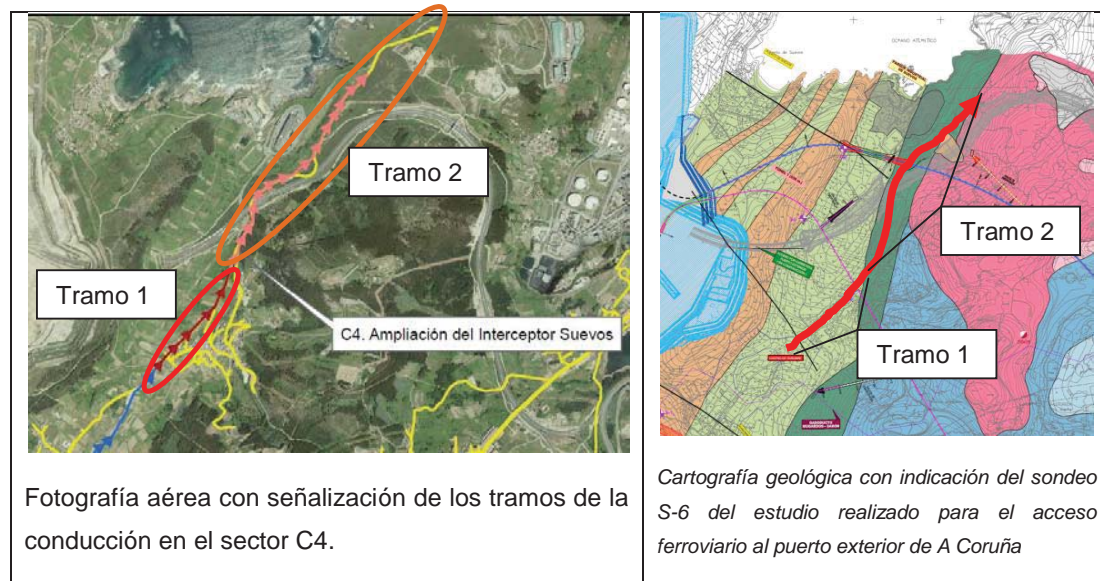
Foto 6.- Detalla del suelo residual de esquistos

De acuerdo con la información existente y el recorrido realizado por la zona, la excavación de **la zanja podrá realizarse con medios mecánicos convencionales**. En aquellos puntos en los que existan edificaciones próximas deberá tenerse en cuenta el incremento de los empujes debido a las cargas que estas transmitirán a las paredes de la excavación.



5.2.5 C4 Ampliación del interceptor Suevos

En este sector, se pueden diferenciar dos tramos; un primer tramo que estará constituido por suelos aluviales y de alteración de los esquistos y un segundo tramo próximo a la carretera de acceso al puerto exterior, constituido fundamentalmente por esquistos y paragneises alterados a grado III en su gran mayoría. En



Fotografía aérea con señalización de los tramos de la conducción en el sector C4.

Cartografía geológica con indicación del sondeo S-6 del estudio realizado para el acceso ferroviario al puerto exterior de A Coruña

El primer tramo, está representado por el sondeo S-6 del estudio para el acceso ferroviario al puerto exterior, en el que se aprecia una cobertera de tierra vegetal de escaso espesor (menor de 0,5 m), para dar paso a un esquisto muy alterado (Grado V) con potencia superior a 10 m, por debajo de la cual este esquisto disminuye su alteración hasta un grado IV o inferior (Se incluye testificación del sondeo en Anejo II).

En el recorrido realizado por este primer tramo, se pudo observar en varios afloramientos los esquistos alterados reconocidos en el sondeo, que aunque presentan una compacidad alta, pueden ser ripados con medios mecánicos convencionales.

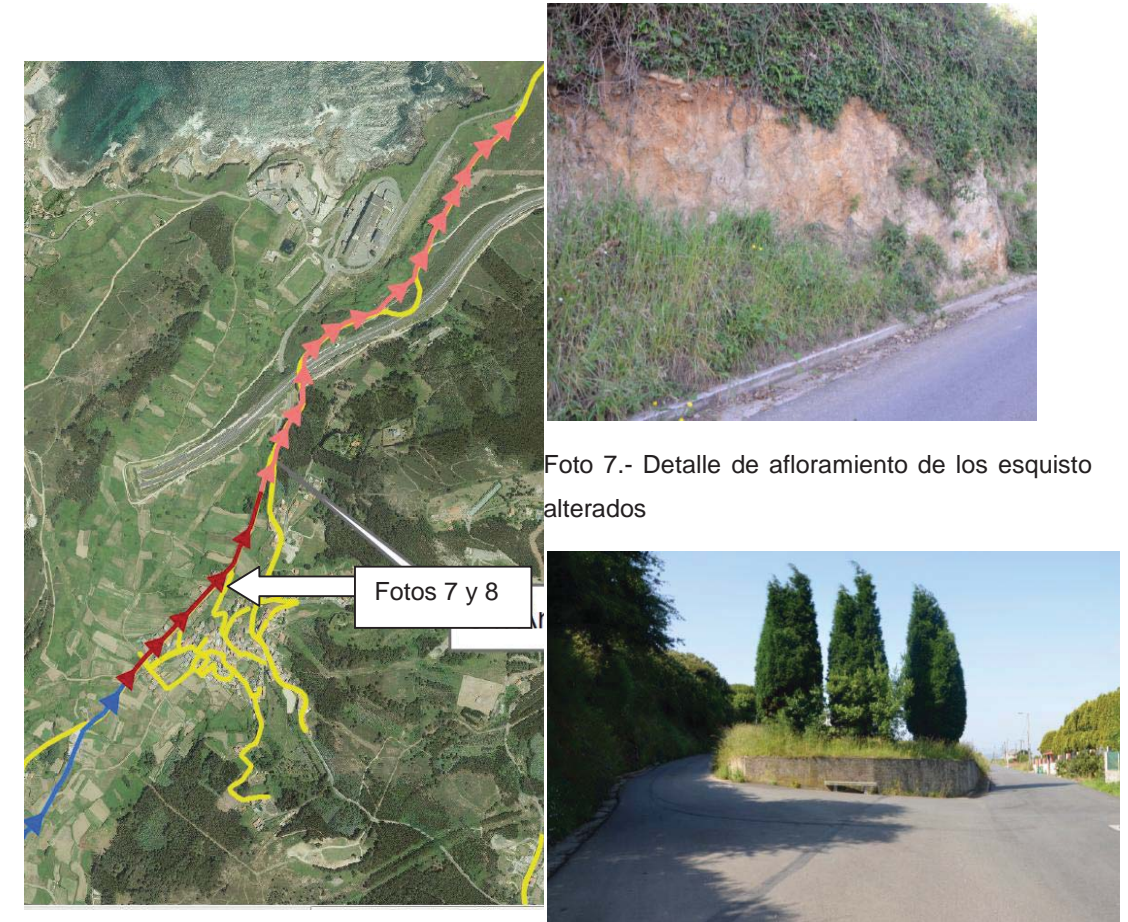


Foto 7.- Detalle de afloramiento de los esquistos alterados

Foto 8.- Vista panorámica del lugar donde afloran los esquistos alterados y lugar de realización del sondeo S-6.

Lugar de realización de las fotografías

En el segundo tramo, que discurre en el entorno al paso elevado de la carretera de acceso al puerto exterior, se ha podido observar abundantes afloramientos del sustrato rocoso de esquistos y paragneises con grados de meteorización III y a lo sumo IV, por lo que en este caso, una vez salvado el nivel de tierra vegetal cuyo espesor suele ser inferior a 1 m, es más que probable que sea necesario el empleo recurrente de martillo neumático para la excavación de la trinchera que albergará la conducción del saneamiento.

A efectos presupuestarios, en este tramo se puede prever un empleo de martillo neumático, con respecto al volumen del total de la excavación prevista, del orden de un 10%.

En el siguiente reportaje fotográfico, se puede observar los afloramientos rocosos encontrados a lo largo de todo este segundo trayecto.

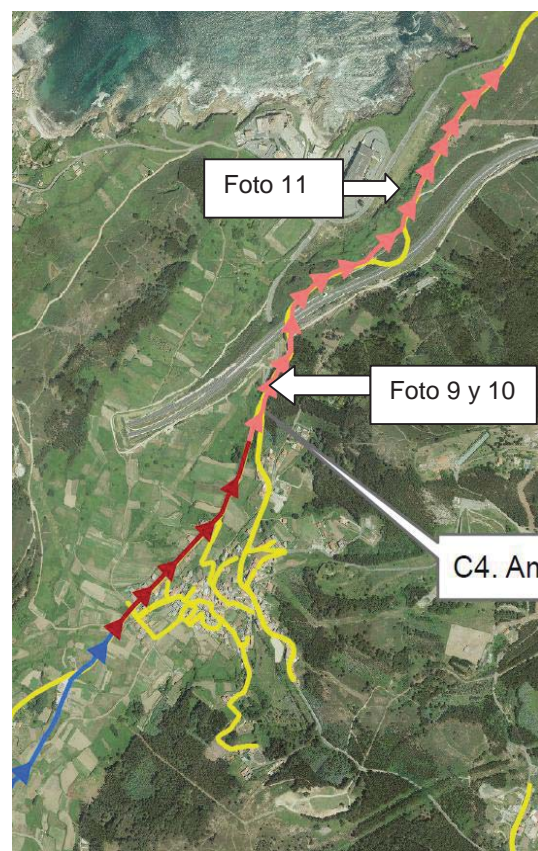


Foto 9.- Afloramiento esquistos moderadamente meteorizados (Grado III)



Foto 10.- Detalle del afloramiento rocoso.



Foto 11.- Detalle de afloramiento rocoso algo más alterado (Grado IV)

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El proyecto de conexión exterior de saneamiento del parque de actividades económicas de Arteixo discurre por granodioritas precoces alteradas (Grados III y IV) en el tramo más al sur, coincidente con la zona más próxima al Polígono de Morás, El resto de los colectores discurren fundamentalmente por suelos residuales de esquistos y paragneises alterado (Grados V y VI). El sector denominado C4. Ampliación del interceptor de Suevos, discurre por un afloramiento constituido fundamentalmente por esquistos y paragneises moderadamente alterados (Grados III y IV), en la zona del entorno del paso elevado con la carretera de acceso al Puerto Exterior de A Coruña,

De acuerdo con los materiales vistos sobre el terreno, más la información aportada por diversos estudios realizados tanto para Augas de Galicia como para el Acceso Ferroviario al Puerto exterior, se puede concluir que la mayor parte de las excavaciones que serán necesarias realizar para colocar los diferentes colectores, se podrán excavar con medios mecánicos convencionales. Sólo en los tramos inicial (próximo al polígono de Morás) y final (en el entorno del paso elevado con la carretera de acceso al puerto) será necesario el empleo de martillo neumático en un 10% aproximadamente del volumen del material a excavar.

Respecto a la ampliación de la EBAR de Sabón, se puede concluir lo siguiente en cuanto a la capacidad portante del terreno a las diferentes cotas de apoyo previstas, para un asiento admisible de 3 cm, teniendo en cuenta las dimensiones establecidas a priori para cada una de las cámaras que se citan:

DENOMINACIÓN DE LA UNIDAD CONSTRUTIVA	PROFUNDIDAD APROX. CIMENTACIÓN (m)	DIMENSIÓN DE LA CÁMARA (B x L)	CAPACIDAD PORTANTE Kp/cm ²
Cámara de bombeo	8,2	4,40 x 8,95	2,65
Cámara de llaves	4,8	4,40 x 4,55	1,05
Cámara de alivio	3	1,20 x 2,5	0,5



Con respecto al muro perimetral, para evitar el levantamiento del fondo de excavación, se requiere una entrega por debajo del nivel de cimentación de la cámara de bombeo del orden 3,5 m. En este caso la capacidad portante del muro será del orden de 10Kp/cm².

Para la cámara de llaves, se recomienda únicamente alcanzar el nivel de los ortogneises meteorizados que se encuentran a 8,5 m de profundidad, en este caso no se requiere la entrega en el mismo de 3,5 m., salvo para el muro colindante con la cámara de bombeo,

En base a los parámetros geotécnicos definidos para los materiales atravesados en el emplazamiento de la EBAR, se han podido establecer los coeficientes para determinar los empujes activo, pasivo y en reposo, que provocará la excavación su excavación; estos son:

	Densidad aparente T/m ³	Ángulo roz. Interno (°)	Cohesión T/m ²	K _A	K _P	K _o
Suelos aluviales+relleno antrópico	1,6	29	0	0,35	1,92	0,52
Ortogneis meteorizad	1,9	38	0	0,24	2,80	0,38

El coeficiente K_P se ha dotado de un factor de seguridad de 1,5

Vilaboa, a 25 de junio de 2018.-

FCO. MARTÍNEZ LOZANO
ÁREA DE GEOTECNIA
Geólogo





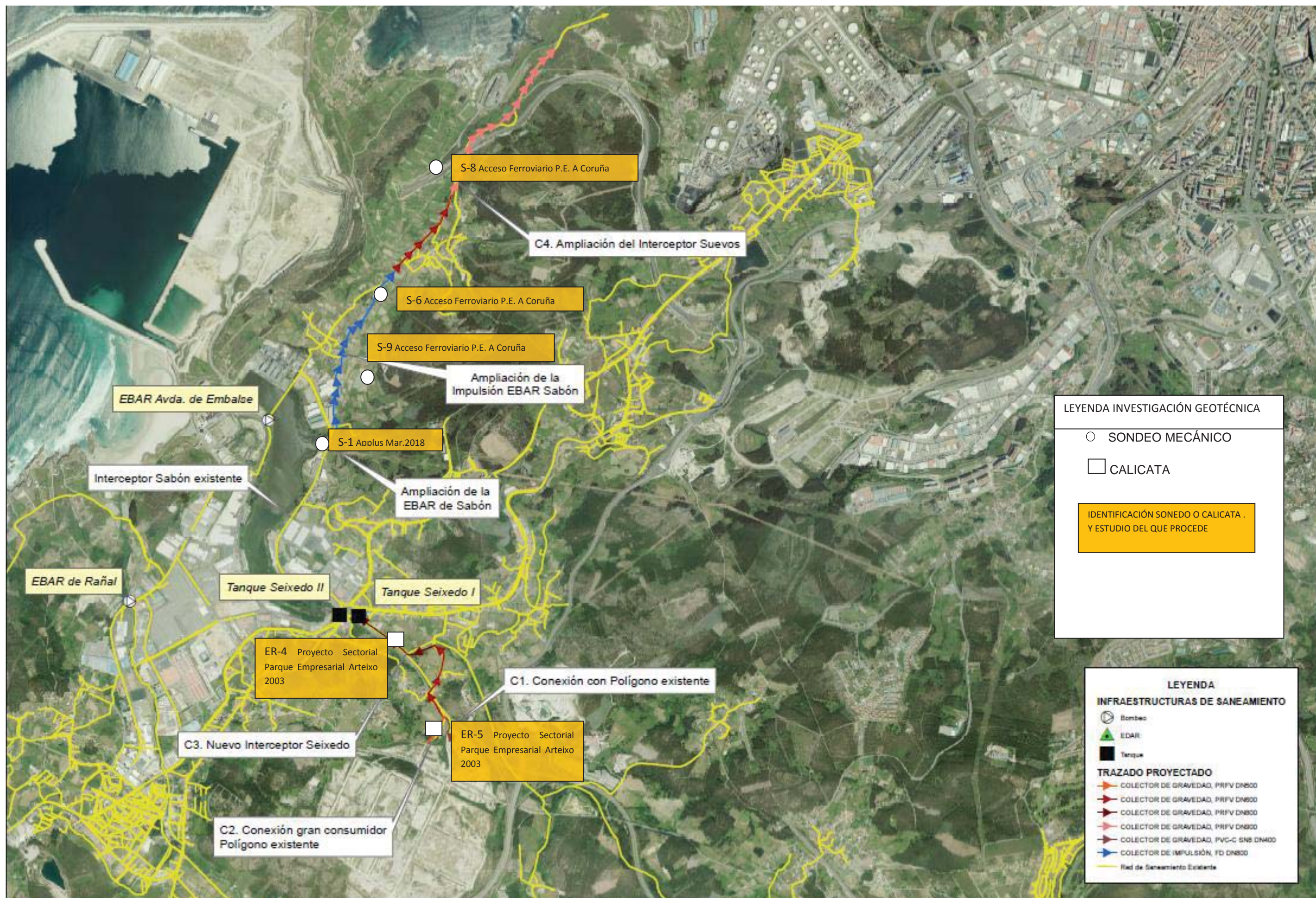
ANEJO I. Planta de situación de la investigación

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO

N/REFERENCIA: EG-4040

Anejos





LEYENDA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

- SONDEO MECÁNICO
- CALICATA

IDENTIFICACIÓN SONEDO O CALICATA . Y ESTUDIO DEL QUE PROCEDE

LEYENDA

INFRAESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO

- ⊙ Bombeo
- ▲ EDAR
- Tanque

TRAZADO PROYECTADO

- COLECTOR DE GRAVEDAD, PRFV DN800
- COLECTOR DE GRAVEDAD, PRFV DN600
- COLECTOR DE GRAVEDAD, PRFV DN400
- COLECTOR DE GRAVEDAD, PVC-C SNS DN400
- COLECTOR DE IMPULSIÓN, FD DN800
- Red de Saneamiento Existente



ANEJO II. Sondeos S-9, S-6 y S-8 (Estudio Acceso ferroviario al P.E. de A Coruña)

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL
PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO

N/REFERENCIA: EG-4040

Anejos



SONDEO	S-6	FECHA INICIO	SUPERVISOR	INMA CARRASCO	COORDENADA (WGS84)		SITUACIÓN DEL SONDEO	
		18/10/2012	SONDISTA	J.MANUEL DOMINGUEZ/MARCO A. ROMÁN	X	541987	ALTERNATIVAS	1 Y 4
		FECHA FIN	MÁQUINA	ORUGA	Y	4798944		
		25/10/2012	MODELO	TP-50D	Z			



SITUACIÓN DEL ENSAYO. ORTOFOTOGRAFÍA



VISTA PREVIA DEL EMPLAZAMIENTO

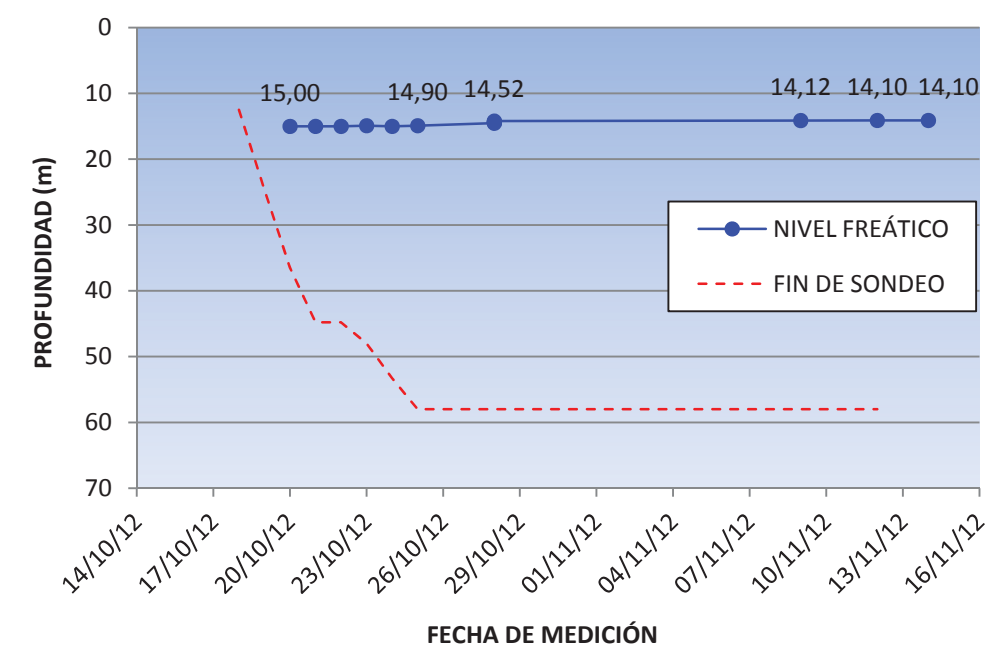


ENSAYO EN EJECUCIÓN



VISTA FINAL DEL EMPLAZAMIENTO Y ARQUETA

EVOLUCIÓN DEL NIVEL FREÁTICO



FECHA	N. FREÁTICO (m)	OBSERVACIONES
18-oct	SECO	
19-oct	SECO	
20-oct	15,00	
21-oct	15,00	
22-oct	15,00	
23-oct	14,90	
24-oct	15,00	
25-oct	14,90	
28-oct	14,52	
28-oct	14,40	Nivel tras la extracción de 15 l
28-oct	14,30	
28-oct	14,21	
09-nov	14,12	
12-nov	14,10	
14-nov	14,10	Toma de muestra de agua



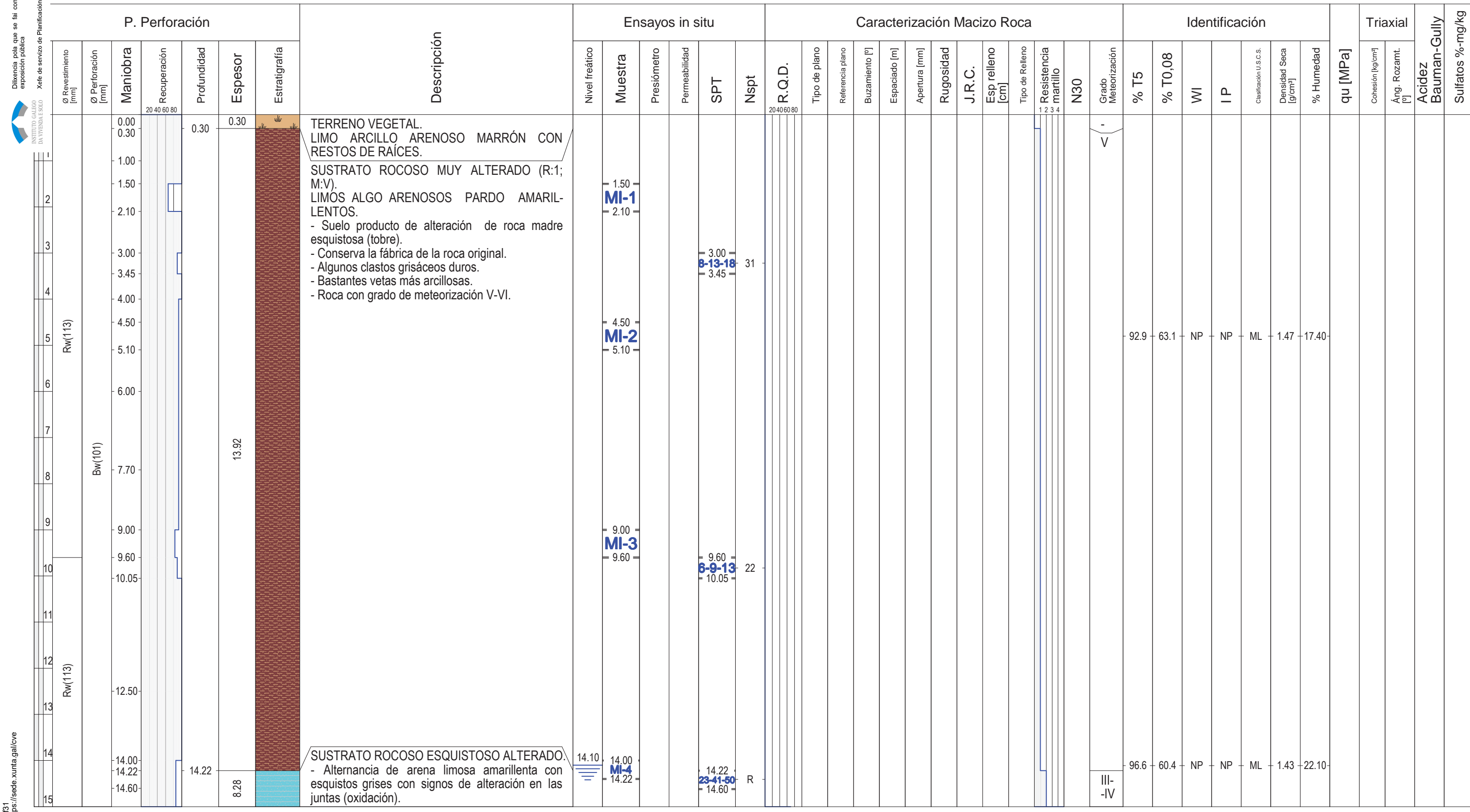
PETICIONARIO:	MINISTERIO DE FOMENTO	SONDEO:	S-6	HOJA: 1/4			
SITUACIÓN:	ACCESO FERROVIARIO PUERTO EXTERIOR A CORUÑA	SONDA:	TP-50D				
LOCALIDAD:	ARTEIXO (A CORUÑA)	SUPERVISOR:	I. CARRASCO				
FECHA:	Del 18 al 25 de Octubre de 2012	SONDISTA:	JOSE M. DOMINGUEZ/MARCO A. ROMÁN				
COORDENADAS: X=	541987	Y=	4798944	Z=	74	OBRA:	40049271-3



 Diferencia pola que se fai constar que o documento coincide co enviado a exposición pública.



 Xefe de servizo de Planificación e Ordenación do Solo: Alberto Feijoo Rodríguez




TERRENO VEGETAL.
LIMO ARCILLO ARENOSO MARRÓN CON RESTOS DE RAÍCES.
SUSTRATO ROCOSO MUY ALTERADO (R:1; M:V).
LIMOS ALGO ARENOSOS PARDO AMARIL-LENTOS.
 - Suelo producto de alteración de roca madre esquistosa (tobre).
 - Conserva la fábrica de la roca original.
 - Algunos clastos grisáceos duros.
 - Bastantes vetas más arcillosas.
 - Roca con grado de meteorización V-VI.

SUSTRATO ROCOSO ESQUISTOSO ALTERADO.
 - Alternancia de arena limosa amarillenta con esquistos grises con signos de alteración en las juntas (oxidación).

OBSERVACIONES:
 Arqueta metálica:SI
 Cajas de sondeo:22
 l de PVC:56
 fecha testificación cajas:

MI (1.50-2.10):14-14-18-26
 MI (4.50-5.10):8-17-24-27
 MI (9.00-9.60):16-21-29-34
 MI (14.00-14.22):20-50R

CVE: Rgfa4QHf31
 Verificación: https://sede.xunta.gal/cve



PETICIONARIO: MINISTERIO DE FOMENTO
 SITUACIÓN: ACCESO FERROVIARIO PUERTO EXTERIOR A CORUÑA
 LOCALIDAD: ARTEIXO (A CORUÑA)
 FECHA: Del 18 al 25 de Octubre de 2012
 COORDENADAS: X= 541987 Y= 4798944 Z= 74 OBRA: 40049271-3

SONDEO: S-6
 HOJA: 2/4
 SONDA: TP-50D
 SUPERVISOR: I. CARRASCO
 SONDISTA: JOSE M. DOMINGUEZ/MARCO A. ROMÁN

P. Perforación

Ø Revestimiento [mm]	Ø Perforación [mm]	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafía
			20 40 60 80			
	Tw(101)				8.28	
	Bw(101)					
	Bw(101)					
	Td(86)				35.50	

Descripción

SUSTRATO ROCOSO ESQUISTOSO ALTERADO.
 - Alternancia de arena limosa amarillenta con esquistos grises con signos de alteración en las juntas (oxidación).

SUSTRATO ROCOSO ESQUISTOSO. PARAGNEISSES GRISES.
 - Abundantes vetas de cuarzo, algunas replegadas.
 - Signos de oxidación en las juntas.
 - Algunas juntas con sulfuros (pirita).

Ensayos in situ

Nivel freático	Muestra	Presiómetro	Permeabilidad	SPT	Nspt
	TP-1				
	TP-2				
	TP-3				

Caracterización Macizo Roca

R.Q.D.	Tipo de plano	Referencia plano	Buzamiento [°]	Espaciado [m]	Apertura [mm]	Rugosidad	J.R.C.	Esp relleno [cm]	Tipo de Relleno	Resistencia martillo	N30	Grado Meteorización
20 40 60 80												
	J	1	30	0.2		Plana	2	0.1	C, Fe	1 2 3 4		III-IV
	J	1	30	0.1		Plana	2	0.1	Fe	1 2 3 4		I-II
	J	1	30	0.5		Plana	2	0.1	C, Fe	1 2 3 4		
	J	1	30	2		Plana	2	0.1	C, Fe	1 2 3 4		

Identificación

qu [MPa]	Triaxial	Acidez	Sulfatos %-mg/kg

OBSERVACIONES:
 Arqueta metálica:SI
 Cajas de sondeo:22
 l de PVC:56
 Fecha testificación cajas:

MI (1.50-2.10):14-14-18-26
 MI (4.50-5.10):8-17-24-27
 MI (9.00-9.60):16-21-29-34
 MI (14.00-14.22):20-50R

PETICIONARIO:	MINISTERIO DE FOMENTO
SITUACIÓN:	ACCESO FERROVIARIO PUERTO EXTERIOR A CORUÑA
LOCALIDAD:	ARTEIXO (A CORUÑA)
FECHA:	Del 18 al 25 de Octubre de 2012
COORDENADAS: X=	541987 Y= 4798944 Z= 74 OBRA: 40049271-3

SONDEO:	S-6	HOJA:	3/4
SONDA:	TP-50D		
SUPERVISOR:	I. CARRASCO		
SONDISTA:	JOSE M. DOMINGUEZ/MARCO A. ROMÁN		

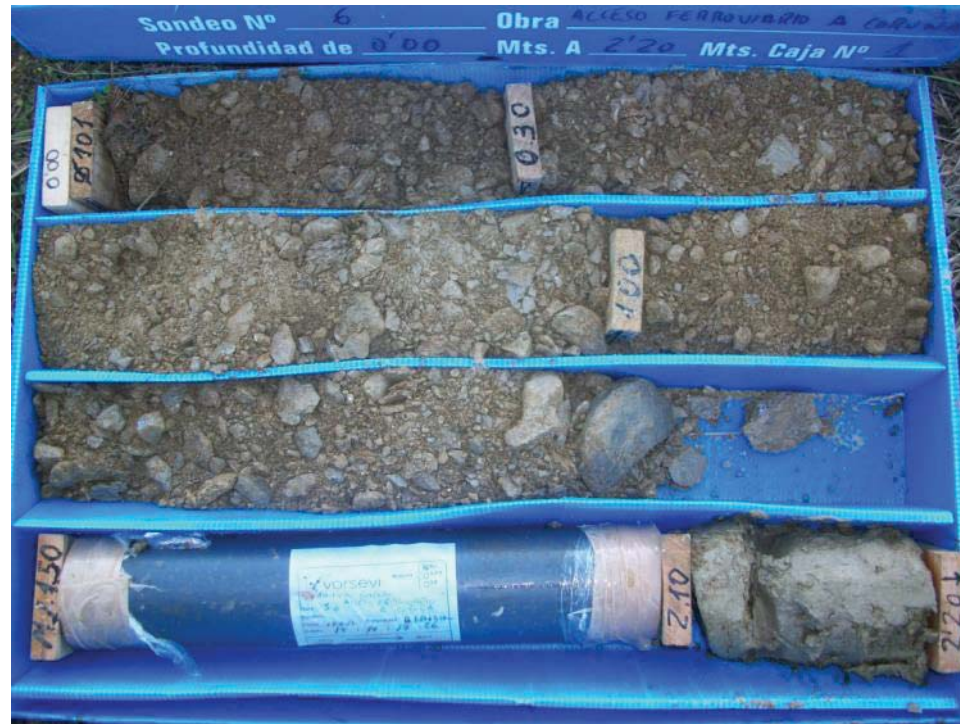
Diferencia pola que se fai constar que o documento coincide co enviado a exposición pública
 Xefe de servizo de Planificación e Ordenación do Soc. Alberto Feijoo Rodríguez
 INSTITUTO GALEGO DA VIVENDA E SOLO
 CVE: Rg1e4QH31 Verificación: https://sede.xunta.gal/cve



P. Perforación							Descripción	Ensayos in situ					Caracterización Macizo Roca										Identificación					Triaxial																
Ø Revestimiento [mm]	Ø Perforación [mm]	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafía		Nivel freático	Muestra	Presiómetro	Permeabilidad	SPT	Nspt	R.Q.D.	Tipo de plano	Referencia plano	Buzamiento [°]	Espaciado [m]	Apertura [mm]	Rugosidad	J.R.C.	Esp relleno [cm]	Tipo de Relleno	Resistencia martillo	N30	Grado Meteorización	% T5	% T0,08	WI	IP	Clasificación U.S.C.S.	Densidad Seca [g/cm³]	% Humedad	qu [MPa]	Cohesión [kg/cm²]	Áng. Rozam. [°]	Acidez Bauman-Gully	Sulfatos %-mg/kg						
20	40	60	80		35.50								20	40	60	80																												
	Td(86)													J		5	1	1	Lisa	2	0.1	C,Ox	0		I-																			
								TP-4						J		5	1	1	Lisa	2	0.1	C,Ox	0		-II																			
	Td(76)							PRES-3						J		5	1	1	Lisa	2	0.1	C,Ox	0																					
								TP-5						J		2	20	6	Plana	2	0.1	C, Fe	0																					
	Td(86)							0.62LU						J		2	20	6	Plana	2	0.1	C, Fe	0																					
								TP-6						J		2	20	6	Plana	2	0.1	C, Fe	0																					
	Td(76)													J		2	20	6	Plana	2	0.1	C, Fe	0																					
														J		2	20	6	Plana	2	0.1	C, Fe	0																					

OBSERVACIONES:
 Arqueta metálica:SI
 Cajas de sondeo:22
 l de PVC:56
 Fecha testificación cajas:
 46.00
 MI (1.50-2.10):14-14-18-26
 MI (4.50-5.10):8-17-24-27
 MI (9.00-9.60):16-21-29-34
 MI (14.00-14.22):20-50R

FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 6



CAJA 1 DE 22. DE 0,00 m A 2,20 m.



CAJA 2 DE 22. DE 2,20 m A 4,50 m.



CAJA 3 DE 22. DE 4,50 m A 7,00 m.



CAJA 4 DE 22. DE 7,00 m A 9,60 m.

FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 6



CAJA 5 DE 22. DE 9,60 m A 12,30 m.



CAJA 6 DE 22. DE 12,30 m A 14,70 m.



CAJA 7 DE 22. DE 14,70 m A 17,20 m.



CAJA 8 DE 22. DE 17,20 m A 19,60 m.



FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 6



CAJA 9 DE 22. DE 19,60 m A 22,20 m.



CAJA 10 DE 22. DE 22,20 m A 24,60 m.



CAJA 11 DE 22. DE 24,60 m A 27,60 m.



CAJA 12 DE 22. DE 27,60 m. A 30,50 m.



FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 6



CAJA 13 DE 22. DE 30,50 m A 33,50 m.



CAJA 14 DE 22. DE 33,50 m A 36,50 m.



CAJA 15 DE 22. DE 36,50 m A 39,70 m.



CAJA 16 DE 22. DE 39,70 m A 42,70 m.



FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 6



CAJA 17 DE 22. DE 42,70 m A 45,80 m.



CAJA 18 DE 22. DE 45,80 m A 48,70 m.



CAJA 19 DE 22. DE 48,70 m A 51,70 m.



CAJA 20 DE 22. DE 51,70 m A 54,80 m.



FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 6



CAJA 21 DE 22. DE 54,80 m A 57,80 m.



CAJA 22 DE 22. DE 57,80 m A 58,00 m.



SONDEO	S-8	FECHA INICIO	SUPERVISOR	INMA CARRASCO	COORDENADA (WGS84)		SITUACIÓN DEL SONDEO	
		10/11/2012	SONDISTA	ISRAEL B. RIVERO/ PABLO M. BELLIDO	X	541943	ALTERNATIVA	5 Y 6
		FECHA FIN	MÁQUINA	ORUGA	Y	4799761		
		14/11/2012	MODELO	TP-50D	Z			

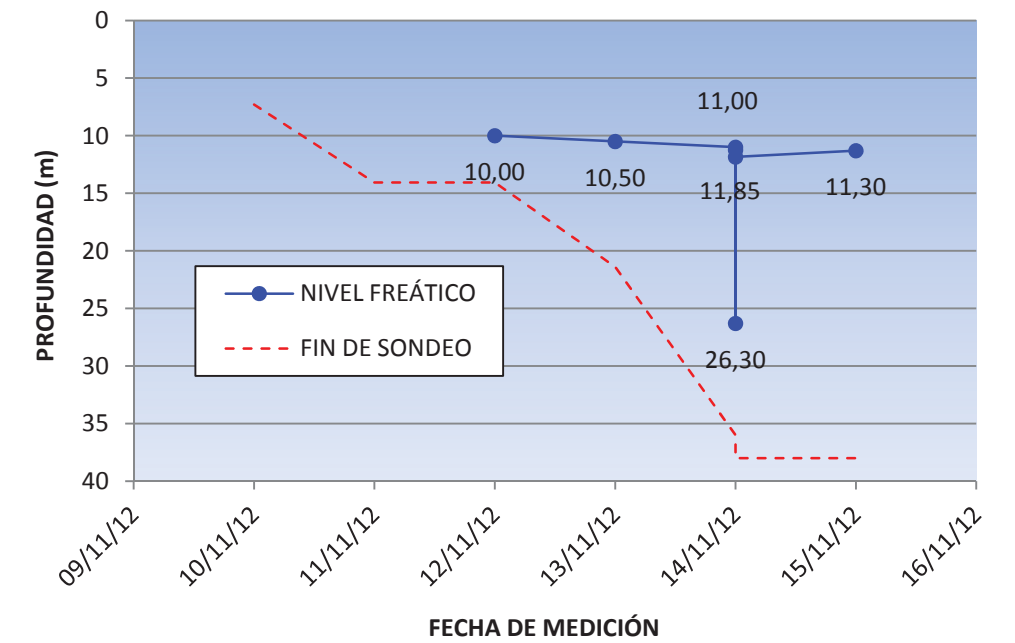


SITUACIÓN DEL ENSAYO.
ORTOFOTOGRAFÍA



ENSAYO EN EJECUCIÓN

EVOLUCIÓN DEL NIVEL FREÁTICO



FECHA	N. FREÁTICO (m)	OBSERVACIONES
10-nov	No se detecta	
11-nov	No se detecta	
12-nov	10,00	
13-nov	10,50	
14-nov	11,00	
14-nov	11,25	
14-nov	26,30	Extracción de 120 litros
14-nov	11,85	Toma de muestra de agua a las 4 horas del bombeo
15-nov	11,30	



VISTA PREVIA DEL EMPLAZAMIENTO



ESTADO FINAL PREVIO Y POSTERIOR A REPOSICIÓN Y ARQUETA





PETICIONARIO:	MINISTERIO DE FOMENTO	SONDEO:	S-8	HOJA:	1/3
SITUACIÓN:	ACCESO FERROVIARIO PUERTO EXTERIOR A CORUÑA	SONDA:	TP-50D		
LOCALIDAD:	ARTEIXO (A CORUÑA)	SUPERVISOR:	I. CARRASCO		
FECHA:	Del 10 al 14 de Noviembre de 2012	SONDISTA:	ISRAEL B. RIVERO/MARCO A. ROMÁN		
COORDENADAS: X=	541943	Y=	4799761	Z=	41
		OBRA:	40049271-3		

P. Perforación							Descripción	Ensayos in situ					Caracterización Macizo Roca										Identificación					Triaxial		Acidez Bauman-Gully	Sulfatos %-mg/kg													
Ø Revestimiento [mm]	Ø Perforación [mm]	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafía		Nivel freático	Muestra	Presiómetro	Permeabilidad	SPT	Nspt	R.Q.D.	Tipo de plano	Referencia plano	Buzamiento [°]	Espaciado [m]	Apertura [mm]	Rugosidad	J.R.C.	Esp relleno [cm]	Tipo de Relleno	Resistencia martillo	N30	Grado Meteorización	% T5	% T0,08	WI			IP	Clasificación U.S.C.S.	Densidad Seca [g/cm³]	% Humedad	qu [MPa]	Cohesión [kg/cm²]	Áng. Rozam. [°]						
	Bw(101)	0.00 0.30 0.60 0.90	20 40 60 80		15.00								20 40 60 80										1 2 3 4		I V -V																			
1																																												
2		1.80 2.00 2.05 2.40																																										
3	Bw(101)	3.00																																										
4		3.60																																										
5		5.00 5.26																																										
6	Bw(101)	6.50																																										
7		7.30																																										
8		7.70 8.00 8.04																																										
9	Bw(101)	8.60 9.00																																										
10		9.60 10.10																																										
11		11.00 11.07																																										
12	Bw(101)	12.00																																										
13		13.00																																										
14	Bw(76)	14.00 14.06							14.00						J 2	80	2	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox				III- -IV																		
15		15.00		15.00					15.00						J 4	40	-	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox																						
															J 3	10	0.2	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox																						

OBSERVACIONES:
 Arqueta metálica:SI
 Cajas de sondeo:15
 diámetro de PVC:38
 Fecha testificación cajas:
 MI (2.00-2.05):50R



PETICIONARIO:	MINISTERIO DE FOMENTO	SONDEO:	S-8	HOJA:	2/3
SITUACIÓN:	ACCESO FERROVIARIO PUERTO EXTERIOR A CORUÑA	SONDA:	TP-50D		
LOCALIDAD:	ARTEIXO (A CORUÑA)	SUPERVISOR:	I. CARRASCO		
FECHA:	Del 10 al 14 de Noviembre de 2012	SONDISTA:	ISRAEL B. RIVERO/MARCO A. ROMÁN		
COORDENADAS: X=	541943	Y=	4799761	Z=	41
		OBRA:	40049271-3		

P. Perforación							Descripción	Ensayos in situ					Caracterización Macizo Roca										Identificación						Triaxial		Acidez Bauman-Gully	Sulfatos %-mg/kg									
Ø Revestimiento [mm]	Ø Perforación [mm]	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafía		Nivel freático	Muestra	Presiómetro	Permeabilidad	SPT	Nspt	R.Q.D.	Tipo de plano	Referencia plano	Buzamiento [°]	Espaciado [m]	Apertura [mm]	Rugosidad	J.R.C.	Esp relleno [cm]	Tipo de Relleno	Resistencia martillo	N30	Grado Meteorización	% T5	% T0,08	WI	IP			Clasificación U.S.C.S.	Densidad Seca [g/cm³]	% Humedad	qu [MPa]	Cohesión [kg/cm²]	Áng. Rozam. [°]			
	Tw(86)	15.00	20 40 60 80	15.00	5.10	ORTOGNEIS (R4-5; M II-III). - Granitoide de grano fino y aspecto general grisáceo. - Abundantes vetas de cuarzo mayoritario (hasta 4 cm).		TP-1					20 40 60 80	J	3	10	0.2	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox	1 2 3 4	6	III								17								
	Td(86)	15.70		16.00												J	1	60	0.3	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox		0															
		17.00		17.00										J	1	60	0.3	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox		3																	
		18.20		18.20										J	3	5	0.5	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox		3	II																
		19.40		19.40		ORTOGNEIS DE GRANO GRUESO. - A partir de 20,10 m aumenta la proporción en cuarzo y el tamaño del grano. - Signos de oxidación en las juntas.		TP-2						J																											
		20.10		20.10											J	1	60	1	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox		1																
		21.40		21.40										J																											
		22.70		22.70										J	1	60	1	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox		1																	
		23.90		23.90				TP-3						J																											
		24.30		24.30										J																											
		25.10		25.10										J																											
		26.10		26.10										J																											
		27.60		27.60										J		40	0.5	2	Ondulada	4	0.2	C		2																	
		29.25		29.25				TP-4						J		5	1	2	Ondulada	6	0.2	C,Ox		1																	
		29.65		29.65										J																											

OBSERVACIONES: Arqueta metálica:SI Cajas de sondeo:15 l de PVC:38 Fecha testificación cajas:	MI (2.00-2.05):50R
--	--------------------





PETICIONARIO:	MINISTERIO DE FOMENTO
SITUACIÓN:	ACCESO FERROVIARIO PUERTO EXTERIOR A CORUÑA
LOCALIDAD:	ARTEIXO (A CORUÑA)
FECHA:	Del 10 al 14 de Noviembre de 2012
COORDENADAS: X=	541943
Y=	4799761
Z=	41
OBRA:	40049271-3

SONDEO:	S-8	HOJA:	3/3
SONDA:	TP-50D		
SUPERVISOR:	I. CARRASCO		
SONDISTA:	ISRAEL B. RIVERO/MARCO A. ROMÁN		

P. Perforación							Descripción	Ensayos in situ					Caracterización Macizo Roca										Identificación																					
Ø Revestimiento [mm]	Ø Perforación [mm]	Maniobra	Recuperación	Profundidad	Espesor	Estratigrafía		Nivel freático	Muestra	Presiometro	Permeabilidad	SPT	Nspt	R.Q.D.	Tipo de plano	Referencia plano	Buzamiento [°]	Espaciado [m]	Apertura [mm]	Rugosidad	J.R.C.	Esp relleno [cm]	Tipo de Relleno	Resistencia martillo	N30	Grado Meteorización	% T5	% T0,08	WI	IP	Clasificación U.S.C.S.	Densidad Seca [g/cm³]	% Humedad	qu [MPa]	Cohesión [kg/cm²]	Áng. Rozant. [°]	Acidez Bauman-Gully	Sulfatos %-mg/kg						
		20.40	60	80	30.40	13.60							20.40	J			40	1.5	1	Ondulada	4	0.1	C	1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 2 2 0 0 0 0 0 1 1 3 3 2 2 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 3 3 4 1	II																			
		Td(86)		33.30	33.70									J			80	2	1	Plana	4	0.1	C,Ox		III																			
				36.00	4.30									J			40	1	2	Plana	4	0.2	C		II																			
				38.00										J			5	1	2	Plana	6	0.2	C																					
				38.00										J			80	0.8	0.8	Plana	6	0.2	C																					

<p>OBSERVACIONES: Arqueta metálica:SI Cajas de sondeo:15 Cil de PVC:38 Fecha testificación cajas:</p>	MI (2.00-2.05) :50R
---	---------------------



FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 8



CAJA 1 DE 15. DE 0,00 m A 2,40 m.



CAJA 2 DE 15. DE 2,40 m A 4,80 m.



CAJA 3 DE 15. DE 4,80 m A 7,30 m.



CAJA 4 DE 15. DE 7,30 m A 9,60 m.



FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 8



CAJA 5 DE 15. DE 9,60 m A 12,00 m.



CAJA 6 DE 15. DE 12,00 m A 14,20 m.



CAJA 7 DE 15. DE 14,20 m A 17,00 m.



CAJA 8 DE 15. DE 17,00 m A 19,90 m.



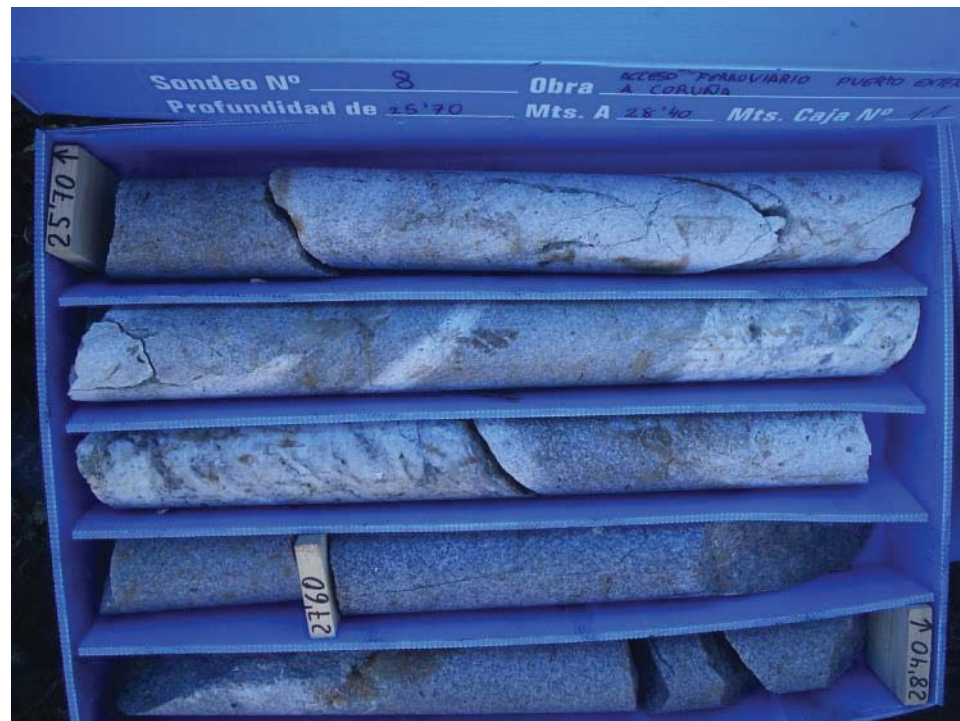
FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 8



CAJA 9 DE 15. DE 19,90 m A 22,70 m.



CAJA 10 DE 15. DE 22,70 m A 25,70 m.



CAJA 11 DE 15. DE 25,70 m A 28,40 m.



CAJA 12 DE 15. DE 28,40 m A 30,50 m.

FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 8



CAJA 13 DE 15. DE 30,50 m A 33,30 m.



CAJA 14 DE 15. DE 33,30 m A 36,00 m.



CAJA 15 DE 15. DE 36,00 m A 38,00 m.



SONDEO	S-9	FECHA INICIO	SUPERVISOR	INMA CARRASCO	COORDENADA (WGS84)		SITUACIÓN DEL SONDEO	
		18/10/2012	SONDISTA	ISRAEL B. RIVERO/ PABLO M. BELLIDO	X	541373	ALTERNATIVAS	2, 3 Y 4
		FECHA FIN	MÁQUINA	ORUGA	Y	4787817		
		22/10/2012	MODELO	TP-50D	Z			



SITUACIÓN DEL ENSAYO. ORTOFOTOGRAFÍA



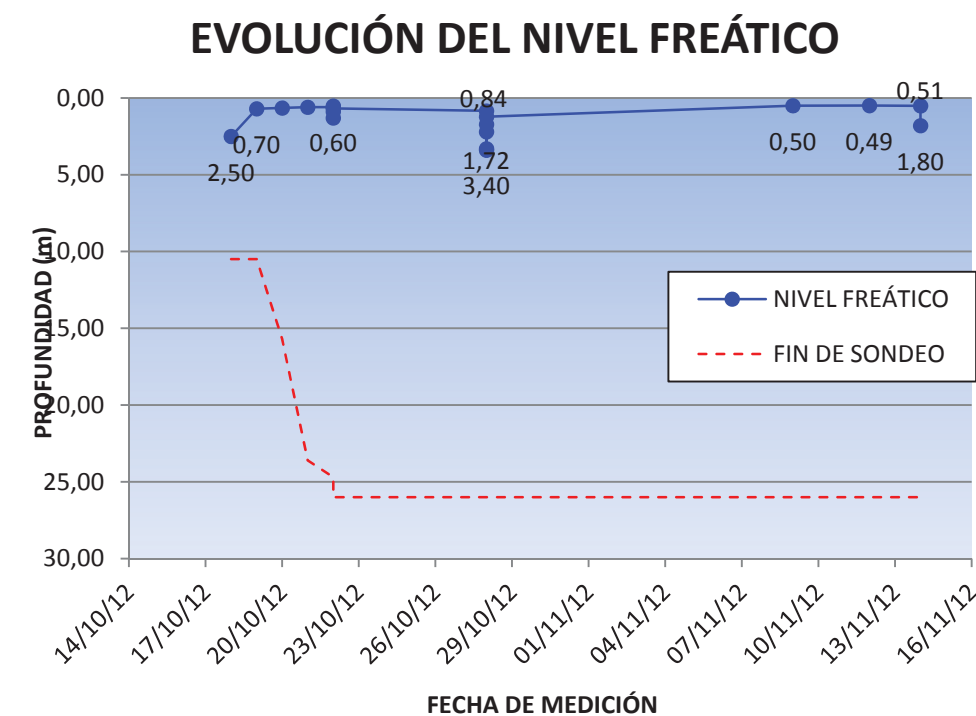
ENSAYO EN EJECUCIÓN



VISTA PREVIA DEL EMPLAZAMIENTO



VISTA FINAL DEL EMPLAZAMIENTO Y ARQUETA



FECHA	N. FREÁTICO (m)	OBSERVACIONES
18-oct	2,50	
19-oct	0,70	
20-oct	0,65	
21-oct	0,60	
22-oct	0,60	
22-oct	0,52	
22-oct	1,30	Nivel tras extracción de 30 l
22-oct	0,88	
22-oct	0,68	
28-oct	0,84	
28-oct	3,40	Nivel tras extracción de 15 litros
28-oct	1,72	Medida a los 2 minutos
28-oct	3,30	Extracción de 10 litros
28-oct	2,20	Medida a los 13 minutos
28-oct	1,22	Medida a los 12 minutos
09-nov	0,50	
12-nov	0,49	
14-nov	0,51	
14-nov	1,80	Bombeo de 8 l y toma de muestra de agua



FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 9



CAJA 1 DE 10. DE 0,00 m A 2,30 m.



CAJA 2 DE 10. DE 2,30 m A 5,30 m.



CAJA 3 DE 10. DE 5,30 m A 7,50 m.



CAJA 4 DE 10. DE 7,50 m A 10,20 m.



FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 9



CAJA 5 DE 10. DE 10,20 m A 13,40 m.



CAJA 6 DE 10. DE 13,40 m A 16,30 m.



CAJA 7 DE 10. DE 16,30 m A 19,20 m.



CAJA 8 DE 10. DE 19,20 m A 22,10 m.

FOTOGRAFÍAS DE LAS CAJAS DEL SONDEO 9



CAJA 9 DE 10. DE 22,10 m A 24,90 m.



CAJA 10 DE 10. DE 24,90 m A 26,00 m.





ANEJO III. Cuadros geotécnicos

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO

N/REFERENCIA: EG-4040

Anejos



ESCALA DE METEORIZACION DE LA ROCA

GRADO DE METEORIZACIÓN	DENOMINACIÓN	CRITERIO DE RECONOCIMIENTO
I	SANA	Roca no meteorizada. Conserva el color lustroso en toda la masa.
II	SANA CON JUNTAS TEÑIDAS DE OXIDOS	Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre juntas mantiene el color lustroso de la roca.
III	MODERADAMENTE METEORIZADA	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica, reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color puede ser desde simples manchas a variación de color de toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de hierro. La resistencia de la roca puede variar desde muy análoga al de la roca de grado II a bastante más baja, pero tal que trozos de 25 cm ² de sección no pueden romperse a mano.
IV	MUY METEORIZADA	Roca intensamente meteorizada que puede desmenuzarse a mano y romperse.
V	COMPLETAMENTE METEORIZADA	Material con aspecto de suelo completamente descompuesto por meteorización "in situ", pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original.

CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA SEGÚN ISMR

CLASE	DESCRIPCIÓN	RECONOCIMIENTO	RESISTENCIA COMPRESION SIMPLE (MPa)
R ₀	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 – 1,0
R ₁	Roca muy blanda	Se desmenuza con el martillo y se talla fácilmente con navaja	1 – 5
R ₂	Roca blanda	Al golpear con martillo se producen lascas. Talla difícilmente con navaja	5 - 25
R ₃	Roca moderadamente dura	Puede fracturarse con un golpe fuerte de martillo. No puede tallarse con navaja	25 - 50
R ₄	Roca dura	Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla	50 - 100
R ₅	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes de martillo para fracturarla	100 - 250
R ₆	Roca extremadamente dura	Al golpearla con martillo de geólogo solo saltan esquirlas	> 250





ANEJO IV. COPIA INFORMES GEOTÉCNICOS

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO

N/REFERENCIA: EG-4040

Anejos





IV.1 Estudio geológico geotécnico para el proyecto: “estudio y planificación del sistema de saneamiento del área de A Coruña”. saneamiento del municipio de Arteixo.

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL
PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO

N/REFERENCIA: EG-4040

Anejos





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO
“Estudio y Planificación del Sistema de
Saneamiento del área de A Coruña”.
Saneamiento del Municipio de Arteixo.**

Documento: INFORME AYUNTAMIENTO DE ARTEIXO

Mayo de 2.002





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

Í N D I C E

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	BOMBEO DE SABÓN (Rañal 2)	2
2.1.	Trabajos realizados	2
2.2.	Características litológicas	5
2.2.1.	Nivel freático	6
2.3.	Excavabilidad y estabilidad	7
2.4.	Condición resistente y de cimentación	9
2.5.	Conclusiones	10
3.	BOMBEO DE BENS	11
3.1.	Trabajos realizados	11
3.2.	Características litológicas	13
3.2.1.	Nivel freático	15
3.3.	Excavabilidad y estabilidad	15
3.4.	Condición resistente y de cimentación	16
3.5.	Conclusiones	16
	ANEXO I: Columna de Sondeo y Fotos de Testigos	18
	ANEXO II: Estaciones de Observación	23
	ANEXO III: Estadillos de Laboratorio	31

Mayo de 2.002





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

1.- INTRODUCCIÓN

El presente estudio ha sido realizado por encargo de la firma IMR (Ingenierías Medioambientales y de Recuperación), que proyecta para AUGAS DE GALICIA el Estudio y Planificación de Saneamiento del área de A Coruña, dividido en dos grandes entornos, el de la Ría del Burgo (ayuntamientos de Oleiros, Culleredo y Cambre) y el del municipio de Arteixo.

El objetivo final del estudio ha sido el de reconocer, desde el punto de vista geológico-geotécnico, las condiciones que presentan los entornos físicos en los que se emplazarán los pozos de bombeo y aquellos por los que discurrirá el tendido de los tramos de impulsión de la red de saneamiento del municipio de Arteixo afectada por la nueva planificación, concretamente los *Bombeos de Sabón (Rañal 2) y Bens*, para los que se prevén pequeños desplazamientos.

A escala local, el medio físico que resultará afectado por las repetidas obras pertenece a la zona de contacto entre los dominios de la Granodiorita precoz de La Coruña y de la Serie de Órdenes (sector occidental), significándose el primero en la cala de Bens, con litotipos típicos de la granodiorita precoz y de los granitos de dos micas y el segundo en Sabón, por medio de un macizo rocoso de naturaleza esquistosa y gneísica, profundamente metamorfozados. Sus aureola externas se muestran muy decomprimidas, tectonizadas y fuertemente meteorizadas, en grado IV (e incluso V), todo lo cual determina una condición geotécnica notablemente inferior a la que correspondería a las respectivas rocas en estado sano.

Mayo de 2.002

Página 1 de 37



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

2. BOMBEO DE SABÓN (Rañal 2)

Este bombeo se sitúa en la zona del Polígono industrial de Sabón, lugar del Rañal, en un entorno muy antropizado, sobre un relleno que descansa sobre el aluvial del encajado río de Arteixo. El tramo de impulsión que de él partirá es muy largo y discurre por diversos rellenos, el metamórfico meteorizado que les sirve de apoyo y, ya en su tramo final, por un acúmulo meteórico-gravitacional que recubre a éste. En un punto determinado cruza sobre las aguas del embalse de Rosadoiro.

2.1.- TRABAJOS REALIZADOS

A) INSPECCIÓN DE CAMPO

La inspección detallada del entorno circundante al de la actuación constructiva proyectada, constató la ausencia casi total de afloramientos rocosos, y aún del terreno natural, tapizado por una generalizada cubierta antropogénica que conforma la infraestructura viaria y de naves del polígono.

Únicamente las trincherillas de la avenida principal por la que discurrirá el tramo de impulsión y las de la carretera por donde lo hará tras cruzar el embalse, permitieron la contemplación directa del terreno natural. En dichos puntos se "levantaron" Estaciones de Observación, tomando datos de la naturaleza del terreno, del comportamiento geotécnico que presenta y del que de él se espera frente a las solicitudes del tendido de impulsión.

B) OBRA DE RECONOCIMIENTO

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la inspección visual realizada y considerando tanto las necesidades reales de conocimiento del terreno que de la misma se dedujeron como las características de la estructura, se diseñó una sencilla campaña de obras de reconocimiento consistente en la realización de un sondeo mecánico a rotación y con extracción continua de testigo, mediante sonda ROLATEC RL-46L. En dicha obra de reconocimiento que alcanzó la profundidad de **9,20 m** y fue designada con la notación **S-1**, se tomaron dos muestras inalteradas, a 2,40 m y 5,40 m de profundidad, seguidas de la práctica de dos ensayos de SPT.

Mayo de 2.002

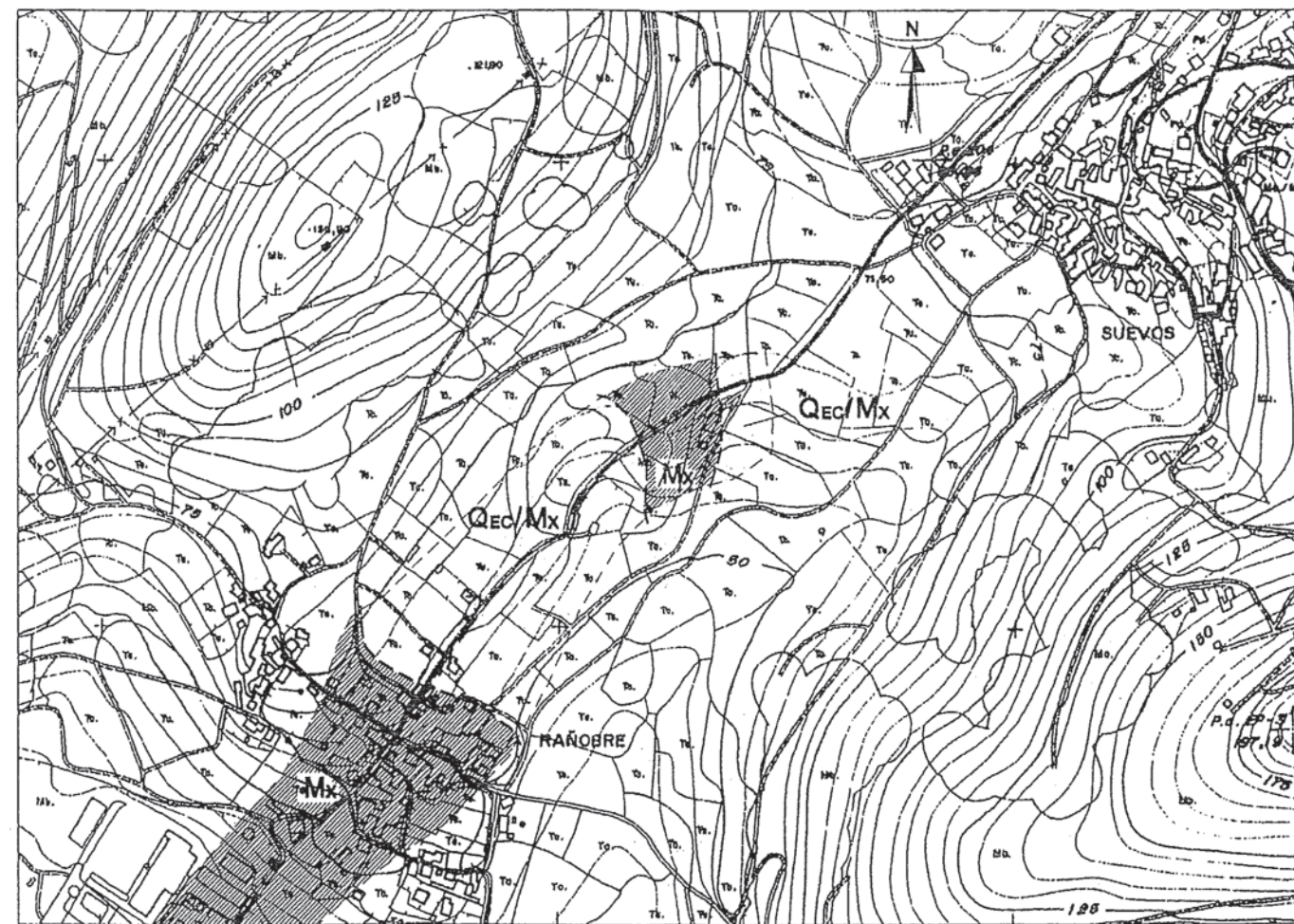
Página 2 de 37





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

BOMBEO DE SABÓN (Rañal 2)
PLANTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA Y DE LOCALIZACIÓN
PLANO 2



LEYENDA

- | | | |
|--|---------------|--|
| | Qec/Mx | Eluvio-coluvial sobre metamórfico meteorizado en grado IV a IV-III |
| | Mx | Metamórfico meteorizado en grado IV a IV-III |
| | M | Macizo rocoso metamórfico |

SIMBOLOGÍA

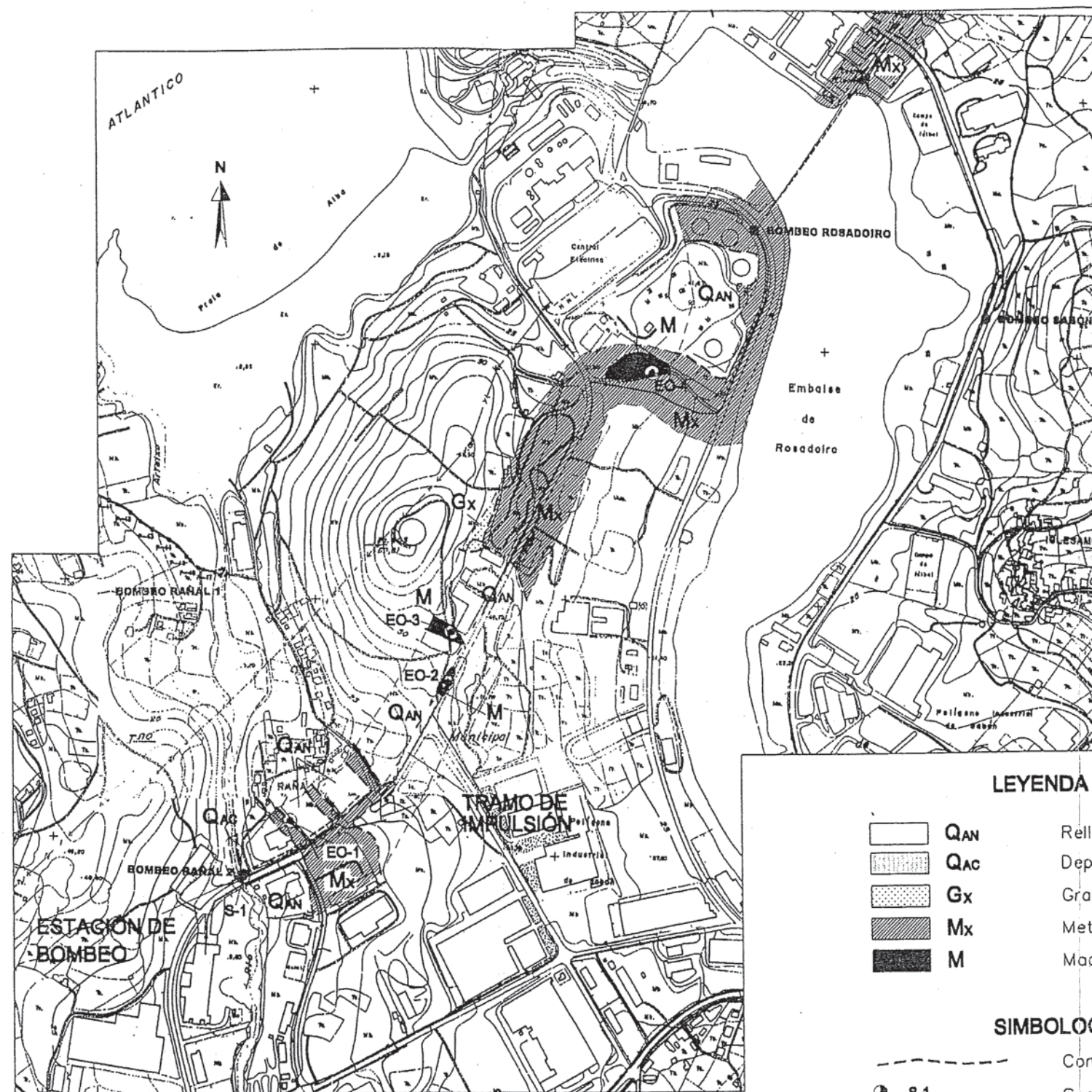
- | | |
|--|-------------------------|
| | Contacto entre unidades |
|--|-------------------------|





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

BOMBEO DE SABÓN (Rañal 2)
PLANTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA Y DE LOCALIZACIÓN
PLANO 1



LEYENDA

	QAN	Relleno antrópico
	QAC	Depósito aluvio-coluvial
	Gx	Granito meteorizado en grado IV
	Mx	Metamórfico meteorizado en grado IV a IV-III
	M	Macizo rocoso metamórfico

SIMBOLOGÍA

	Contacto entre unidades
	S-1 Sondeo mecánico con su notación
	EO-1 Estación de observación





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

A las muestras inalteradas, en laboratorio, se les realizaron ensayos de:

Identificación (granulometría y Límites de Atterberg)	2
Contenido de Humedad	2
Densidad aparente	2
Corte Directo (UU)	1

También se tomó una muestra de agua a la que se le practicó ensayo de Agresividad al Hormigón, de acuerdo con la EHE.

La situación exacta de estas investigaciones (tanto de la Estación de Observación como del Sondeo) se facilita en la adjunta *Planta Geológico-geotécnica y de Localización* (2 planos). La columna del sondeo y sus fotos se incluyen en el Anexo I, las planillas de las Estaciones de Observación se facilitan en el Anexo II y los estadillos de laboratorio en el Anexo III.

C) TRABAJOS DE GABINETE

Una vez realizados los trabajos de campo que se acaban de describir y ya en gabinete, se elaboraron los correspondientes estadillos y documentos gráficos, se analizaron los datos hallados, se interpretó su significado y se redactó el presente Informe.

2.2.- CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS

Los materiales que subyacen en el ámbito interesado pertenecen, como ya se ha dicho, al **Dominio occidental de la Serie de Ordenes** y, desde el punto de vista estructural, se disponen en serie monoclin, fuertemente replegada, con dirección axial aproximada N.NE-S.SW.

La litología desarrollada en este entorno es bastante heterogénea, con tipos pétreos de alto grado de metamorfismo, *M*, pero dominando los paragneises, arenosos, micáceos y de tamaño de grano muy fino; se intercalan también cuarcitas blancuzcas, muy recristalizadas, algunos esquistos, y filones de aplita, pegmatita y granito de dos micas, orientado y tectonizado. Tan complejo conjunto yace en macizo



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

muy foliado y afectado por una red de diaclasado de abertura cambiante que se "cierra" selectivamente hacia la superficie y en las litologías más planares. Se presenta meteorizado, en grado de III/II. La aureola externa del macizo descrito (en espesores variables de 1 a 10 m) se presenta meteorizada en grado IV, constituyendo un tránsito roca-suelo, *M_x*, desagregable a limos-arenosos o arenas-limosas que suele denominarse "tobre" y "pena morta".

El granito que aparece en la base del sondeo es de dos micas, relativamente equigranular y de grano medio. Presenta tonos grisáceos en corte fresco y, en su aureola externa (del orden de 1 m), se muestra meteorizado en grado IV, constituyendo un "jabre", *G_x*, muy denso y grosero del que, en laboratorio, se obtuvieron las siguientes características:

Muestra	$\gamma_{aparente}$	W(%)	Granulometría (% que pasa por tamiz...)				Límites de Atterberg			Clas. USCS
			4	10	40	200	L _w	L _p	I _p	
5,40 m.	2,27 t/m ³	11,6	100,0	98,2	50,6	15,4	No Plástico			SM

Sobre el substrato rocoso descrito, yace un depósito, *Q_{ac}*, de génesis aluvial, tonalidades grisáceas oscuras y carácter fundamentalmente limoso, aunque incluye también fracción arena. Las características analíticas de dicho depósito, que posee unos 3 m de potencia, son las siguientes:

Muestra	$\gamma_{aparente}$	W(%)	Granulometría (% que pasa por tamiz...)				Límites de Atterberg			Clas. USCS
			4	10	40	200	L _w	L _p	I _p	
2,40 m.	1,58 t/m ³	56,6	100,0	100,0	85,7	69,8	49,1	38,7	10,4	ML

Remata la columna litológica local un relleno, *Q_{AN}*, de 2,15 m de espesor, integrado por limos-arenosos micáceos y arenas, que puede incluir ligera fracción arcilla y dispersa fragmentos rocosos y restos cerámicos.

2.2.1.- Nivel Freático

Al finalizar el sondeo S-1 (22/04/02), el nivel freático local se localizaba a 2,30 m. de profundidad, y veinte días después, el 13/05/02, a las 20,30 horas, lo hacía a



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

2,04 m, cota a la que se interpreta estabilizado.

El ensayo para determinar la Agresividad al Hormigón, realizado (de acuerdo con la EHE) en la muestra de agua tomada, ha suministrado los datos que se reflejan en la siguiente tabla:

PH	5,82
Magnesio	32,08 mg/l
Amonio	1,44 mg/l
Sulfato	46,9 mg/l
CO ₂	9,68 mg/l
Sólidos disueltos	484 mg/l

De acuerdo con dichos resultados el agua debe ser clasificada de Agresividad Débil al hormigón, a causa de su pH ligeramente bajo.

2.3.- EXCAVABILIDAD Y ESTABILIDAD.

Tal y como se puede observar en la Planta Geológico-geotécnica, el tramo de impulsión discurrirá por los rellenos del polígono, Q_{AN} , el "tobre" o "pena morta", M_X (paragneises y esquistos meteorizados en grado IV), algún asomo del macizo rocoso metamórfico, M y, al final, llegando ya a los relieves de Suevos, por un depósito eluvio-coluvial arenolimoso, Q_{ec} , que tapiza a la unidad M_X . Todos los materiales citados, especialmente en el ámbito superficial de la impulsión, son excavables con medios mecánicos convencionales y, consiguientemente, no presentarán problemas en dicho sentido.

No obstante, los asomos de la unidad M (que se intersectarán sobre todo si la impulsión se lleva por el lado izquierdo del vial) opondrán, lógicamente, mayor resistencia a la excavación. Con los datos de EO-2, EO-3 y EO-4, *índice medio de espaciamiento entre fracturas*, I_F , de 0,30 m, y un *índice de resistencia bajo carga puntual*, I_S (deducido de la respuesta al golpeo con la piqueta) del orden de 2 MPa, se puede elaborar, para dichos asomos, el siguiente *índice de excavabilidad básico*:

$$IE = [30,4 + 8,6 \ln I_S] \cdot [4,3 + 0,6 \ln I_F]$$

Mayo de 2.002

Página 7 de 37



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

$$IE = [30,4 + 8,6 \ln 2] \cdot [4,3 + 0,6 \ln 0,30] = 130$$

Dicho valor, permite clasificarlos dentro del Grupo V, de excavabilidad Muy Difícil, para el que se precisa la utilización de tractores muy potentes (≥ 500 KW), o martillo picador.

A la salida del pozo de bombeo, la zanja del tramo de impulsión alcanzará su cota más profunda y su máxima afección al conjunto relleno/aluvial, por lo que se considera conveniente calcular sus taludes estables en dicho punto. Para ello, se recurrirá, por un lado, a los datos obtenidos en el ensayo de Corte Directo (sin consolidar y sin drenar) practicado a la muestra inalterada localizada a 2,40 m de profundidad. Son los siguientes:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{aparente}} &= 1,56 \text{ t/m}^3 \\ c &= 3,2 \text{ t/m}^2 \\ \varphi &= 15,8^\circ \end{aligned}$$

Por otro lado, para el tramo superior de relleno, de compacidad muy baja, se pueden estimar valores de cohesión y rozamiento similares a los hallados en rellenos similares de las restantes estaciones de bombeo y si, para el conjunto, se considera un valor medio tanto de c como de φ , para una zanja de 5 m. de profundidad y un coeficiente de seguridad de 1,3 (que se considera exigible en una excavación provisional), los factores adimensionales de cálculo de estabilidad para rotura circular por el pie del talud, según Hoek y Bray, serán de:

$$\begin{aligned} \frac{c}{\gamma \cdot H \cdot \text{tg } \varphi} &= 0,17 \\ \frac{\text{tg } \varphi}{FS} &= 0,50 \end{aligned}$$

Y sabiendo que el nivel freático se sitúa alrededor de los 2 m. de profundidad, la utilización de los ábacos de dichos autores nos llevaría al tallado de taludes de relación $H:V$ de 1:1 y, aún así, el personal, en la zanja, deberá trabajar al amparo de una "jaula". Si el pasillo de afección así definido, por las causas que fuere, resultara excesivo o impracticable, sería preciso excavar con la ayuda de entibación.

Mayo de 2.002

Página 8 de 37





2.4.- CONDICIONES RESISTENTES Y DE CIMENTACIÓN.

A fin de cuantificar la resistencia de los materiales del aluvial y del "jabre", niveles donde lógicamente se apoyará la cimentación del pozo, además de realizar en laboratorio el ensayo de corte directo descrito, a las cotas de 3 y 5,75 m, se practicaron dos pruebas de SPT, obteniéndose, respectivamente, valores de N_{30} de 2 y de Rechazo. El primer valor corresponde al aluvial que, de acuerdo con el mismo y a partir del criterio de diversos autores, admite cargas de cimentación (limitando los potenciales asentamientos a una pulgada) del orden de $0,2 \text{ Kg/cm}^2$. Naturalmente, se considera No Apto para soporte de la cimentación.

El Rechazo alcanzado por el SPT en el "jabre" (ya muy cerca del granito) permite, sin precisar mayores cálculos, establecer la posibilidad de cimentar el pozo de bombeo sobre dicho material, imputando tensiones unitarias de hasta 3 Kg/cm^2 . Como habrá que compensar la subpresión de una columna de agua de unos 3 m, el abanico de cargas de cimentación será, por tanto, de $0,3 \text{ Kg/cm}^2 < P < 3 \text{ Kg/cm}^2$.

El coeficiente de empuje activo del conjunto relleno/aluvial sobre las paredes del pozo de bombeo, suponiendo trasdós vertical y hormigonado con encofrado metálico, se puede calcular o de la siguiente forma:

$$\frac{\delta}{\varphi} = 0,5 \quad ; \quad \delta = 0,5 \cdot 15,8 \approx 7,9^\circ$$

$$K_a = \left[\frac{\sec \alpha \cdot \cos(\varphi - \alpha)}{\sqrt{\cos(\alpha + \delta) + \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\beta - \alpha)}}} \right]^2$$

$$K_a = \left[\frac{1 \cdot \cos 15,8}{\sqrt{\cos 7,9 + \frac{\sin 23,7 \cdot \sin 15,8}{1}}} \right]^2 = 0,52$$

El empuje máximo en el trasdós de las paredes del pozo, considerando el peor caso para el nivel freático (a 2 m de profundidad) y la cimentación establecida sobre el "jabre", a 5 m, será de:



$$\vec{E} = \vec{E}_T + \vec{U}$$

$$U = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 = 4,5 \text{ t/m}$$

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3$$

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_a \cdot (H - h)^2 = 3,9 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \gamma \cdot K_a \cdot (H - h) \cdot h = 5,1 \text{ t/m}$$

$$E_3 = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot K_a \cdot h^2 = 1,3 \text{ t/m}$$

$$E_T = 10,3 \text{ t/m}$$

$$E = E_T + U = 14,8 \text{ t/m}$$

Siendo "H" la profundidad de cimentación, "h" la altura del agua sobre dicha profundidad, y $H - h = 2$.

2.5.- CONCLUSIONES.

Del estudio realizado, pueden establecerse las siguientes conclusiones:

- El punto en la que se ampliará (o al que se trasladará) el pozo de bombeo, está ocupada por un substrato granítico meteorizado en grado III/II (grado IV en su metro superior, transformado en "jabre"), sobre el que yace un acúmulo aluvial limoso muy suelto y un relleno también de baja compacidad. El nivel freático, de Débil agresividad al hormigón, se estabiliza a 2 m. de profundidad.
- Es necesario que la cimentación del pozo se lleve al "jabre" o al granito que le subyace, es decir, a unos 5 m de profundidad, imputando tensiones dentro del abanico de valores $0,30 - 3,00 \text{ Kg/cm}^2$, a fin de no superar las admisibles y de contrarrestar la subpresión.
- El zanqueo junto al pozo deberá practicarse con entibación, o bien tallando





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

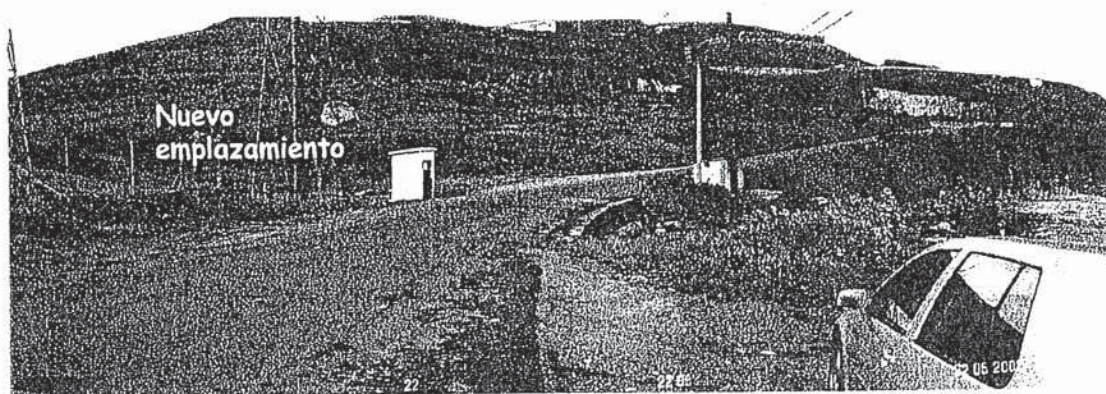
Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

taludes provisionales con relación H:V de 1:1.

- D) El tramo de impulsión discurre por rellenos, metamórfico meteorizado en grado IV ("tobre" o "pena morta") y por un eluvio-coluvial con carácter de suelo, todos ellos materiales perfectamente excavables con medios mecánicos convencionales. Algunos asomos del macizo rocoso metamórfico (con interestratificados de cuarcita y granito) pueden precisar la utilización de medios mecánicos muy potentes o del empleo de martillo neumático.

3. BOMBEO DE BENS

Este bombeo se localiza en el vértice interior de la cala de Bens, junto a la desembocadura de un regato que recorre la vaguada donde se asientan las instalaciones de la Refinería de Petroliber. Se quiere modificar su emplazamiento actual, en el borde externo de la carretera, por otro muy cercano pero en el borde interno (ver foto). El tramo de impulsión que partirá del nuevo pozo, se desarrollará, casi en su totalidad, por los rellenos antropogénicos del entorno y, casi al final, podrá incidir en el terreno natural.



3.1.- TRABAJOS REALIZADOS

A) INSPECCIÓN DE CAMPO

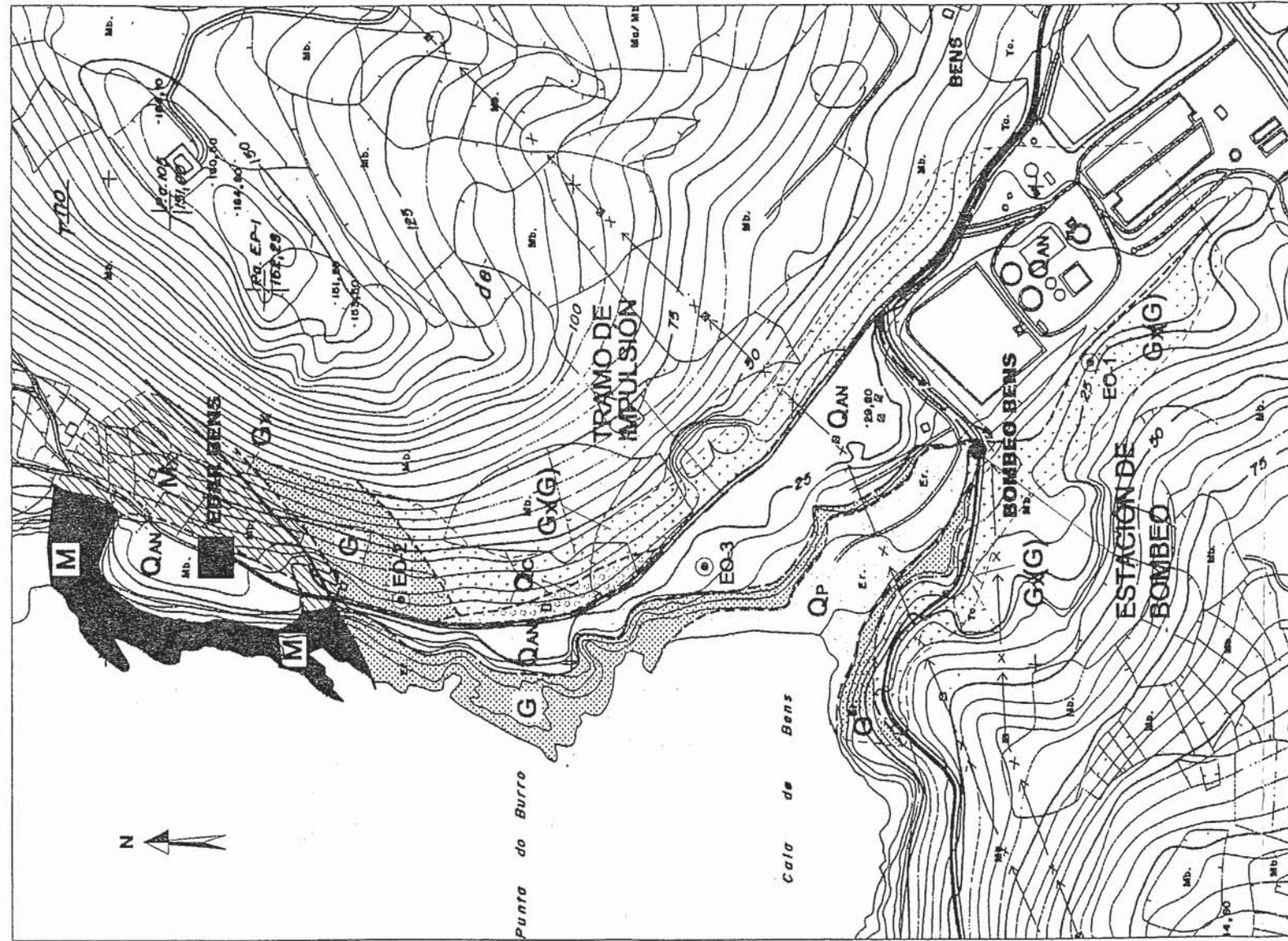
La inspección detallada del entorno interesado permitió la





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

BOMBEO DE BENS
PLANTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA Y DE LOCALIZACIÓN



LEYENDA

	QAN	Relleno antrópico
	QP	Depósito de playa
	Qc	Depósito coluvial
	Mx	Metamórfico meteorizado en grado IV-V
	M	Macizo rocoso metamórfico

	Gx	Granito meteorizado en grado IV
	Gx(G)	Alternancia de granito sano y granito meteorizado en grado IV
	G	Macizo rocoso granítico

SIMBOLOGÍA

	Contacto entre unidades
	Falla
	EO-3 Estación de observación





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

observación directa (y en algunas trincheras de caminos) del terreno natural, "levantándose" diversas Estaciones de Observación, en las que se tomaron datos referentes a la naturaleza del terreno, al comportamiento geotécnico que presenta y al que de él se espera frente a las solicitudes del tramo de impulsión

B) OBRA DE RECONOCIMIENTO

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la inspección visual realizada y considerando tanto las necesidades reales de conocimiento del terreno que de la misma se dedujeron como las características de la estructura, se concluyó en que, en esta fase de proyecto, no eran necesarias obras de reconocimiento, habida cuenta de que la cimentación del nuevo pozo se llevará a cabo en un "jabre" denso. *Se recomienda, no obstante, que en la fase constructiva se certifique, por un lado, dicha circunstancia litológica y, por otro, la compacidad necesaria del apoyo, interpretada por medio de la dificultad de excavación o bien, si tal apreciación no es suficientemente aclaratoria, mediante la práctica de una penetración dinámica en el punto de peor condición geotécnica.*

Para apoyar las descripciones del informe y establecer la situación tanto de las diferentes unidades geológico-geotécnicas, como de las Estaciones de Observación, se facilita la adjunta *Planta Geológico-geotécnica y de Localización*.

C) TRABAJOS DE GABINETE

Una vez realizados los trabajos de campo que se acaban de describir y ya en gabinete, se elaborará el correspondiente documento gráfico, se analizaron los datos hallados, se interpretó su significado y se redactó el presente Informe.

3.2.- CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS

Los materiales que subyacen en el ámbito interesado pertenecen, como ya se ha dicho, al **Dominio de la Granodiorita Precoz de La Coruña**, justo en su contacto con los metasedimentos del **Dominio occidental de la Serie de Órdenes**. Desde el punto de vista litológico, se reconocen aquí, dos tipos de facies graníticas, **G**, una heterogranular, grosera, con fenocristales de feldespato y fundamentalmente biotítica, y



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

otra de grano más fino, equigranular y de dos micas. En corte fresco, la primera presenta tonalidades pardo-grisáceas y la segunda más claras, ocasionalmente blancuzcas. Ambos litotipos yacen meteorizados en grado III/II y afectados por una red de diaclasado muy cambiante, tanto por lo que se refiere a sus valores direccionales como a su abertura.

La aureola externa de este macizo rocoso, **G_x**, de espesor muy variable (desde decimétrica hasta decamétrica), se presenta meteorizada en grado IV, constituyendo el material que normalmente suele denominarse "jabre", desagregable con el esfuerzo de la mano a arenas heterométricas con ligera matriz limosa. Su clasificación USCS suele ser de SM y, normalmente, presenta las siguientes características geotécnicas:

Densidad aparente, $\gamma_{aparente} = 1,75-1,90 \text{ t/m}^3$.

Compacidad = Densa - Muy Densa.

Ángulo de rozamiento interno, $\phi = 34^\circ - 36^\circ$

Excavabilidad = Medios mecánicos convencionales.

En el extremo septentrional del área interesada, afloran, junto al mar, paragneises de la serie de Órdenes, **M**, de tonalidades oscuras, muy laminados y con profusión de filonetas de cuarzo. Su aureola externa, **M_x**, de varios metros de espesor, se muestra meteorizada en grado IV (puntualmente V), transformada en un tránsito roca-suelo desagregable a arenas-limosas y limos-arenosos. Sus características geotécnicas más comunes son:

Clasificación USCS = ML

Densidad aparente, $\gamma_{aparente} = 1,70-1,85 \text{ t/m}^3$.

Compacidad = Media - Densa.

Ángulo de rozamiento interno, $\phi = 30^\circ - 33^\circ$

Excavabilidad = Medios mecánicos convencionales

Sobre el granito y el "jabre", localmente se localiza algún acúmulo gravitatorio, coluvial (**Q_c**), de estructura interna caótica y carácter areno-limoso, que dispersa, en empaquetado denso, fragmentos graníticos heterométricos y angulosos.

En la cala yacen las arenas del depósito de playa, **Q_p**, y recubriendo buena parte del ámbito interesado, se desarrollan una serie de rellenos antropogénicos, **Q_{AN}**,



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

destinados bien a nivelar la carretera e instalaciones de la refinería (controlados), bien a contener el vertido de excedentes de excavación (incontrolados).

3.2.1.- Nivel Freático

Se estima que, en el punto de emplazamiento del nuevo pozo de bombeo, el nivel freático estará intimamente ligado al del regato que por allí discurre, a 1,5-2 m por debajo de la cota de rasante natural.

3.3.- EXCAVABILIDAD Y ESTABILIDAD.

Tal y como se puede observar en la Planta Geológico-geotécnica, el tramo de impulsión discurrirá primero por los rellenos antropogénicos (que se suponen controlados) de la carretera y, tal vez, bajo estos, incida en el depósito aluvial del eje del vallecillo, materiales todos excavables con medios mecánicos sencillos.

Después girará 90° hacia el noroeste, transitando entre el relleno de la margen izquierda del camino que se dirige hacia la EDAR de Bens. Dicho relleno, constituido como un vertedero de materiales de procedencia diversa, especialmente de desmontes locales, integra fragmentos graníticos y, en menor medida de metamórfico (esquistos y paragneises), integrados todos ellos en una abundante matriz limo-arenosa y, localmente, limo-arcillosa. El conjunto es igualmente excavable con medios mecánicos convencionales. Hacia el final de su recorrido puede incidir parcialmente en el techo del macizo granítico, G, donde, con las Estaciones de Observación, se ha constatado un *índice medio de espaciamiento entre fracturas*, I_F , de 0,15-0,20 m, y un *índice de resistencia bajo carga puntual*, I_S (deducido de la respuesta al golpeo con la piqueta) del orden de 1,75 MPa. A partir de dichos, se puede elaborar el siguiente *índice de excavabilidad básico*:

$$IE = [30,4 + 8,6 \ln I_S] \cdot [4,3 + 0,6 \ln I_F]$$
$$IE = [30,4 + 8,6 \ln 1,7] \cdot [4,3 + 0,6 \ln 0,20] \approx 115$$

Dicho valor, permite clasificarlos dentro del Grupo IV, de excavabilidad



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

Difícil, para el que se precisa la utilización de tractores potentes (≥ 400 KW) o martillo picador.

3.4.- CONDICIONES RESISTENTES Y DE CIMENTACIÓN.

Se considera que el pozo de cimentación será cimentado en el granito meteorizado en grado IV, es decir, en el "jabre", que yace en el nuevo emplazamiento elegido bajo un discreto relleno nivelador del camino. La compacidad de Densa a Muy Densa que, para dicho material, se observa en las trincherillas inmediatas, parece garantizar la posibilidad de apoyar en él la cimentación, imputando tensiones de hasta 1,5 Kg/cm². No obstante y como ya se ha dicho, se considera obligado, en la fase de obra, constatar que la apuntada circunstancia litológica y resistente se cumple en toda la superficie de apoyo.

Los empujes sobre las paredes de un pozo de 2 ó 3 m, provocados por un material con un ángulo de rozamiento del tipo del "jabre" observado, se consideran de poca entidad.

3.5.- CONCLUSIONES.

En base al reconocimiento efectuado y a todo lo anteriormente expuesto, pueden establecerse las siguientes conclusiones:

- A) El punto en el que se construirá el nuevo pozo de bombeo, está ocupado, bajo un reducido relleno nivelador del camino, por un substrato granítico meteorizado en grado IV, es decir, por un "jabre" de elevada compacidad. El nivel freático debe posicionarse a la cota del riachuelo que por allí discurre, o sea, a unos 1,50-2 m de profundidad.
- B) La cimentación del pozo se apoyará en el "jabre" o (depende de la profundidad) en el granito infrayacente, recomendándose que transmita tensiones $\leq 1,5$ Kg/cm².








Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

- C) En la fase constructiva del pozo debe certificarse, por un lado, que la totalidad del apoyo se produce realmente en el "jabre" (o el granito) y, por otro, que dicho material posee la compacidad necesaria, interpretada por medio de la dificultad de excavación o bien, si tal apreciación no es suficiente, mediante la práctica de una penetración dinámica en el punto de peor condición geotécnica.
- C) El tramo de impulsión discurre por materiales perfectamente excavables con medios mecánicos convencionales. No obstante, al final del tramo puede incidirse en el techo del granito y, en dicho caso, sería preciso el uso de maquinaria potente (≥ 400 KW) o martillo picador.

Mayo de 2.002

Belén Rey Martínez
Geóloga

Jorge López-Prado Teijeira
Director

Mayo de 2.002

Página 17 de 37



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

ANEXO I
COLUMNA DE SONDEO
Y FOTOS DE TESTIGOS

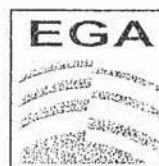
Mayo de 2.002

Página 18 de 37





Estudios de Geología Aplicada, S.L.



Estudios de Geología Aplicada, S.L.





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

ANEXO II
ESTACIONES DE
OBSERVACIÓN





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Fecha: 22/5/02

ESTACION DE OBSERVACION Nº: SABÓN (Rañal 2). EO-1

CARÁCTER: Puntual.

RASGO MORFOLÓGICO: Desmonte de explanación.

PARAMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

SUELOS

Componentes: Relleno antropogénico integrado por una mezcla heterogénea de materiales de la zona, sobre un tobre y una pena morta (macizo rocoso metamórfico meteorizado en grado IV, IV-III), de carácter limo-arenoso.

Color: Grisáceo/Parduzco y ocre.

Tamaño y forma:

Consistencia:

Compacidad: Floja/Elevada.

Disposición interna: En tobre y pena morta, la de la roca origen.

Empaquetado:

Espesor: Vistos del orden de 1,5 m. de tobre y pena morta.

ROCAS:

HIDROGEOLOGÍA: Tobre y pena morta presentan una baja permeabilidad, si bien pueden admitir cierto grado de percolación a través de la "sombra" del diaclasado. El drenaje tiene lugar principalmente por escorrentía superficial con calidad aceptable.

DESMONTES

Ripabilidad: Medios mecánicos convencionales.

Taludes: Con alturas de hasta 1,5 m. y taludes subverticales, el comportamiento estable es bueno.

CIMENTACIONES

Tipología: Superficiales.

Tensiones admisibles: Se estiman del orden de 1-3 kg/cm².

OBSERVACIONES:

FOTOGRAFÍA:



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Fecha: 22/5/02

ESTACION DE OBSERVACION Nº: SABÓN (Rañal 2). EO-2

CARÁCTER: Puntual.

RASGO MORFOLÓGICO: Pequeño talud carretero.

PARAMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

SUELOS

Componentes: Relleno antrópico, de carácter arenoso y con fragmentos rocosos.

Color: Pardo.

Tamaño y forma: Fragmentos angulosos y heterométricos.

Compacidad: Floja.

Empaquetado: Variable.

Espesor: Vistos del orden de 1,5 m.

ROCAS: Macizo rocoso integrado por paragneises de dos micas y de grano fino, que muestran un bandeado característico. En corte fresco presentan tonalidad grisácea. Se encuentran afectados por pequeñas filonetas de cuarzo, así como por una red de diaclasado densa, con juntas que contienen pátinas de óxidos de Fe y Mn. Meteorización de grado II-III.

HIDROGEOLOGÍA: El drenaje, de calidad aceptable, tiene lugar casi exclusivamente por escorrentía superficial, registrándose cierto grado de percolación a través de la red de diaclasado que afecta a la roca.

DESMONTES

Ripabilidad: Con resistencia de tipo R3 e índice de fracturación, If, 0,15-0,30 m., el índice de excavabilidad, IE, varía desde 118 hasta 134. Se trata pues de una roca excavable en su tramo más superficial, con fracturación más densa y abierta, que precisará voladuras por debajo de los 0,60-1,00 m. de profundidad.

Taludes: Con alturas de 1 m. y talud subvertical, el comportamiento es aceptable.

CIMENTACIONES

Tipología: Superficiales.

Tensiones admisibles: Del orden de 5-7,5 kg/cm² e incluso superiores.

FOTOGRAFÍA:





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Fecha: 22/5/02

ESTACION DE OBSERVACION Nº: SABÓN (Rañal 2). EO-3

CARÁCTER: Puntual.

RASGO MORFOLÓGICO: Talud de explanación.

PARAMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

SUELOS:

ROCAS: Macizo rocoso integrado por gneises de dos micas y grano muy fino, afectados por un grado de meteorización II (III en el tramo superior). Poseen fina textura laminada y ligeramente ondulada, mostrando, en corte fresco, tonalidad grisácea. Se identifican pequeñas filonetas de cuarzo.

HIDROGEOLOGÍA: Material impermeable que permite la percolación de agua a través de las juntas, pero que drena principalmente por escorrentía superficial, con calidad aceptable.

DESMONTES

Ripabilidad: Con un I_f de 0,80 m. y una resistencia de tipo R3-R4, el índice de excavabilidad es de 166, por lo que esta roca precisará el empleo de voladuras para su excavación. Se estima que el tramo más superficial (hasta 0,60-1,00 m.) podrá retirarse con ayuda de martillo neumático y velduras de aflojamiento.

Taludes: Con alturas de hasta 5 m. y tallado de H:V=1:3 hasta subvertical, el comportamiento parece aceptable, si bien controlado por la disposición del diaclasado.

CIMENTACIONES

Tipología: Superficiales.

Tensiones admisibles: Iguales o superiores a 7,5 kg/cm².

OBSERVACIONES: El ámbito observado es un talud de explanación practicado por medio de voladuras. Por ello, el diaclasado se presenta muy abierto.

FOTOGRAFÍA:



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Fecha: 22/5/02

ESTACION DE OBSERVACION Nº: SABÓN (Rañal 2). EO-4

CARÁCTER: Extendido.

RASGO MORFOLÓGICO: Desmonte carretero.

PARAMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

SUELOS

Componentes: Tobre (metamórfico meteorizado en grado IV), limo-arenoso.

Color: Pardo-rojizo.

Compacidad: Elevada.

Disposición interna: La de la roca origen.

Espesor: Vistos del orden de 1,5 m.

ROCAS: Macizo rocoso integrado por cuarcitas blanquecinas de grano fino, parcialmente granitizadas, afectada por procesos tectónicos y por una red de diaclasado de apertura cambiante; su grado de meteorización es de III-II. En el talud, esta cuarcita está en contacto con un macizo rocoso metamórfico meteorizado en grado IV-III (pena morta) de tonos pardos y desagregable a arenas limosas, que alterna con algunos tramos cuarcíticos.

HIDROGEOLOGÍA: Tobre y pena morta de baja permeabilidad, permiten cierta infiltración y percolación a través de la "sombra" del diaclasado. La cuarcita es impermeable, aunque si registra percolación a través de las juntas. En general, el drenaje tiene lugar principalmente por escorrentía superficial, con calidad aceptable.

DESMONTES

Ripabilidad: Medios mecánicos convencionales en tobre y pena morta. La cuarcita, con una tenacidad de tipo R2-R3 y un I_f muy variable, desde 0,10 m. hasta 0,80 m., posee un índice de excavabilidad, I_E , de entre 98 y 141; se considera que es prácticamente excavable (sin huellas de barrenos) precisándose algunas velduras de aflojamiento.

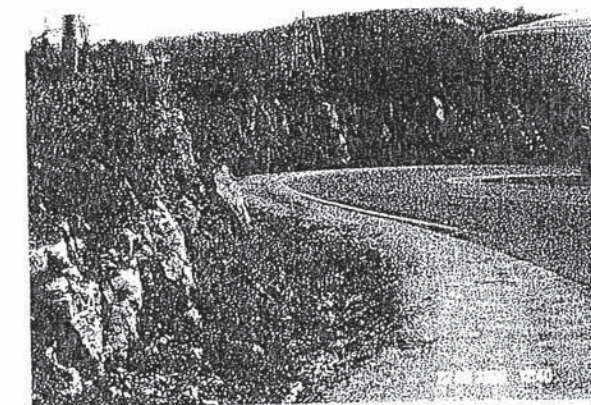
Taludes: Con 4 m. y tallado H:V=1:2-1:3, el comportamiento es aceptable.

CIMENTACIONES

Tipología: Superficiales.

Tensiones admisibles: Del orden de 1-2,5 kg/cm² en tobre y pena morta. De hasta 7,5 kg/cm² en las cuarcitas.

FOTOGRAFÍA:





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Fecha: 22/5/02

ESTACION DE OBSERVACION Nº: BENS. EO-1

CARÁCTER: Puntual.

RASGO MORFOLÓGICO: Talud de camino.

PARAMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

SUELOS

Componentes: Jabre (macizo rocoso granítico meteorizado en grado IV) que conserva la textura y estructura de un granito porfídico de grano grosero, pero se desagrega con facilidad a arenas limosas con gravillas y gravas feldespáticas.

Color: Beige.

Consistencia:

Compacidad: Alta

Disposición interna: La de la roca

Espesor: Vistos unos 3,00 m.

ROCAS: Granito muy tectonizado y afectado por dos diques aplíticos y por una densa red de diaclasado. Tonos pardos. Grado de meteorización III.

HIDROGEOLOGÍA: Jabre de baja permeabilidad que drena principalmente por escorrentía superficial con calidad aceptable. Permite cierta percolación, al igual que la roca origen, a través de la red de diaclasado.

DESMONTES

Ripabilidad: Medios mecánicos convencionales.

Taludes: Taludes subverticales (aunque de tallado irregular) de hasta 3 m. de altura sufren algunos desprendimientos.

CIMENTACIONES

Tipología: Superficiales.

Tensiones admisibles: Se estiman del orden de 2-3 kg/cm² en el jabre.

FOTOGRAFÍA:



Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Fecha: 22/5/02

ESTACION DE OBSERVACION Nº: BENS. EO-2

CARÁCTER: Puntual.

RASGO MORFOLÓGICO: Pequeño talud al borde de la carretera.

PARAMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

SUELOS

Componentes:

Color:

Tamaño y forma:

Consistencia:

Compacidad:

Disposición interna:

Empaquetado:

Espesor:

ROCAS: Macizo rocoso integrado por un granito de dos micas, de textura porfídica con megacristales de feldespato, y de tamaño de grano grosero. En corte fresco muestra tonalidad pardo-grisácea. Meteorización de grado III-II. Red de diaclasado desde densa hasta abierta, aunque con apertura y dirección muy cambiantes. Tendencia a la individualización de cuerpos pseudoelipsoidales.

HIDROGEOLOGÍA: Material de baja o nula permeabilidad que permite cierto grado de percolación a través de las juntas, pero que drena principalmente por escorrentía superficial, con calidad aceptable.

DESMONTES

Ripabilidad: Resistencia de tipo R3 e índice de fracturación, If, de 0,15-0,20 m. en el ámbito superficial. El índice de excavabilidad básico, IE, oscila entre 115 y 125, es decir, que precisará el empleo de maquinaria pesada y voladuras. Se estima ripable el metro más superficial.

Taludes:

CIMENTACIONES

Tipología: Superficiales.

Tensiones admisibles: Se estiman superiores a 7,5 kg/cm² en el ámbito más superficial.

OBSERVACIONES: La red de diaclasado que afecta al macizo individualiza cuerpos pseudobolares e incluso columnares.

FOTOGRAFÍA:





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Fecha: 22/5/02

ESTACION DE OBSERVACION Nº: BENS. EO-3

CARÁCTER: Extendido.

RASGO MORFOLÓGICO: Plataformas del lado izquierdo de la carretera en el sentido de subida.

PARAMETROS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

SUELOS

Componentes: Relleno antropogénico derivado de excavaciones practicadas en la zona. Está integrado por una mezcla heterogénea de jabre y fragmentos graníticos. En la parte topográficamente más alta, pasa a ser un tobre con pena morta, conformando un acúmulo algo más arcilloso.

Color: Pardo y beige.

Tamaño y forma: Fragmentos rocosos heterométricos.

Consistencia:

Compacidad: Heterogénea, en general floja.

Disposición interna:

Empaquetado: Variable.

Espesor: De hasta 20-25 m.

ROCAS:

HIDROGEOLOGÍA: Material semipermeable que permite cierto grado de infiltración, drenando también por escorrentía superficial, con calidad de regular a aceptable.

DESMONTES

Ripabilidad: Medios mecánicos convencionales.

Taludes:

CIMENTACIONES

Tipología: En el infrayacente, debido al carácter heterogéneo de la formación.

Tensiones admisibles: En el relleno, se estiman muy variables, entre 0,5 y 1,5 kg/cm².

OBSERVACIONES:

FOTOGRAFÍA:





Estudios de Geología Aplicada, S.L.

Saneamiento del área de A Coruña.
Ayuntamiento de Arteixo.

ANEXO III

ESTADILLOS DE
LABORATORIO



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

1.- SUELOS

MUESTRA		02050201-MI	02050202-MI	02050203-MI
LÍMITES UNE 103 103/104	L. líquido	No Plástico	49,1	No Plástico
	L. plástico Í. de plasticidad		38,7 10,4	
HUMEDAD UNE 103 300		20,1 %	56,6 %	11,6 %
DENSIDAD APARENTE HÚMEDA UNE 103 301		2,08 g/cm ³	1,58 g/cm ³	2,27 g/cm ³
CLASIFICACIÓN CASAGRANDE		SM	ML	SM

MUESTRA		02052003-MI	02052004-MI
LÍMITES UNE 103 103/104	L. líquido	41,2	39,1
	L. plástico Í. de plasticidad	33,5 7,7	32,0 7,1
DENSIDAD APARENTE HÚMEDA UNE 103 301		2,00 g/cm ³	1,95 g/cm ³
CLASIFICACIÓN CASAGRANDE		SM	SM

2.- AGUA

MUESTRA	02051402-A	DEBIL	MEDIO	FUERTE
VALOR DEL PH	7,09	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5
MAGNESIO	35,96 mg/l	300-1000	1000-3000	>3000
AMONIO	1,79 mg/l	15-30	30-60	>60
SULFATO	758,6 mg/l	200-600	600-3000	>3000
CO ₂	30,8 mg/l	15-40	40-100	>100
SÓLIDOS DISUELTOS	1490 mg/l	75-150	50-75	<50
GRADO DE AGRESIVIDAD	Media (Sulfatos)			

MUESTRA	02051403-A	DEBIL	MEDIO	FUERTE
VALOR DEL PH	5,82	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5
MAGNESIO	32,08 mg/l	300-1000	1000-3000	>3000
AMONIO	1,44 mg/l	15-30	30-60	>60
SULFATO	46,9 mg/l	200-600	600-3000	>3000
CO ₂	9,68 mg/l	15-40	40-100	>100
SÓLIDOS DISUELTOS	484 mg/l	75-150	50-75	<50
GRADO DE AGRESIVIDAD	Débil (pH)			



ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELO UNE 103-101-95

Nº DE EXPEDIENTE: 02041901 Nº DE MUESTRA: 02050202-MI

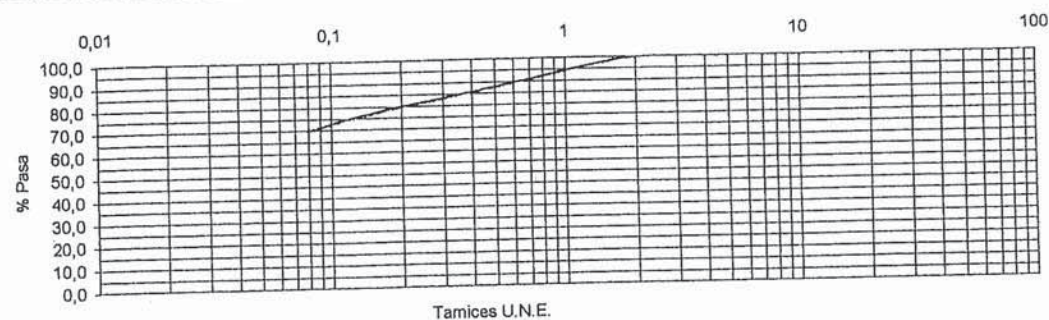
Fecha de ensayo: 03/05/02 Cota: S1 (2,40-3,00 m)

Humedad higroscópica		
A	Cantidad inicial	408,0
B	Gruesos sin lavar	0,0
C	Gruesos lavados	0,0
$D=(B-C) \cdot 100/B$	% de pérdida por lavado	0,0
$E=(A-C) \cdot f$	Fracción fina seca total	406,1
$F=C+E$	Muestra total seca	406,1
G	Fracción fina ensayada secada al aire	160,5
$H=G \cdot f$	Fracción fina ensayada seca	159,7

Humedad higroscópica		
$f=100/(100+h)$	Factor de corrección por humedad higroscópica	0,9952
$h=(a/s) \cdot 100$	Humedad higroscópica	0,48
a	Agua	0,3
t+s+a	Tara+suelo+agua	650,5
t+s	Tara+suelo	650,2
t	Tara	587,7
s	Suelo	62,5

E/H	2,54
-----	------

TAMICES UNE	RETENIDO ENTRE TAMICES		PASA	
	grs. en parte fina ensayada	grs. en muestra total	grs.	%
100			406,1	100,0
80			406,1	100,0
63			406,1	100,0
50			406,1	100,0
40			406,1	100,0
25			406,1	100,0
20			406,1	100,0
12,5			406,1	100,0
10			406,1	100,0
6,3			406,1	100,0
5			406,1	100,0
2			406,1	100,0
0,4	22,9	58,2	347,9	85,7
0,16	12,8	32,5	315,3	77,7
0,08	12,5	31,8	283,5	69,8



ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELO UNE 103-101-95

Nº DE EXPEDIENTE: 02041901 Nº DE MUESTRA: 02050203-MI

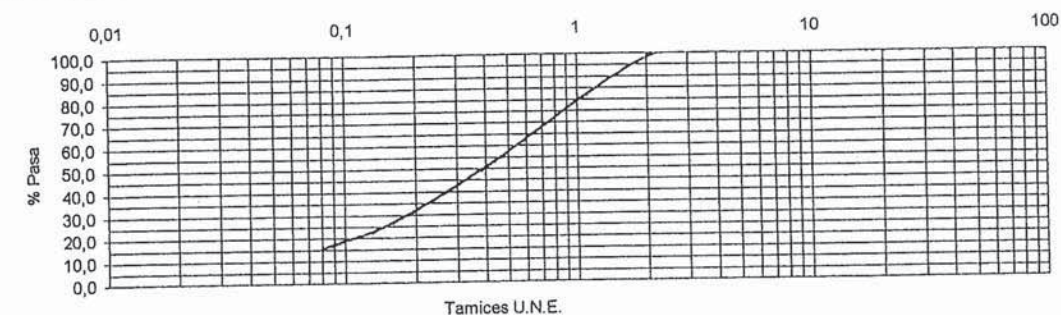
Fecha de ensayo: 03/05/02 Cota: S1 (5,40-5,75 m)

Humedad higroscópica		
A	Cantidad inicial	732,5
B	Gruesos sin lavar	13,7
C	Gruesos lavados	13,0
$D=(B-C) \cdot 100/B$	% de pérdida por lavado	5,1
$E=(A-C) \cdot f$	Fracción fina seca total	718,8
$F=C+E$	Muestra total seca	731,8
G	Fracción fina ensayada secada al aire	195,6
$H=G \cdot f$	Fracción fina ensayada seca	195,4

Humedad higroscópica		
$f=100/(100+h)$	Factor de corrección por humedad higroscópica	0,9990
$h=(a/s) \cdot 100$	Humedad higroscópica	0,10
a	Agua	0,2
t+s+a	Tara+suelo+agua	764,5
t+s	Tara+suelo	764,3
t	Tara	572,5
s	Suelo	191,8

E/H	3,68
-----	------

TAMICES UNE	RETENIDO ENTRE TAMICES		PASA	
	grs. en parte fina ensayada	grs. en muestra total	grs.	%
100			731,8	100,0
80			731,8	100,0
63			731,8	100,0
50			731,8	100,0
40			731,8	100,0
25			731,8	100,0
20			731,8	100,0
12,5			731,8	100,0
10			731,8	100,0
6,3			731,8	100,0
5			731,8	100,0
2		13,0	718,8	98,2
0,4	94,8	348,7	370,0	50,6
0,16	47,5	174,7	195,3	26,7
0,08	22,4	82,4	112,9	15,4



ENSAYO DE CORTE DIRECTO UNE 103-401-98

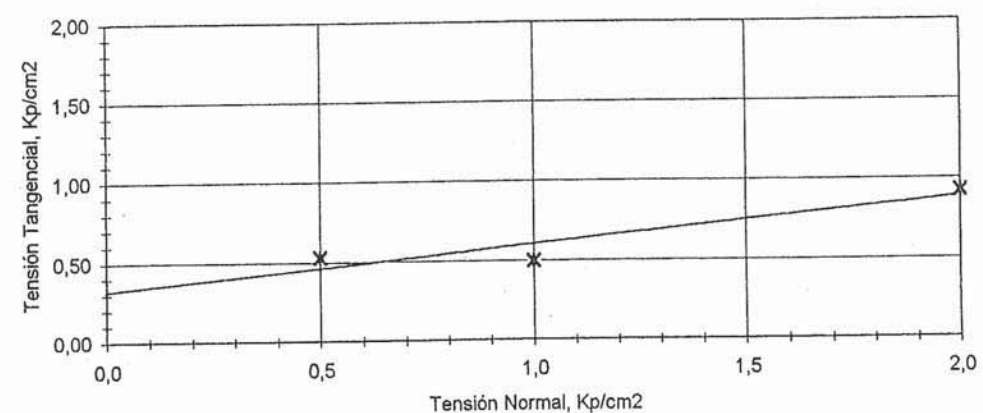
Nº DE EXPEDIENTE: 02041901 Nº DE MUESTRA: 02050202-MI

Fecha de ensayo: 14/05/02 Tipo de ensayo: CD / CU / UU/ RESIDUAL

Velocidad de desplazamiento (mm/min): 0,08

PROBETA Nº		1	2	3
Dimensiones	Diametro: d (mm).	50	50	50
	Lado: m (mm).			
	Altura: h (mm).	25	25	25
Area en cm ²		19,63	19,63	19,63
Volumen (V=A*h)		49,09	49,09	49,09
PROBETA	Muestra total	75,5	76,80	77,20
	Tara+suelo húmedo (T+S+a)	56,18	62,81	60,98
	Tara (T)	31,49	31,29	31,07
	Tara+suelo seco (T+S)	45,65	49,34	48,34
	Suelo seco total (S)	14,16	18,05	17,27
	Agua (a=(T+S+a)-(T+S))	10,53	13,47	12,64
	% HUMEDAD (a/S)*100	74,4	74,6	73,2
Densidad húmeda aparente(S/V)		1,54	1,56	1,57
Tensión Normal en Kp/cm ²		0,5	1,0	2,0
Carga de rotura en Kp (C)		10,40	9,79	18,08
Tensión de rotura en Kp/cm ² (C/A)		0,53	0,50	0,92
Cohesión en Kp/cm ²			0,32	
Angulo de rozamiento interno			15,8	

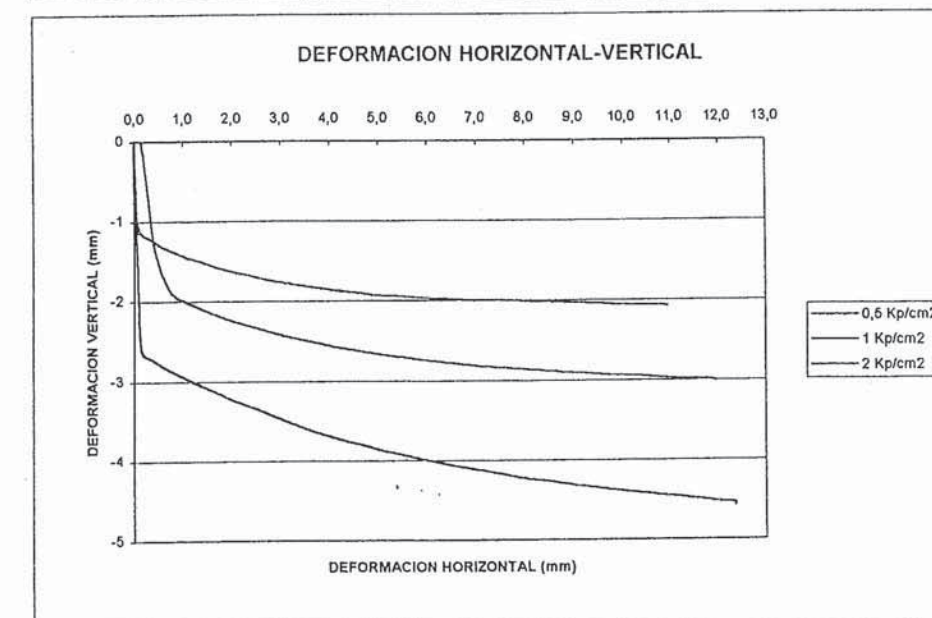
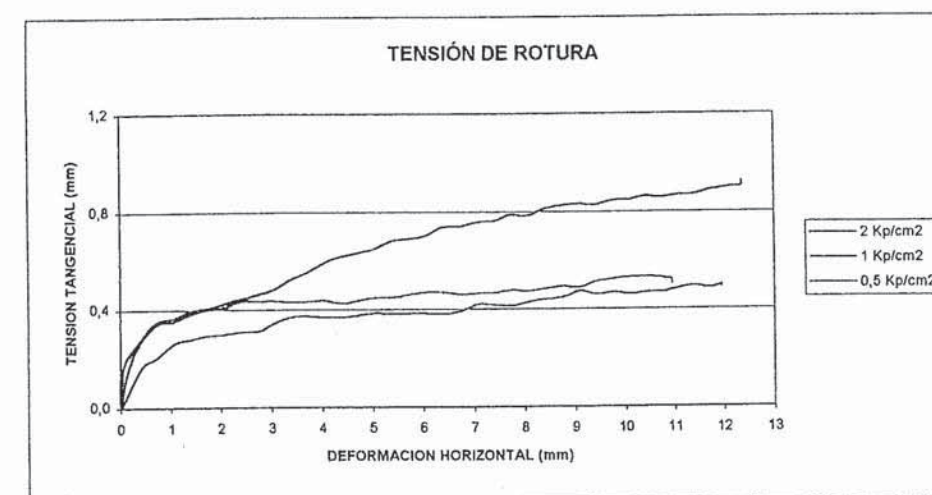
TENSIÓN NORMAL / TENSIÓN TANGENCIAL



ENSAYO DE CORTE DIRECTO UNE 103-401-98

Nº DE EXPEDIENTE: 02041901 Nº DE MUESTRA: 02050202-MI

Fecha de ensayo: 14/05/02



ANEXO IV

CRUCE EMBALSE ROSADOIRO

Sobre el lecho del embalse del Rosadoiro existe una capa de fangos de unos 2-3 metros de espesor. Para realizar el cruce de este embalse se retirará dicha capa de fangos para la colocación de la tubería sobre terreno firme.





IV.2 Anejo de geología y geotecnia proyecto sectorial de un parque empresarial en Arteijo (A Coruña)

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO

N/REFERENCIA: EG-4040

Anejos



**ANEJO DE GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
PROYECTO SECTORIAL DE UN PARQUE EMPRESARIAL
EN ARTEIJO (A CORUÑA).**

INFORME N°1

FECHA: 31 DE DICIEMBRE DE 2003.

INFORME GEOTÉCNICO

REFERENCIA: 15-030405-ED

ASUNTO: ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

OBRA: ANEJO DE GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
PROYECTO SECTORIAL DE UN PARQUE
EMPRESARIAL EN ARTEIJO (A CORUÑA).

PETICIONARIO: CIISA

FECHA: 31 DE DICIEMBRE DE 2003



ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES	3	5.	RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS	15
1.1.	Antecedentes	3	5.1.	Desmontes excavados predominantemente en materiales rocosos	15
1.2.	Localización y definición	3	5.2.	Desmontes excavados predominantemente en suelos	16
1.3.	Antecedentes geológicos de la zona	4	5.3.	Excavabilidad de los materiales de la zona	17
1.4.	Tectónica.....	5			
1.5.	Hidrogeología.....	5			
2.	OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.....	6			
2.1.	Fases del estudio	6			
3.	RECONOCIMIENTOS REALIZADOS.....	7			
3.1.	Estaciones de reconocimiento: Estaciones geomecánicas.....	7			
3.2.	Estaciones de reconocimiento: Calicatas.	9			
3.3.	Ensayos de laboratorio	9			
3.4.	Prospección mediante sísmica de refracción.	10			
3.4.1.	Dispositivos	10			
3.4.2.	Equipo utilizado.....	10			
4.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	12			
4.1.	Encuadre geológico.....	12			
4.2.	Inventario de afloramientos, y de los reconocimientos realizados	12			
4.2.1.	Estación de Reconocimiento ER-4:.....	12			
4.2.2.	Estación de Reconocimiento ER-5:.....	13			
4.3.	Caracterización geotécnica de los materiales	13			
4.4.	Hidrogeología.....	14			



1. ANTECEDENTES

1.1. Antecedentes

Con motivo de la elaboración del “PROYECTO SECTORIAL DE UN PARQUE EMPRESARIAL EN ARTEIJO”, en la Provincia de A Coruña, se realiza el presente Estudio con el fin de analizar las características geotécnicas de los terrenos donde éste se desarrollará.

De este modo, se determinarán los criterios a tener en cuenta a la hora evaluar la estabilidad de taludes, desmontes, la utilización de los materiales de la zona en las obras que se van a acometer, así como valorar las tipologías de cimentación en los emplazamientos de las futuras estructuras.

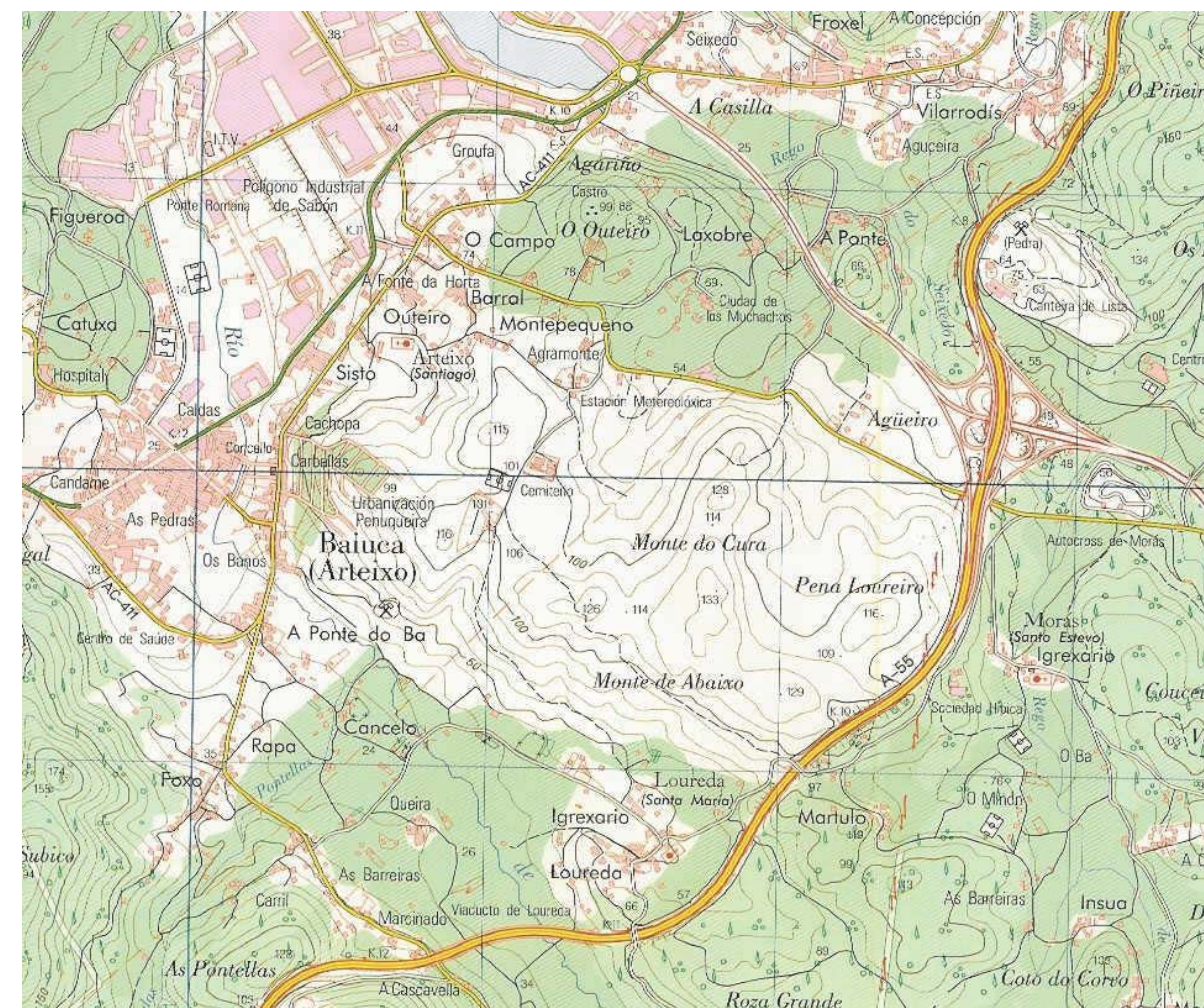
Para la elaboración del presente anejo, además de la topografía de la zona y del plan funcional del Parque Empresarial (documentación facilitada por la empresa CIISA), se ha partido de publicaciones de estudios realizados por el IGME en la referida zona y de Estudios Geotécnicos efectuados con anterioridad con motivo de la elaboración del Proyecto de Trazado y de Construcción de la Autopista A-55: La Coruña – Carballo, en su primer tramo: La Coruña – Laracha.

1.2. Localización y definición

La zona objeto de estudio se encuentra en las inmediaciones de Arteijo, tratándose de un área de topografía abrupta, situada entre la A-55, la AC-411 y la CP-0512.

La diferencia de cotas entre las zonas más elevadas y más deprimidas alcanza los 100 m aproximadamente, siendo los parajes de “Monte de Abaixo”, “Monte do Cura” y “Pena Loureiro” los de mayor altitud topográfica.

A lo largo de los terrenos que ocupa el Parque-Empresarial, discurren pequeños arroyos, aunque, dadas las características topográficas de la zona, éstos no presentan un desarrollo importante, por lo que no influyen de forma relevante en la geología de la zona.



Situación de la zona objeto de estudio

La superficie en estudio presenta una extensión aproximada de 1.535.000 m², que se proyecta destinar principalmente a usos industriales y empresariales, proyectándose también áreas verdes, así como aparcamientos y otras zonas reservadas a la ejecución de las diferentes infraestructuras.

De este modo, el Proyecto del Parque prevé la ejecución de diversas explanadas, dispuestas de forma escalonada, con el objeto de acomodarse a las características topográficas del entorno.

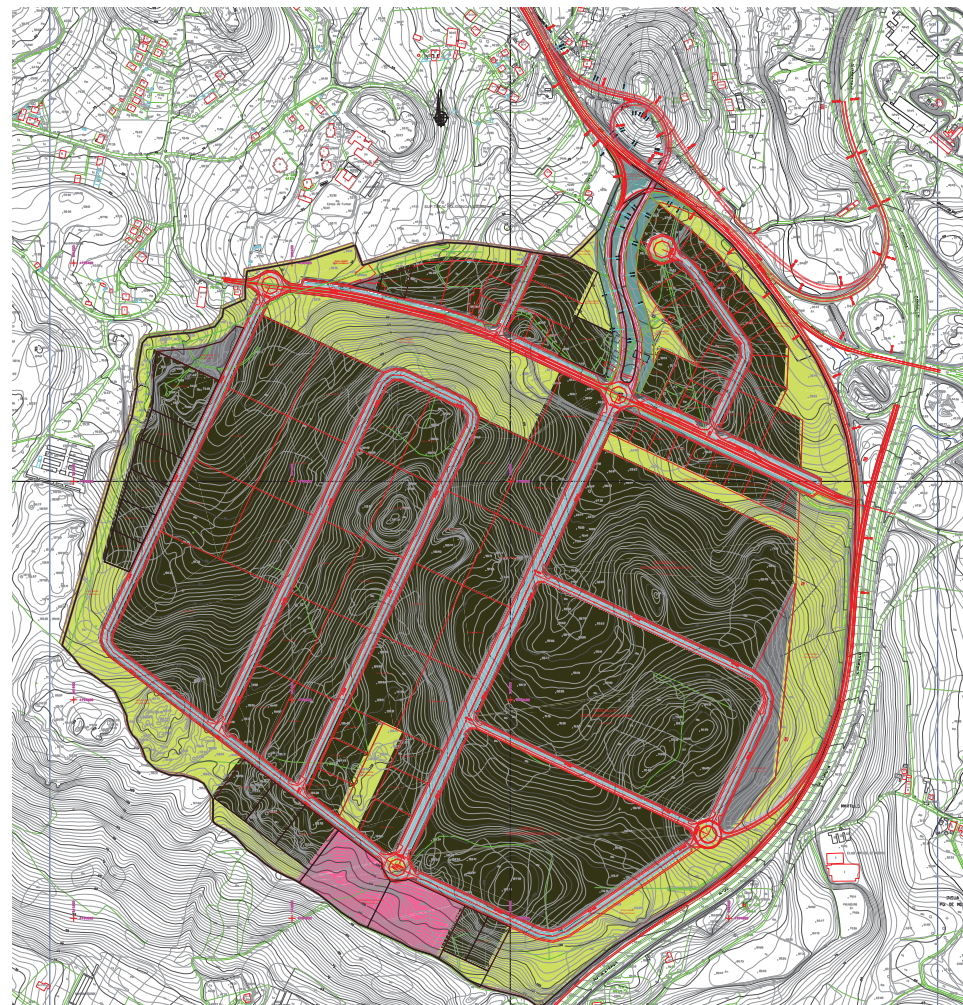
En este sentido, dada la elevada pendiente existente, se prevé acondicionar el terreno en varios bancos donde, de algún modo, se compensen las tierras de excavación, relleno y terraplenado, siendo las parcelas “A”, “B” y “C” las de mayor superficie, situándose a las cotas 81.00, 98.50 y 116.00 respectivamente. Por otra parte, la diferencia de cotas entre las explanadas anteriormente citadas es de aproximadamente 15 m.



Esta superficie se distribuye inicialmente del siguiente modo:

Cuarzo	Superficie	% del total
Zona industrial / empresarial	986.671	62.88
Equipamientos públicos	31.033	2.02
Zonas verdes públicas	241.030	15.70
Red viaria y aparcamientos	254.550	16.57
Aparcamientos específicos	21.219	1.38
Reserva de infraestructuras	22.251	1.45
Total	1.535.754	100

A continuación se muestra un plano funcional del Parque.



Plan funcional

1.3. Antecedentes geológicos de la zona

La zona objeto de estudio se encuentra enmarcada en su totalidad sobre rocas de naturaleza granítica, concretamente sobre la unidad denominada “Granodiorita precoz $\gamma \eta^{2n}$ ”, de acuerdo con la nomenclatura utilizada por el ITGE en la Hoja 45 (5-5) del Mapa Geológico Nacional MAGNA a escala 1/50.000.

Estos materiales desarrollan unos suelos residuales arenosos de elevada compacidad, que comúnmente se conocen con el nombre de “jabres”.

- **Granodiorita precoz**

Se trata de una granodiorita de textura porfiroide, caracterizada por presentar un tamaño de grano grueso, en el que destaca la existencia de megacristales de feldespato, normalmente maclados, y que podrían alcanzar longitudes de hasta 12 cm.

Microscópicamente muestra texturas hipidiomórficas o alotriomórficas, generalmente deformadas, en las que ocasionalmente se observa cierto grado de orientación, prueba de que la citada litología estuvo sometida a esfuerzos tectónicos de considerable intensidad, que podrían asemejar la textura de la misma a la de un gneis.

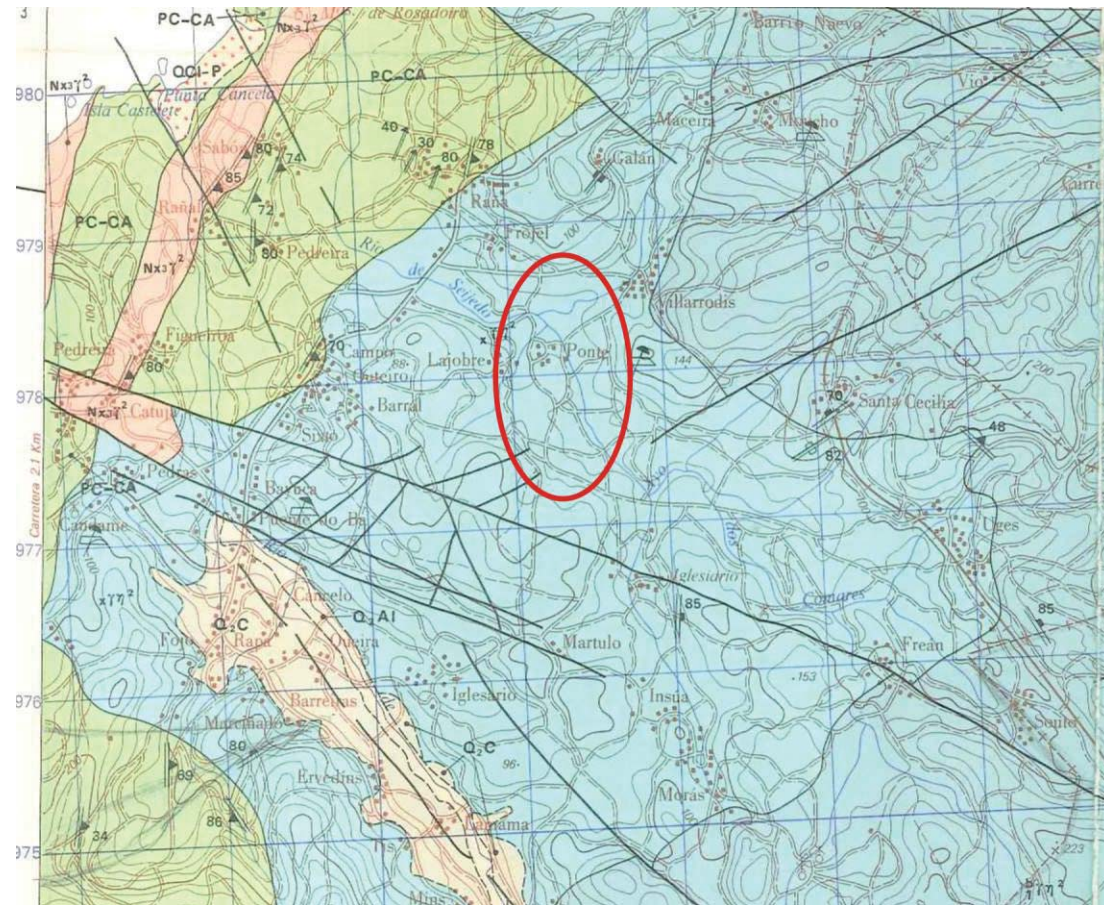
La composición mineralógica esencial se encuentra representada por proporciones variables de cuarzo, plagioclasa, microclina, biotita y a veces la moscovita.

En cuanto a los minerales accesorios, son el circón, apatito, opacos, allanita, esfena, rutilo y xenotima, los más característicos, presentando más ocasionalmente turmalina, granate y berilo.

- **Suelos residuales**

El substrato rocoso descrito desarrolla espesores muy reducidos de suelos residuales. Se trata de suelos de granulometría arena limosa, carentes de plasticidad aparente, que se presentan más como una mera transición al substrato rocoso granítico que como una unidad geotécnica propiamente dicha.

Su grado de compacidad aumenta paulatinamente con la profundidad a medida que su grado de meteorización disminuye y su aspecto se asemeja más al de un substrato rocoso que al de un suelo.



Geología de la zona

1.4. Tectónica

La zona objeto de estudio ha sido afectada por una tectónica polifásica de edad Hercínica. Dicha edad, ha sido determinada mediante la comparación entre la zona reconocida con otras zonas más externas del geosinclinal paleozoico, así como mediante la datación radiométrica de los granitos de Guitiriz y Forgoselos.

A grandes rasgos, pueden diferenciarse tres fases de deformación. La primera fase estaría representada por un gran pliegue tumbado, en el que pueden reconocerse hasta cinco kilómetros de flanco invertido. A menor escala, esta fase se manifiesta mediante una esquistosidad de flujo tipo epizonal, aunque en parte de la superficie aflorante, esta estructura está enmascarada por la presencia de una esquistosidad de posterior generación.

En cuanto a la segunda fase de deformación, son característicos de la misma una serie de pliegues cilíndricos regulares, de dirección N-S a N10°E (es prácticamente homoaxial a la primera fase) y

buzamiento axial marcado hacia el Norte (10° - 30°). La actuación de la presente etapa de deformación geotectónica, produjo un replegamiento de las estructuras originadas en épocas anteriores, acentuado en las zonas donde las temperaturas eran más elevadas. Las estructuras observables a pequeña escala, son principalmente esquistosidades de tipo “strain – slip” (en zonas relativamente poco metamorfizadas) y de flujo (en aquellas donde el metamorfismo ha actuado con mayor intensidad, atribuyéndose a la zona de la biotita).

A continuación, se produjo una tercera fase de deformación Hercínica de carácter muy localizado, desarrollándose pliegues “kink bands” de escala decimétrica, con planos axiales subhorizontales o en todo caso de buzamiento suave (en torno a 20°).

Por último, se dedujo la existencia de deformaciones póstumas a la actuación Hercínica, manifestadas claramente por la actividad de fallas de desgarre dextrógiras, de dirección E-O a ESE-ONO, con desplazamientos que oscilan entre 100 m y 1000 m. Dichas estructuras corresponderían a una compresión tardihercínica de dirección NO-SE.

1.5. Hidrogeología

La hidrogeología subterránea está casi exclusivamente condicionada por la red de fracturas y diaclasas establecidas en los materiales granitoideos, ya que la porosidad de los metasedimentos es baja. Son aprovechados algunos acuíferos superficiales mediante pozos que suministran caudales reducidos para servicio de pequeños núcleos de población. Las peculiaridades topográficas y litológicas en la zona condicionan un predominio de la escorrentía sobre la infiltración.



2. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio está encaminado a obtener la siguiente información:

- 1.- Condiciones de los diferentes niveles que constituyen el subsuelo de la zona donde se prevé la ejecución de las actuaciones en Proyecto.
- 2.- Determinación de las características geotécnicas de las diferentes unidades geológicas y de sus productos de alteración; identificación, propiedades de estado y parámetros resistentes.
- 3.- Determinación del nivel freático a profundidades a las que pueda afectar a las obras objeto de estudio.
- 4.- Como consecuencia de los estudios definidos en los apartados anteriores, fijar criterios acerca de las condiciones de estabilidad de los taludes, excavaciones, aprovechamiento de materiales de la zona y precauciones a tener en cuenta a fin de evitar fenómenos de inestabilidad que afecten a la misma.

2.1. Fases del estudio

Para garantizar estas informaciones, el estudio se ha llevado a cabo en las siguientes fases:

a) Primera fase:

Consulta de la información disponible sobre la zona:

Consulta de los Estudios Geotécnicos de los Proyectos de Trazado y Construcción de la Autopista A-55, en su tramo La Coruña-Laracha.

Cartografía geológica del Plan MAGNA escala 1/50.000.

Consulta de las características del proyecto a ejecutar, en cuanto materiales afectados, desmontes y terraplenes más relevantes, zonas donde previsiblemente se cimenten estructuras, etc.

De acuerdo con todos los antecedentes expuestos, se planificó una campaña de reconocimientos acorde con las características del Proyecto a desarrollar.

b) Segunda fase:

Se ha efectuado un reconocimiento global de la zona, en función del cual se planificó el resto de la campaña geotécnica, consistente en el levantamiento de dieciséis (16) Estaciones de Reconocimiento. En aquellos casos donde se presentaban afloramientos rocosos de entidad, éstas consistieron en Estaciones Geomecánicas, en las que se efectuó un censado del diaclasado del macizo, así como una exhaustiva caracterización de éste.

Por otro lado, en aquellas zonas elevadas y accesibles donde se prevén volúmenes de excavación importantes, se han realizado siete (7) calicatas con el fin de tomar muestras y evaluar la aptitud de los materiales de excavación para su uso en las obras.

Estos reconocimientos han sido acompañados por la ejecución de 100 ml de perfil geofísico mediante la técnica de sísmica de refracción, de acuerdo con los cuales se ha evaluado las condiciones de excavabilidad de los distintos materiales detectados.

c) Tercera fase:

Con las muestras tomadas en las distintas calicatas efectuadas, se ha realizado una primera selección, resultado de la cual se obtuvieron las que finalmente fueron sometidas en el laboratorio a los ensayos necesarios con el fin de evaluar la aptitud de los materiales para ser usados en las distintas zonas de los terraplenes. Así mismo, para poder valorar las condiciones de excavabilidad y estabilidad de los futuros desmontes.

Con todo ello, se han estudiado, de una parte, las condiciones de ejecución de los desmontes, métodos de excavación, ángulos de talud estables, etc. y, de otra, los posibles usos que podrían tener los materiales procedentes de estas zonas dentro de las unidades de obra previstas en el Proyecto, ya sean materiales para terraplenes, escolleras, áridos, etc.

Por último, a la vista de las condiciones de emplazamiento de la zona, se han evaluado las posibles condiciones de cimentación de las estructuras que en el futuro se dispondrán en la misma.

De este modo, quedarían totalmente definidas todas las alternativas del terreno, sus características y, por lo tanto, sus problemáticas de carácter geotécnico.



3. RECONOCIMIENTOS REALIZADOS

Inicialmente, a la vista de los antecedentes consultados (información bibliográfica del IGME), se efectuó una inspección de toda la zona afectada por el Proyecto, analizando cortes estratigráficos continuos, canteras, obras civiles, etc., así como cualquier afloramiento que pueda dar luz sobre las características de los distintos materiales geológicos afectados.

De este modo, después de una primera inspección donde se determinaron las zonas de interés para el estudio de estos materiales, se planificó una campaña de reconocimientos geotécnicos (Estaciones de reconocimiento) en la que se efectuaron las siguientes labores:

- Levantamiento de Estaciones Geomecánicas.
- Calicatas.

Todo ello, condujo a la elaboración de una cartografía a escala 1/5.000 en la que se reflejan las distintas unidades geotécnicas, así como su distribución a lo largo de la zona objeto de estudio.

3.1. Estaciones de reconocimiento: Estaciones geomecánicas.

En aquellas zonas donde directamente aflora el substrato rocoso, se ha realizado una descripción y caracterización de éste muy exhaustiva, empleándose las clasificaciones de la ISRM, basadas en el grado de meteorización que presenta el macizo rocoso, y la clasificación geomecánica de Bieniawski, que establece la calidad del macizo rocoso en función del índice RMR (Rock Mass Rating).

Para establecer este último índice se parte de los siguientes parámetros:

- Resistencia a la compresión simple de la roca intacta (Tabla 1).
- RQD.
- Espaciado de las juntas (Tabla 2).
- Naturaleza de las juntas (Apertura de los labios de la discontinuidad, Continuidad de las juntas, rugosidad, resistencia de los labios de la discontinuidad y relleno de las juntas) (Tabla 3, 4 y 5).
- Presencia de agua.
- Orientación de las discontinuidades.

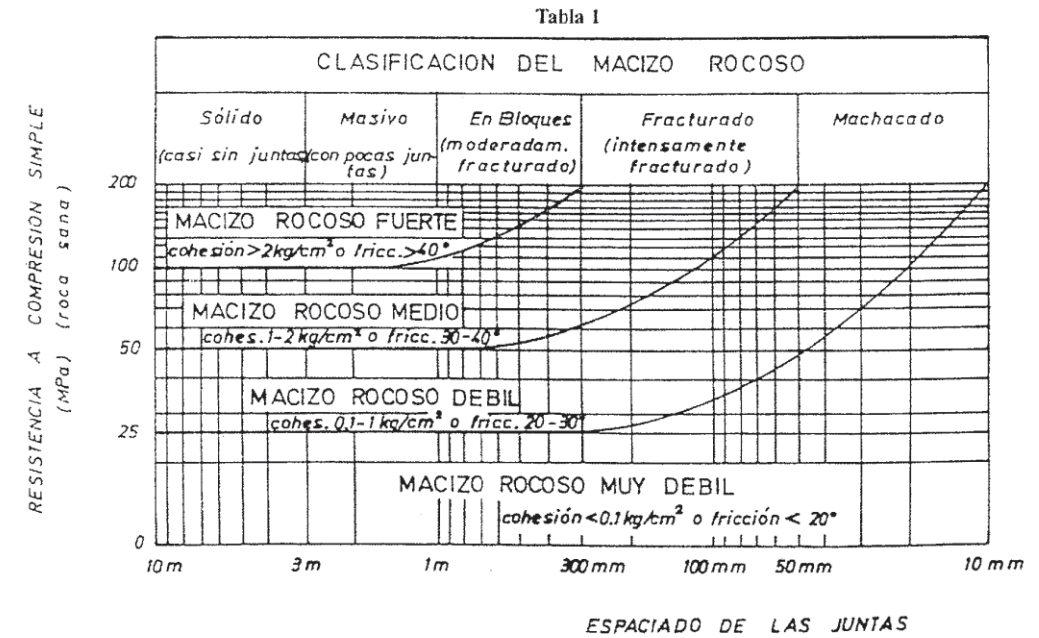


Tabla 2
CLASIFICACION DE DEERE DEL ESPACIADO DE LAS JUNTAS

Descripción	Espaciado de las juntas	Tipo de macizo rocoso
Muy ancho	> 3 m	Sólido
Ancho	1 - 3 m	Masivo
Moderadamente cerrado	0,3 - 1 m	En bloques
Cerrado	50 - 300 mm	Fracturado
Muy cerrado	< 50 mm	Machacado

Tabla 3
CONTINUIDAD DE LAS JUNTAS (BROWN 1981)

Grado	Descripción	Continuidad
	<i>Continuidad</i>	
1	muy pequeña	< 1 m
2	pequeña	1 - 3 m
3	media	3 - 10 m
4	alta	10 - 20 m
5	muy alta	> 20 m

Tabla 4
APERTURA DE JUNTAS (BROWN, 1981)

Grado	Descripción	Separación labios
1	Abierta	> 5 mm
2	Moderadamente abierta	1 - 5 mm
3	Cerrada	0,1 - 1 mm
4	Muy cerrada	< 0,1 mm

Tabla 5
RUGOSIDAD DE LAS JUNTAS (BROWN 1981)

Grado	Descripción
1	Muy rugosa
2	Rugosa
3	Ligeramente rugosa
4	Suave
5	Espejo de falla

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Buzamiento 0 - 20° (Independiente del rumbo)
Dirección según buzamiento		Dirección contra buzamiento				
Buzam. 45 - 90°	Buzam. 20 - 45°	Buzam. 45 - 90°	Buzam. 20 - 45°	Buzam. 45 - 90°	Buzam. 20 - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

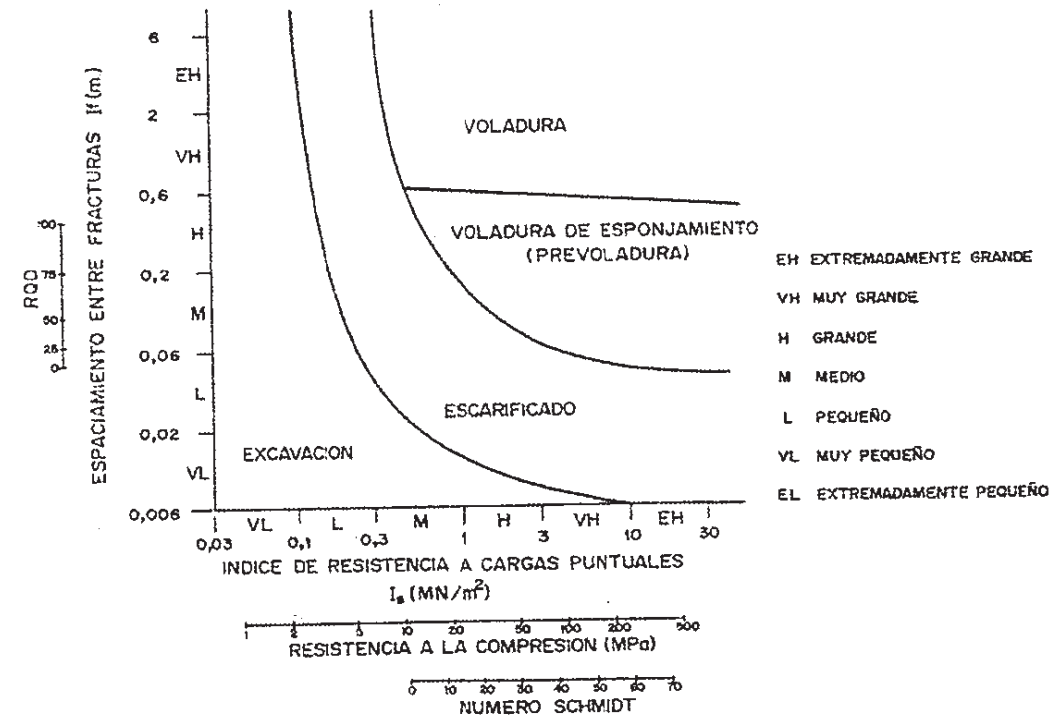
Parámetros de clasificación y valores:

Parámetros		Escala de Valores								
1	Resistencia de la roca intacta	Bajo carga puntual	> 8 MPa	4 - 8 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	< 1 MPa			
		A compresión simple	> 200 MPa	100 - 200 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	10 - 25 MPa	3 - 10 MPa	1 - 3 MPa	
	Valor	15	12	7	4	2	1	0		
2	RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%				
	Valor	20	17	13	8	3				
3	Espaciado de las juntas	> 3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50 - 300 mm	< 50 mm				
	Valor	30	25	20	10	5				
4	Naturaleza de las juntas	Muy rugosa, sin continuidad, cerradas, roca labios dura	Ligeramente rugosa, separación < 1mm. Roca labios dura.	Ligeramente rugosa, separación > 1 mm. Roca labios dura.	Espejo de falla o relleno de espesor < 5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm. Juntas continuas	Relleno blando de espesor > 5 mm o juntas abiertas > 5 mm. Juntas continuas				
		Valor	25	20	12	6	0			
5	Agua	Flujo en cada 10 m de túnel	Ninguno		< 25 l/min	25 - 125 l/min	> 125 l/min			
		Relación presión de agua en la junta/ tensión principal máxima	0		0 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5			
	Condiciones generales	Completamente seco		Húmedo, Agua intersticial	Agua a presión moderada	Agua a presión fuerte				
	Valor	10		7	4	0				

Ajuste de valores por la orientación de las juntas

Orientación del rumbo y buzamiento de las juntas	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valor	0	-2	-5	-10	-12

Para establecer la excavabilidad del macizo rocoso se adoptaron los métodos de Franklin, que se basan en el índice de resistencia bajo carga puntual y el índice de espaciamiento entre fracturas, y de Weaver, que se basa en la velocidad sísmica, la dureza, la alteración, el espaciamiento entre juntas, la continuidad de las juntas, los rellenos en las juntas y la orientación de dirección y buzamiento.



Clasificación de Franklin del macizo rocoso para su arranque y excavación.



CLASE DE ROCA	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	Roca muy buena	Roca buena	Roca media	Roca mala	Roca muy mala
VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	> 2150	2150-1850	1850-1500	1500-1200	1200-450
Valoración	26	24	20	12	5
DUREZA	Roca extr. dura	Roca muy dura	Roca dura	Roca blanda	Roca muy blanda
Valoración	10	5	2	1	0
ALTERACIÓN	Sana	Ligeramente alterada	Alterada	Muy alterada	Completamente alterada
Valoración	9	7	5	3	1
ESPACIADO DE JUNTAS (mm)	> 3000	3000-1000	1000-300	300-50	< 50
Valoración	30	25	20	10	5
CONTINUIDAD JUNTAS	Discontinuas	Poco continuas	Continuas sin relleno	Continua con algún relleno	Continua con relleno
Valoración	5	5	3	0	0
RELLENO EN LAS JUNTAS	Cerradas	Algo separadas	Separación < 1 mm	Relleno < 5 mm	Relleno > 5 mm
Valoración	5	5	4	3	1
ORIENTACIÓN DE DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	Muy desfavorable	Desfavorable	Poco desfavorable	Favorable	Muy favorable
Valoración	15	13	10	5	3
VALORACIÓN TOTAL	100-90	90-70 *	70-50	50-25	< 25
VALORACIÓN DE LA RIPABILIDAD	Voladura	Extr. difícil de repar. Voladura	Muy difícil de repar	Difícil de repar	Fácilmente ripable
SELECCIÓN DE MAQUINARIA	--	DD9G/D9G	D9/D8	D8/D7	D7
POTENCIA (CV)	--	770/385	385/270	270/180	180
kW	--	575/290	290/200	200/135	135

* La puntuación por encima de 75 se considera como no ripable sin prevoladura.

Clasificación de Weaver del macizo rocoso para su arranque y excavación.

En total, de las dieciséis (16) Estaciones de Reconocimiento, se levantaron cinco (5) Estaciones Geomecánicas cuya posición se muestra en el Plano adjunto.

3.2. Estaciones de reconocimiento: Calicatas.

En aquellas zonas donde el substrato (roca) no aflora directamente, para la toma de los datos propios de una estación geomecánica se han aprovechado zonas de desmonte existentes o, en su defecto, se han efectuado calicatas. La finalidad de estas labores sería reconocer directamente los materiales del subsuelo, evaluar sus características identificativas, valorar los espesores de cobertura vegetal o suelos de mala calidad que se descartarán en el futuro para la ejecución de las obras y, en el caso de que fuese de interés, tomar muestras con el objeto de establecer sus características geotécnicas, y así fijar criterios para su uso y evitar fenómenos de inestabilidad.

Aparte de las Estaciones geomecánicas de reconocimiento antes aludidas, se han efectuado siete (7) calicatas, las profundidades alcanzadas en éstas se muestran a continuación.

Reconocimiento	Profundidad (m)
EC-1	2.0
EC-2	1.5
EC-3	1.5
EC-4	3.0
EC-5	2.0
EC-6	1.2
EC-7	2.0

Fruto de todos los reconocimientos llevados a cabo, se ha elaborado una cartografía geológico-geotécnica donde se diferencian los distintos materiales que afloran en la superficie de la zona objeto de estudio.

3.3. Ensayos de laboratorio

Sobre la totalidad de muestras tomadas en las calicatas efectuadas, se ha realizado una selección de las mismas en la que se descartaron aquellas que no eran representativas o que se encuentran en mal estado.

De la totalidad de muestras tomadas se han seleccionado las siguientes para ser enviadas al laboratorio, donde fueron sometidas a una serie de ensayos cuyos resultados se comentan más adelante.

Muestra	Calicata	Profundidad (m)
M-1	C-1	0.8
M-2	C-4	0.7
M-3	C-7	0.7

Se han seleccionado tres (3) muestras de los suelos residuales procedentes de la alteración del granito, las cuales fueron sometidas a ensayos de identificación, clasificación, agresividad, resistencia y deformabilidad. Estos ensayos están encaminados fundamentalmente a la clasificación de estos suelos para el estudio de su uso en los rellenos que prevé el Proyecto. Así mismo, estas muestras se han sometido a ensayos de corte directo con el fin de evaluar la resistencia al corte de los mismos.

3.4. Prospección mediante sísmica de refracción.

Los reconocimientos realizados, descritos anteriormente han sido acompañados de una investigación del terreno mediante métodos geofísicos.

En el siguiente cuadro se recogen los datos correspondientes a los mismos.

Reconocimiento	Método	Metros prospectados
PS-1	Sísmica de refracción	100

El método de la sísmica de refracción se basa en la propagación de las ondas elásticas a través de los materiales que forman el subsuelo.

Para su aplicación se introduce en el medio una energía por golpeo, una explosión o la caída de una masa, creándose un frente de ondas elásticas de carácter esférico que atravesará los diferentes materiales del terreno.

El estudio de este proceso ha determinado que el frente de ondas creado se comporta de forma similar a un rayo luminoso, cumpliendo así las leyes que rigen éstos. Como en óptica, se producirán reflexiones, refracciones, difracciones, efectos Doppler, etc. en su camino.

Mediante unos sensores similares a un sismógrafo, denominados geófonos, se recogen las llegadas de las ondas refractadas, las únicas que nos interesan, cuyas vibraciones se traducen en impulsos eléctricos reflejados en un osciloscopio de la unidad central de medición.

De todas las vibraciones que se miden, se señala el tiempo de llegada de las más rápidas, denominadas primarias u ondas P, en cada uno de los geófonos. Representando en un gráfico espacio (posición entre

los geófonos en el campo) – tiempo (valor de llegada de la onda P), se construye una curva denominada dromocrona.

Por último, aplicando las leyes de Snell y de la propagación de los rayos luminosos en diferentes medios, obtenemos los valores de las velocidades de propagación del frente de ondas en las diferentes capas de terreno. Una velocidad de propagación de onda más rápida significa una mayor compacidad de los materiales.

También, en función de los datos recogidos en el campo, se puede determinar la profundidad y espesor de las capas que se diferencian en el perfil, obteniendo un dibujo de la traza de la interface entre dos medios de diferente velocidad.

Aplicando las tablas publicadas al efecto, así como la observación directa del medio y los resultados obtenidos en otros ensayos (si se dispone de ellos), se traducen por correlación directa en materiales los valores de las velocidades sísmicas, confeccionando el corte geológico correspondiente.

3.4.1. Dispositivos

En esta prospección se ha utilizado un dispositivo con doce canales de recepción por perfil. Esto permite tener una representación bastante fiel del trazado entre puntos de los refractores a determinar, independientemente del número de ellos y profundidad a la que se encuentren.

El estudio pretende alcanzar una profundidad de prospección aproximada de unos 25 a 30 metros, por lo que se han establecido perfiles con una separación entre los puntos de registro de cada perfil –geófonos– de 10 metros, obteniéndose una extensión total para los perfiles de 120 metros.

Por último, para determinar la inclinación de las interfaces utilizan dos puntos de golpeo, uno en cada extremo del perfil, los cuales se denominarán A y B, obteniéndose curvas de ida y de retorno, y para determinar la geometría de los mismos se han realizado tres disparos más, dos externos (S y D) y otro central.

Los resultados finales son independientes del tipo de dispositivo utilizado.

3.4.2. Equipo utilizado

El presente trabajo se ha realizado con un equipo para prospección sísmica de la marca DOLANG, modelo DBS 270 WTO, para refracción y reflexión, con opciones de medida de 12 canales en cada extensión, siendo la admisión máxima de 99 canales. A cada canal se le asigna la entrada de un geófono.

La fuente de energía la proporciona el golpeo de una maza de seis kilos sobre una superficie circular de duraluminio que lleva incorporado el sistema de apertura del circuito de medida.

Los geófonos utilizados, en un total de 12, son de la marca MARK , modelo II, para sísmica de refracción con 4,7 Hz. de frecuencia de adquisición.

La unidad central está dirigida por un ordenador portátil marca COMPAQ, modelo ARMADA 1130 con procesador Pentium 120 y 16 Mb. de RAM, a través del programa de adquisición de datos VBDELTA. En el mismo se almacenan los datos obtenidos en el campo y permite realizar una interpretación rápida de los mismos en campaña, como verificación del estado de los registros obtenidos.

El procesamiento definitivo de los datos se realiza en el gabinete mediante ordenadores del tipo PC con procesadores Pentium III y alta capacidad de memoria. En este proceso se utilizan los programas de software de interpretación WINDELTA.

Los planos, cortes y dibujos se realizan en programas de CAD comerciales a escalas que se estimen convenientes



4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

4.1. Encuadre geológico

La zona objeto de estudio se encuentra enmarcada en su totalidad sobre rocas de naturaleza granítica, concretamente sobre la unidad denominada “Granodiorita precoz x γ η^2 ”, de acuerdo con la nomenclatura utilizada por el ITGE en la Hoja 45 (5-5) del Mapa Geológico Nacional MAGNA a escala 1/50.000.

Estos materiales desarrollan unos suelos residuales arenosos de elevada compacidad, que comúnmente se conocen con el nombre de “jabres”.

- **Granodiorita precoz**

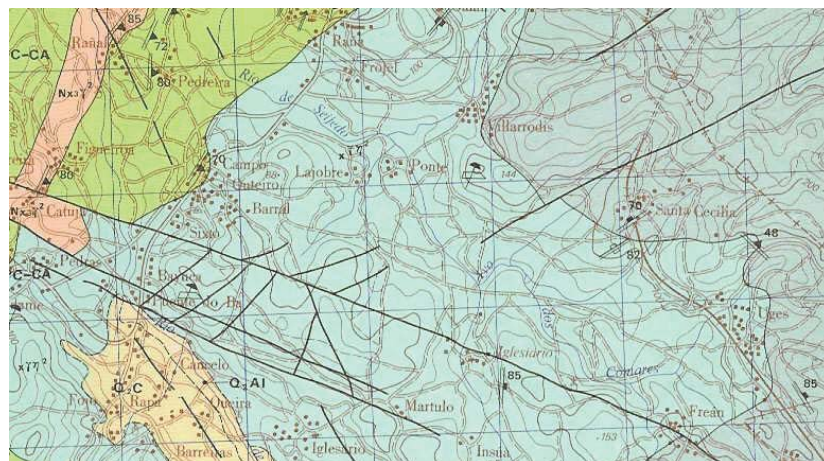
Se trata de una granodiorita (granito) de textura porfiroide, caracterizada por presentar un tamaño de grano grueso, en el que destaca la existencia de megacristales de feldespato, normalmente maclados, y que podrían alcanzar longitudes de hasta 12 cm.

La composición mineralógica esencial se encuentra representada por proporciones variables de cuarzo, plagioclasa, microclina, biotita y a veces la moscovita.

En cuanto a los minerales accesorios, son el circón, apatito, opacos, allanita, esfena, rutilo y xenotima, los más característicos, presentando más ocasionalmente turmalina, granate y berilo.

- **Suelos residuales**

El substrato rocoso descrito se encuentra cubierto por espesores muy reducidos de suelos residuales. Se trata de suelos de granulometría areno limosa, carentes de plasticidad aparente, que se presentan más como una mera transición al substrato rocoso granítico que como una unidad geotécnica propiamente dicha.



Geología de la zona

4.2. Inventario de afloramientos, y de los reconocimientos realizados

(Se han incluido únicamente aquellos reconocimientos ubicados en la zona de actuación del Proyecto de Conexión Exterior del saneamiento).

4.2.1. Estación de Reconocimiento ER-4:

Los reconocimientos se efectuaron sobre un área de topografía abrupta situada en las inmediaciones del lugar conocido como “A Ponte”.

El relieve actual observado en la zona, es consecuencia de los procesos de denudación que afectan a un substrato rocoso plutónico de carácter granodiorítico, como el que constituye dicha región.

En cuanto a los niveles de baja compacidad que normalmente se desarrollan sobre este tipo de substratos, dada la topografía observada, cabe esperar una potencia reducida de materiales de origen eluvial, tal y como se pudo constatar en aquellas zonas adyacentes de similares características.

Los reconocimientos realizados consistieron en una inspección visual de taludes y otros enclaves, donde puede extraerse una visión representativa del espesor aproximado de la cobertera vegetal y posibles suelos residuales o de diferentes orígenes.

ER-4	PROYECTO SECTORIAL DE UN PARQUE EMPRESARIAL EN ARTEIXO.
	<p>Las conclusiones obtenidas parten de un espesor de cobertera vegetal de escasamente 0.1 – 0.2 m.</p> <p>Se trata por lo tanto de un reducido nivel, de granulometría limo – arenosa, en el que el elevado contenido en materia orgánica confiere una coloración oscura al conjunto más superficial del subsuelo.</p> <p>El entorno estudiado carece de espesores apreciables de suelos procedentes de la degradación del macizo granodiorítico, observándose en todo caso potencias muy reducidas de cobertera eluvial, puesto que con frecuencia es el propio substrato rocoso el que aflora bajo la cobertera.</p> <p>El macizo plutónico se presenta en esta zona escasamente alterado, aunque intensamente fracturado, mostrando en todo caso una compacidad muy elevada.</p>

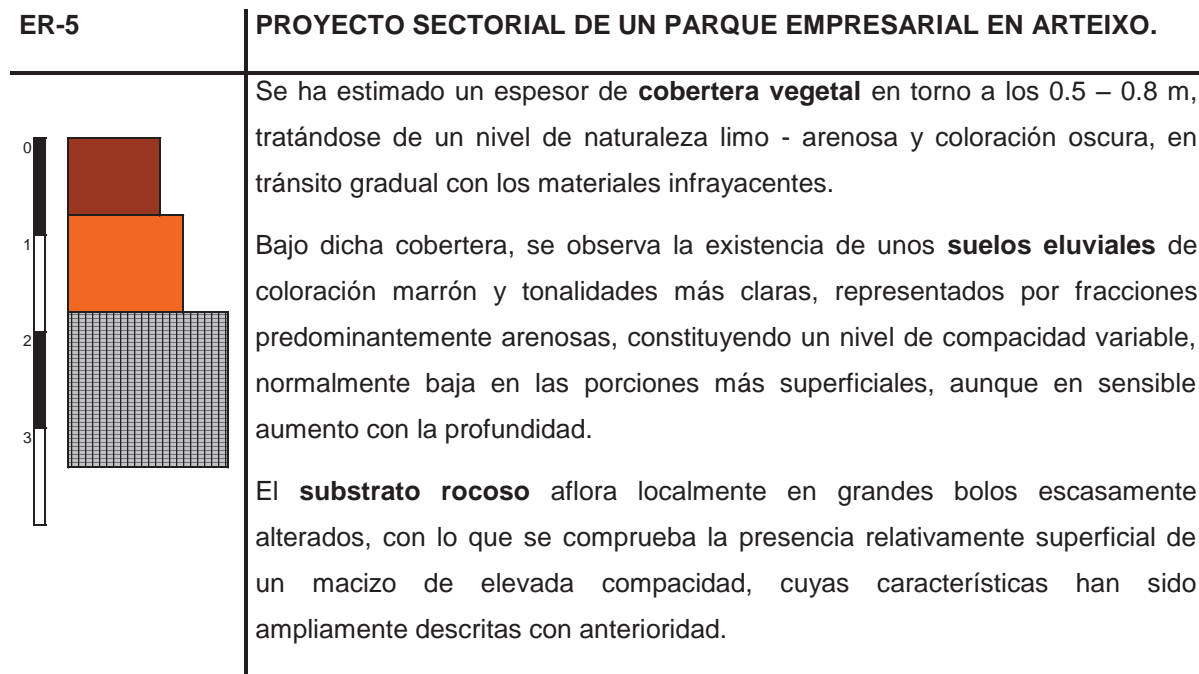
4.2.2. Estación de Reconocimiento ER-5:

Los reconocimientos fueron efectuados sobre una zona de topografía prácticamente horizontal, cercana al lugar de “A Ponte”.

Se trata de un área dedicada al cultivo, en la que afloran grandes bolos de tipo granodiorítico, cuya descomposición produce suelos de degradación de tipo predominantemente arenoso, en los que la compacidad aumenta sensiblemente con la profundidad.

Por otra parte, y a la vista del emplazamiento anteriormente descrito, se prevén espesores de cobertera vegetal importantes.

Los reconocimientos efectuados consistieron en una inspección visual de los afloramientos existentes en el entorno, con lo que se pretende realizar una estimación aproximada de los espesores correspondientes a cada una de las unidades existentes en el subsuelo, así como sus características más relevantes.



4.3. Caracterización geotécnica de los materiales

La zona objeto de estudio se encuadra en un macizo rocoso granodiorítico, que en el presente caso desarrolla espesores de suelos residuales relativamente pequeños, tratándose de niveles arenosos en los que la compacidad aumenta de forma progresiva con la profundidad. De este modo, en la mayor parte de la superficie reconocida, se observan afloramientos rocosos de importante entidad.

De acuerdo con las observaciones llevadas a cabo, se han reconocido los siguientes tipos de suelos.

Nivel 1 “Suelos correspondientes a la cobertera vegetal”

El presente nivel se encuentra constituido por materiales limo – arenosos de compacidad muy baja y coloración oscura, como consecuencia del importante contenido en materia orgánica que presentan.

Nivel 2 “ Rellenos heterogéneos de baja compacidad”

Constituidos por materiales, cuya procedencia deriva generalmente de los suelos y sustrato existente en la zona, aunque en ocasiones presentan orígenes distintos.

Se trata de escombreras localizadas, que ocupan principalmente una pequeña superficie de la zona Norte y Oeste del ámbito reconocido.

Nivel 3 “Suelos areno limosos de compacidad elevada”

Se trata de materiales procedentes de la descomposición del basamento plutónico (granitos) subyacente, que constituyen un nivel de transición hacia el mismo, de espesor normalmente reducido (en la zona reconocida muestran espesores generalmente inferiores 1 m).

De acuerdo con las inspecciones realizadas, a estos suelos se les ha asignado los siguientes parámetros geotécnicos.

Propiedades geotécnicas	Suelos de compacidad elevada
Densidad aparente:	1.7 Tm/m ³
Densidad saturación:	2.1 Tm/m ³
Ángulo de rozamiento interno.	35°
Cohesión:	1.0 Tm/m ²
Módulo de deformación:	320-1200 Kp/cm ²



Nivel 4 “Substrato rocoso granítico”

Bajo los niveles anteriormente descritos, se detectó la presencia de un substrato rocoso granodiorítico, cuyo grado de alteración oscila generalmente entre III y IV (de acuerdo con la escala ISRM).

Dicho substrato se presenta por lo tanto relativamente sano, mostrando un diaclasado de espaciados decimétricos, que localmente podría alcanzar magnitudes mayores (métricas).

Las juntas en superficie se encuentran relativamente abiertas, aunque este hecho es más consecuencia de la alteración de la roca que de la naturaleza interna de la misma.

En cuanto a la rugosidad de las fracturas, ésta es importante, dada la textura de grano grueso de la roca sobre la que se desarrollan.

De acuerdo con estas observaciones, a este tipo de materiales se les ha asignado los siguientes parámetros geotécnicos.

Propiedades geotécnicas –	Substrato rocoso granítico
Densidad aparente:	2.3 Tm/m ³
Densidad saturación:	2.4 Tm/m ³
Ángulo de rozamiento interno.	35°
Cohesión:	5.0 Tm/m ²
Módulo de deformación:	>1200 Kp/cm ²

4.4. Hidrogeología

Normalmente se suelen detectar surgencias de agua en las interfaces existentes entre los suelos (Niveles geotécnicos 1, 2 y 3) y el substrato rocoso. Este hecho no implica la existencia de un nivel freático establecido a esa cota, sino que más bien se trata de aguas subálveas cuya circulación se encuentra limitada por el substrato rocoso que generalmente realiza funciones de Nivel de base impermeable.

Por otra parte, la presencia de agua dentro del macizo rocoso, que ocupa la práctica totalidad de la parcela, se encuentra colmatando las numerosas fallas que lo afectan, éstas conforman zonas donde el grado de fracturación y trituración de la roca es mayor por lo que suelen estar totalmente saturadas de agua, pudiendo generar manantiales a distintas alturas a lo largo de las mismas.



5. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

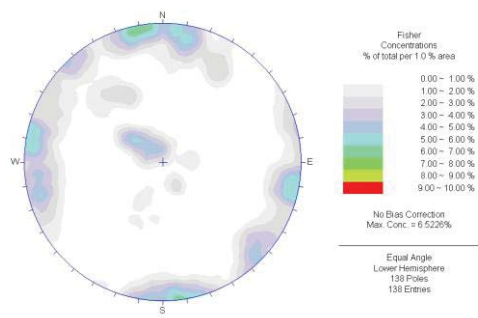
Una vez caracterizadas las diferentes unidades geológicas afectadas por las obras en Proyecto, se procede a continuación a definir la geometría de los taludes, tanto de los correspondientes a desmontes como de los correspondientes a terraplenes, la excavabilidad de las diferentes unidades detectadas en la zona y, por último, el aprovechamiento de los diferentes materiales extraídos para la construcción de los terraplenes.

5.1. Desmontes excavados predominantemente en materiales rocosos

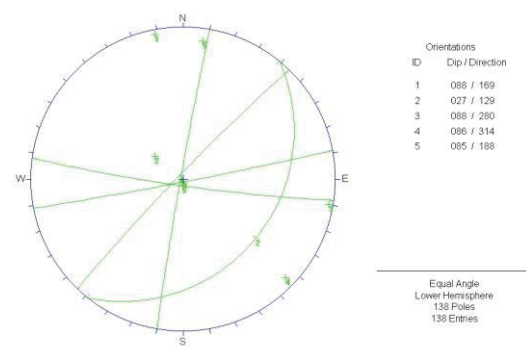
La mayor parte de los desmontes corresponden o afectan a materiales rocosos de mayor o menor dureza, los espesores de suelos detectados son muy escasos. No obstante, se ha analizado la estabilidad de estos suelos para varias hipótesis de cálculo, en función de la altura y de la pendiente de los mismos.

Los reconocimientos realizados indican que el substrato rocoso se encuentra estructurado de acuerdo con los sistemas de fracturación que a continuación se indican.

Familia	Dirección							
	Buzamiento	buzamiento	Rugosidad	Apertura	Rellenos	Agua	Espaciado	Tipo
1	88	169	>40	< 0.5 mm	No	No	0.8 – 1.0 m	Diaclasa
2	27	129	>40	< 0.5 mm	No	No	0.1 – 0.4 m	Diaclasa
3	88	280	>40	< 0.5 mm	No	No	0.1 – 0.4 m	Diaclasa
4	86	314	>40	0.5-2 mm	No	No	0.3 – 1.5 m	Diaclasa
5	85	188	>40	0.5-3 mm	Arena	No	0.4 – 1.0 m	Diaclasa



Densidad de polos



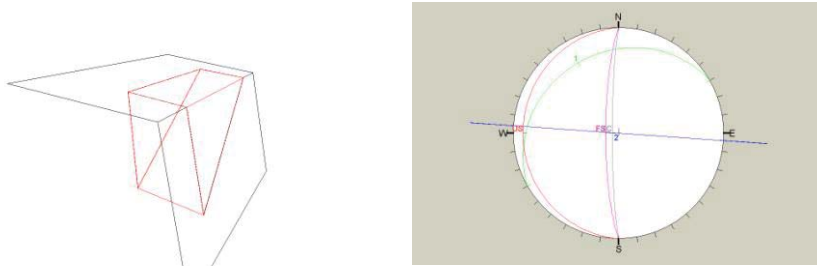
Proyección estereográfica de los planos de fractura

De acuerdo con estas características, se han analizado las distintas combinaciones de fracturas que se pueden dar en el macizo rocoso y que, a su vez, generen masas de roca potencialmente inestables.

Los resultados obtenidos en este análisis son los siguientes.

Características de la cuña	Perspectiva	Estereográfica
EG-1		
Plano 1 84/284		
Plano 3 82/192		
Tipo de inestabilidad		
Deslizamiento a través de la intersección de los dos planos.		
Factor de seguridad		
1.38		
EG-4		
Plano 2 84/311		
Plano 3 22/266		
Tipo de inestabilidad		
Deslizamiento a través de la intersección de los dos planos.		
Diaclasa		
Factor de seguridad		
3.04		
EG-5		
Plano 1 24/330		
Plano 2 83/86		
Tipo de inestabilidad		
Deslizamiento a través de la intersección de los dos planos.		
Factor de seguridad		
2.17		

Plano 1	Plano 4
24/330	90/184
Tipo de inestabilidad	
Deslizamiento a través de la intersección de los dos planos.	
Factor de seguridad	
3.64	



Los resultados obtenidos son los que siguen.

De acuerdo con estos resultados, los coeficientes de seguridad resultan totalmente admisibles para los taludes que se proyectan con pendientes 1H/5V.

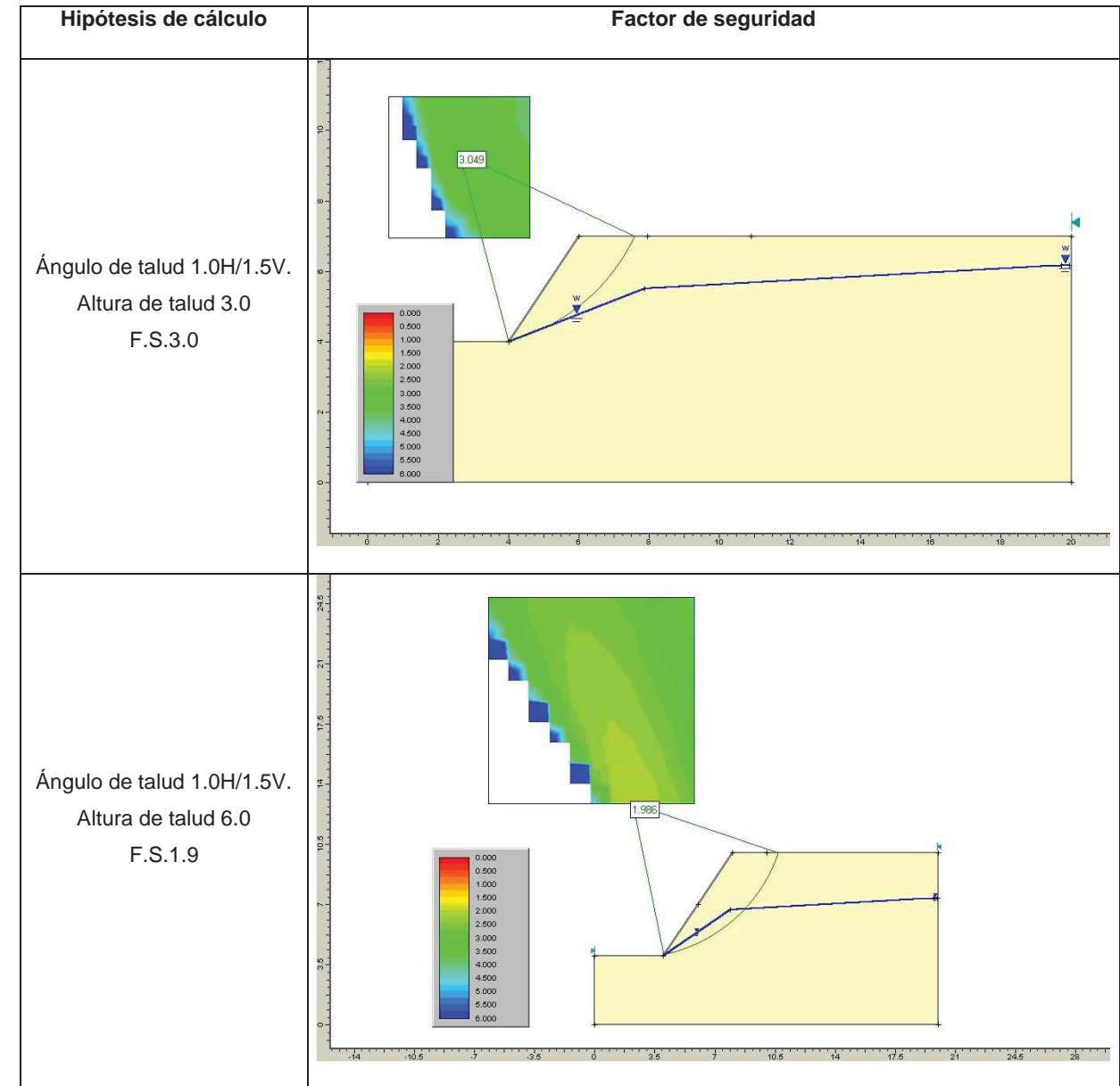
5.2. Desmontes excavados predominantemente en suelos

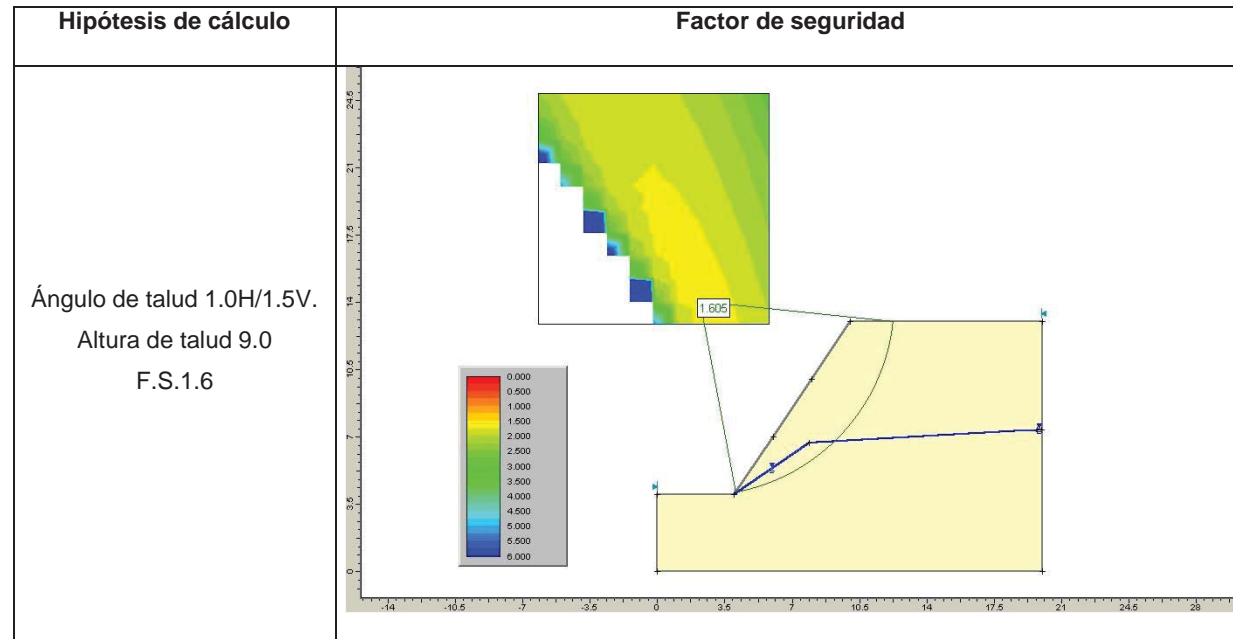
Sobre el substrato rocoso granítico se presentan unos suelos residuales procedentes de su alteración que muestran espesores variables, aunque escasos en las zonas elevadas donde previsiblemente se acometerán la mayoría de los desmontes importantes.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los reconocimientos realizados, y teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de laboratorio realizados, se han considerado los siguientes parámetros geotécnicos para el cálculo de los taludes.

Propiedades geotécnicas	Suelos residuales procedentes de la alteración de granodioritas
Densidad aparente:	1.8 Tm/m ³
Densidad saturación:	2.1 Tm/m ³
Ángulo de rozamiento interno.	35°
Cohesión:	1.8 Tm/m ²

Se han analizado varias hipótesis de cálculo en función de la altura de los taludes para pendientes de 1H/1.5 V. Se han analizado de acuerdo con varios métodos de cálculo, Bishop, Jambu, Ordinario, etc. Así mismo, se ha supuesto la existencia de agua al menos en el 20 % inferior de la altura del talud, aunque en ninguno de los reconocimientos realizados en los desmontes se ha detectado la existencia de nivel freático alguno.





A la vista de estos resultados, se observa que para pendientes de talud de 1H/1.5V se obtienen coeficientes de seguridad lo suficientemente elevados para garantizar la estabilidad de este tipo de taludes para espesores de suelos de hasta 9.0 m, más que suficiente si tenemos en cuenta que en las estaciones de reconocimientos el espesor de los suelos residuales detectados es muy escaso

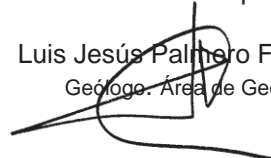
5.3. Excavabilidad de los materiales de la zona

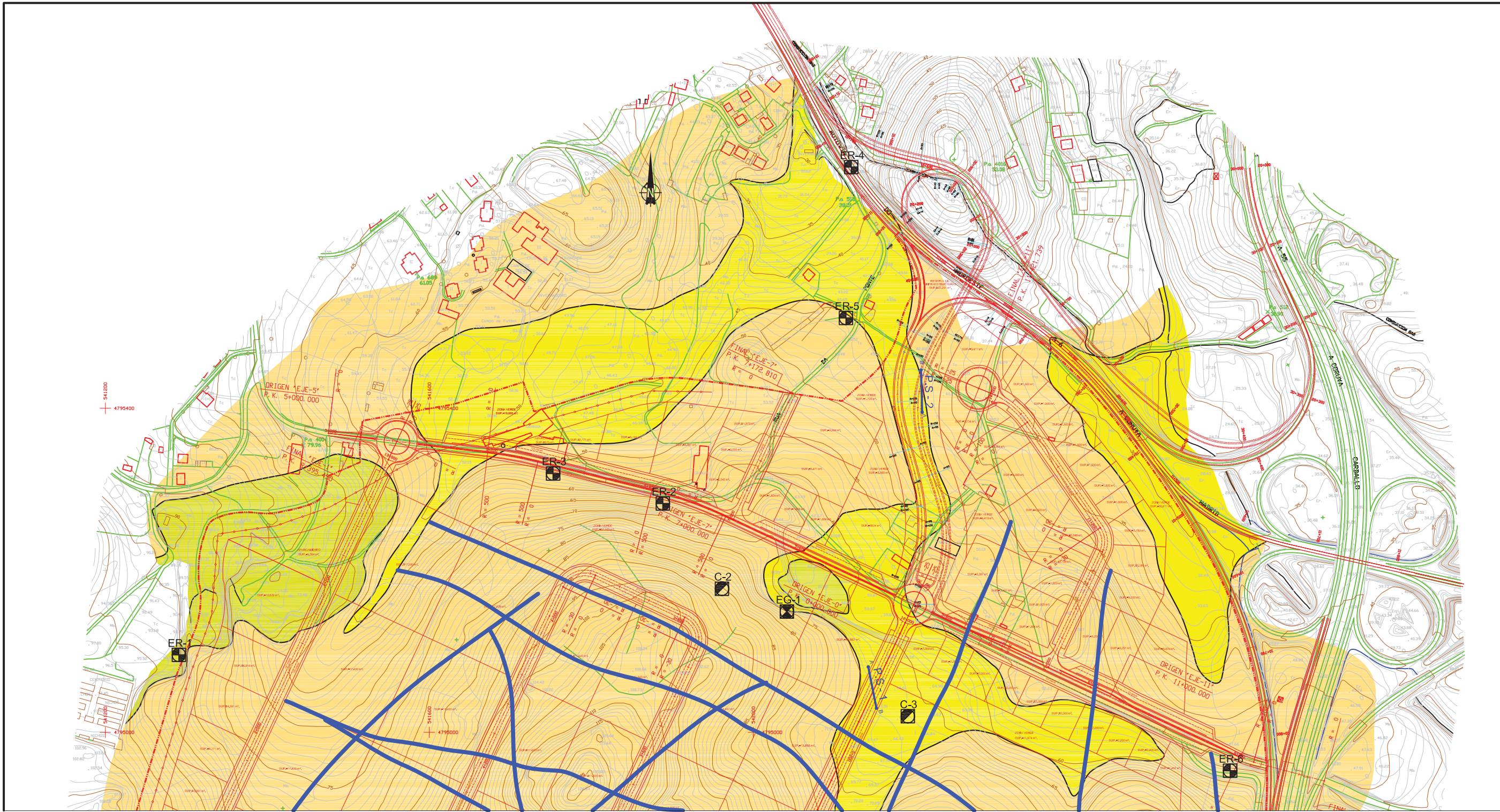
A efectos de evaluar la excavabilidad de los materiales de la zona, se han diferenciado cuatro unidades geotécnicas. De una parte, el substrato rocoso granítico, y de otra, los tres tipos de suelos que sobre éste se desarrollan.

Los primeros son materiales rocosos de elevada dureza, por lo que precisarían para su arranque el uso de explosivos, cuando menos de martillo picador para perfilar los taludes.

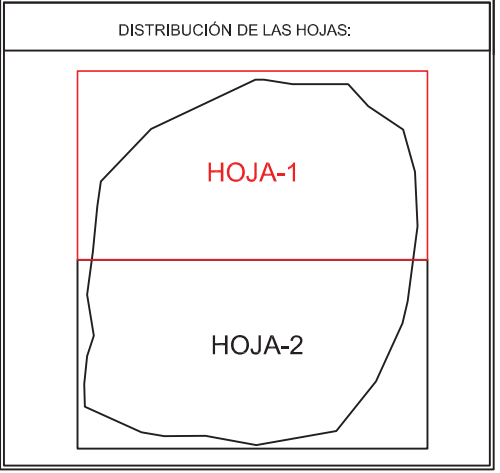
Los suelos residuales y el resto de suelos diferenciados que cubren estos materiales son perfectamente excavables mediante métodos mecánicos convencionales.

Oviedo, 25 de junio de 2018.
 Realizado por:
 Luis Jesús Palmiero Fernández
 Geólogo. Área de Geotecnia

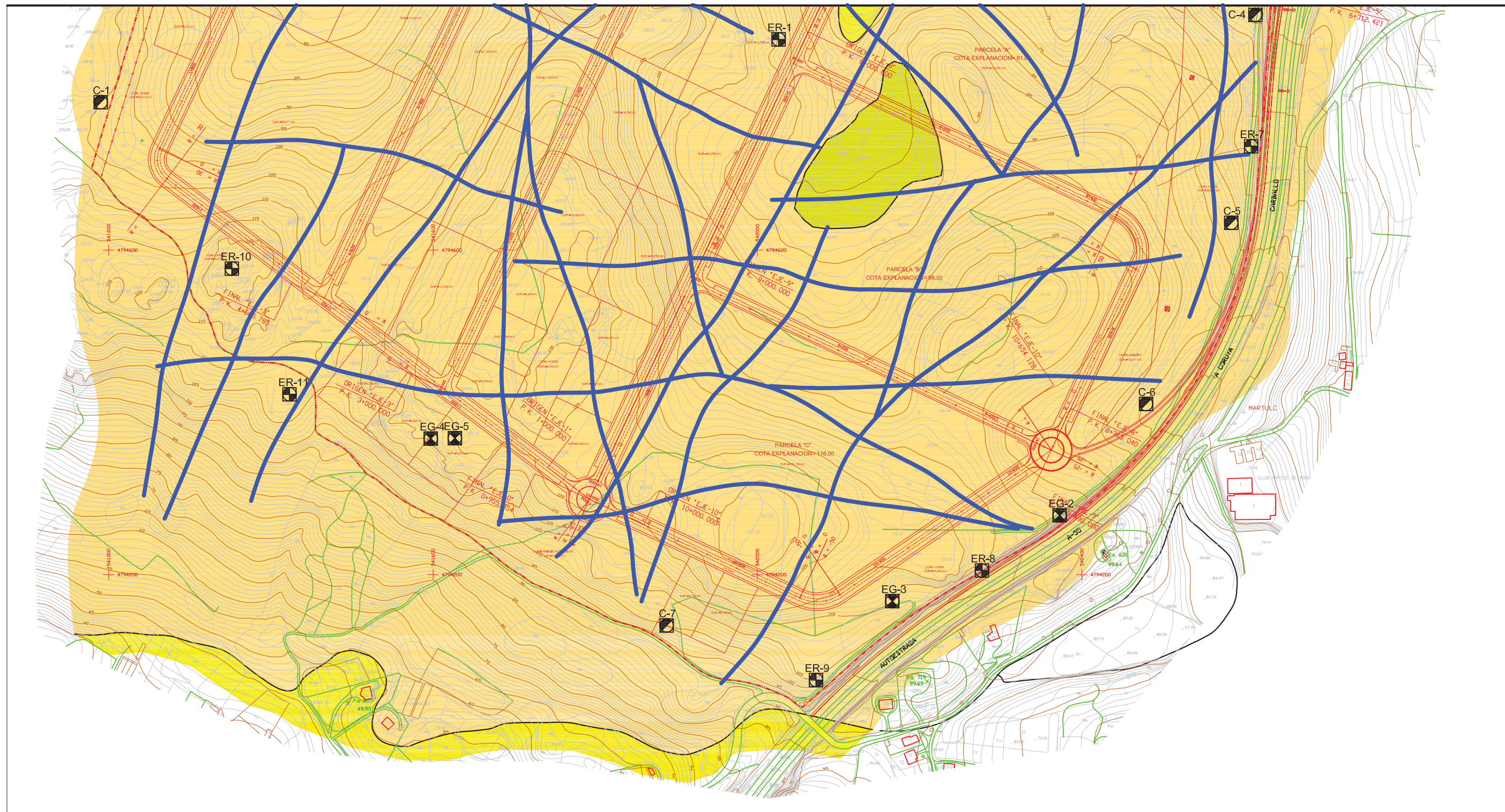




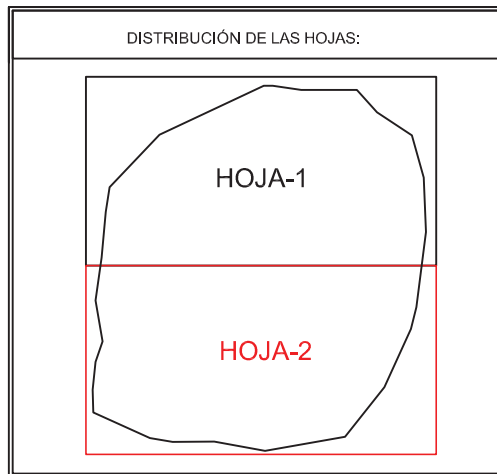
	ESTACIONES DE RECONOCIMIENTOS. (ER)
	ESTACIONES GEOMECÁNICAS. (EG)
	CALICATAS. (C)
	PERFIL GEOFÍSICO (P.S.)



PARQUE EMPRESARIAL DE ARTEIXO - LA CORUÑA.	
PLANTA DE SITUACIÓN DE LOS RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS.	
REALIZADO:	consultoria geología geotecnia
Nº DE PLANO:	1
FIRMADO	
FECHA:	ABRIL 2003
ESCALA:	1/5.000
<small>LUIS JESUS PALMERO FDEZ Nº DE COLEGIADO: 3587</small>	



	ESTACIONES DE RECONOCIMIENTOS. (ER)
	ESTACIONES GEOMECÁNICAS. (EG)
	CALICATAS. (C)

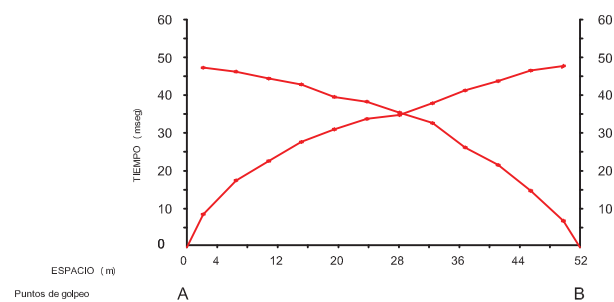
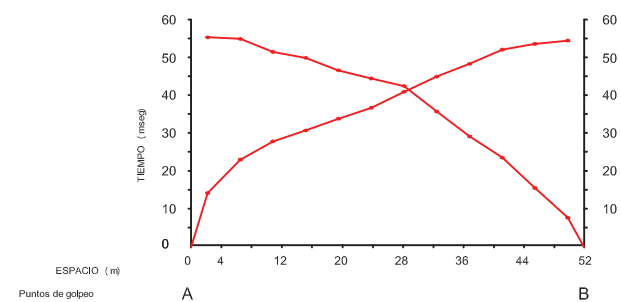


PARQUE EMPRESARIAL DE ARTEIXO - LA CORUNA.		
PLANTA DE SITUACIÓN DE LOS RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS.		
REALIZADO:	consultoría geología geotecnia	Nº DE PLANO: 2
FIRMADO		FECHA: ABRIL 2003
LUIS JESUS PALMERO FDEZ Nº DE COLEGIADO: 3567		ESCALA: 1/5.000

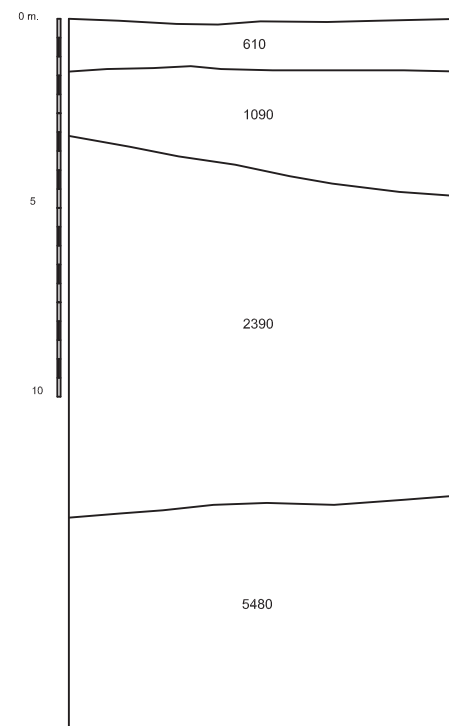
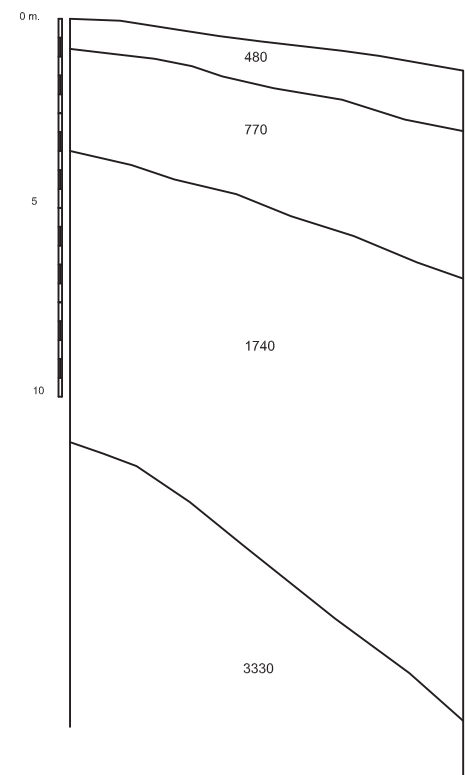
PERFIL SÍSMICO PS-1

PERFIL SÍSMICO PS-2

DROMOCRONAS



PERFIL GEOFÍSICO (m/seg)

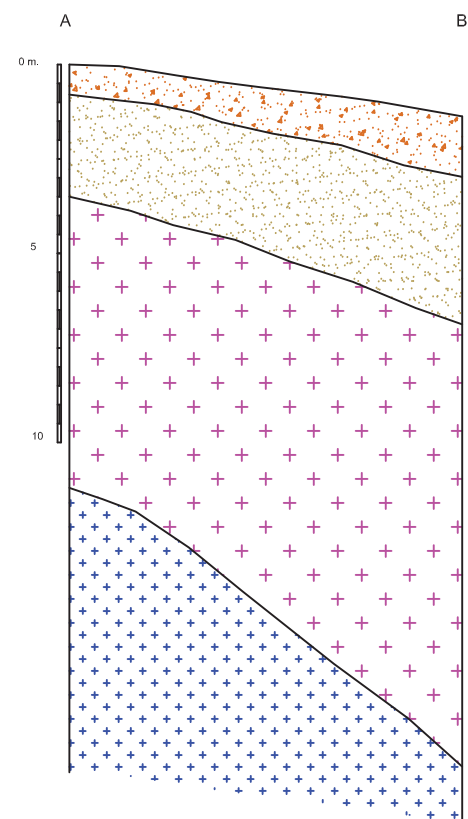


SÍSMICA DE REFRACCIÓN DROMOCRONAS E INTERPRETACIÓN

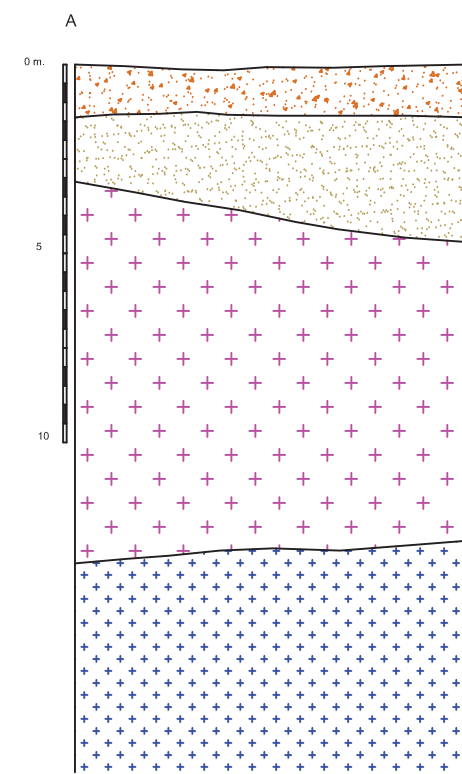
ESTUDIO GEOFÍSICO ARTEIXO. A CORUÑA

REALIZADO:	consultoría geología geotecnia	Nº DE PLANO:	1
FIRMADO		FECHA:	ABRIL 2003
LUIS JESUS PALMERO FDEZ Nº DE COLEGIADO: 3567		ESCALA:	Horizontal: 1/1000 Vertical: 1/200





PERFIL SÍSMICO PS-1



PERFIL SÍSMICO PS-2



LEYENDA

-  Suelos vegetales y de alteración poco compactos
-  Suelos de alteración y jabres compactos
-  Substrato rocoso alterado (Grado III- IV)
-  Substrato rocoso sin alterar

SÍSMICA DE REFRACCIÓN
 DROMOCRONAS E INTERPRETACIÓN

ESTUDIO GEOFÍSICO
 ARTEIXO. A CORUÑA

REALIZADO:	 consultoría geología geotecnia	Nº DE PLANO: 2
FIRMADO		FECHA: ABRIL 2003
LUIS JESUS PALMERO FDEZ Nº DE COLEGIADO: 3567		ESCALA: Horizontal: 1/1000 Vertical: 1/200



IV.3 Estudio geológico-geotécnico para el proyecto de renovación del colector interceptor de Sabón . Concello de Arteixo (A Coruña)

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL PROYECTO DE CONEXIÓN EXTERIOR DE SANEAMIENTO DEL PARQUE DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ARTEIXO

N/REFERENCIA: EG-4040

Anejos





ANEJO Nº3: ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

**ANEJO Nº03 – ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y
GEOTECNIA**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN2

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se adjunta el estudio geotécnico realizado por la empresa Applus Norcontrol S.L.U.



ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE "RENOVACIÓN DEL COLECTOR INTERCEPTOR DE SABÓN. CONCELLO DE ARTEIXO (A CORUÑA)"

07/03/2018 Arteixo (A Coruña)

NOVOTEC

Informe: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE "RENOVACIÓN DEL COLECTOR INTERCEPTOR DE SABÓN. CONCELLO DE ARTEIXO (A CORUÑA)"

Autor: Dña. Verónica Gómez Vicente

Remitido a:

Dirección:

Fecha: 7 de marzo de 2018

Ref. Applus+: P2CO208617

Revisión: 00

Redactor:

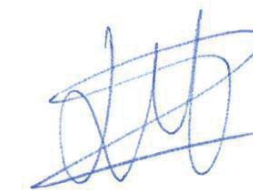
Dña. Verónica Gómez Vicente



Geóloga
Colegiado Nº 6389
Dpto. Ingeniería del Terreno
Applus+

Revisor:

José María Fernández Alba



Jefe de Dpto.
Colegiado Nº 5256
Dpto. Ingeniería del Terreno
Applus+



Índice de informe

1.	ANTECEDENTES	6
1.1.	INTRODUCCIÓN	6
1.2.	DEFINICIÓN Y LOCALIZACIÓN	6
1.3.	DOCUMENTACIÓN PREVIA	7
1.4.	REFERENCIA COTAS DE INICIO DE LOS RECONOCIMIENTOS	7
2.	OBJETO	8
3.	ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL.....	9
3.1.	GEOLOGÍA REGIONAL.....	9
3.2.	HIDROGEOLOGÍA	11
3.3.	PERMEABILIDAD.....	12
3.4.	GEOMORFOLOGÍA	12
4.	SISMICIDAD. NORMA SISMORRESISTENTE NCSE-02.....	13
4.1.	OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	13
4.2.	ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA Y DE CÁLCULO	13
5.	TRABAJOS REALIZADOS	14
5.1.	RECONOCIMIENTO DE LA SUPERFICIE OBJETO DE ESTUDIO	14
5.2.	CALICATAS GEOTÉCNICAS	14
5.3.	ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO DPSH.	15
5.4.	SONDEOS A ROTACIÓN CON RECUPERACIÓN CONTINUA DE TESTIGO	17
5.5.	ENSAYOS DE LABORATORIO.	18
6.	EXPOSICIÓN AMBIENTAL.....	21
7.	DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO.	25
8.	PARÁMETROS ADOPTADOS.....	28
9.	EXCAVACIONES Y CONTENCIÓNES.....	29
9.1.	SOSTENIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN	30
9.2.	ACCIONES A CONSIDERAR Y DATOS GEOMÉTRICOS.	30
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	34

Índice de anexos

ANEXO I.	LOCALIZACIÓN DE PROSPECCIONES
ANEXO II.	PERFILES GEOTÉCNICOS
ANEXO III.	REGISTRO CALICATAS
ANEXO IV.	ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA
ANEXO V.	REGISTRO DE SONDEOS
ANEXO VI.	ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO VII.	CLAVES DE INTERPRETACIÓN.



1. ANTECEDENTES

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio corresponde al Reconocimiento Geológico-Geotécnico realizado por **Applus Norcontrol S.L.U.** (en adelante **APPLUS**), por encargo del **NOVOTEC**, para la elaboración del ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE "RENOVACIÓN DEL COLECTOR INTERCEPTOR DE SABÓN. CONCELLO DE ARTEIXO (A CORUÑA)".

1.2. DEFINICIÓN Y LOCALIZACIÓN

La estructura está situada en la avenida da Praia del Polígono industrial de Sabón perteneciente al Concello de Arteixo (A Coruña). En la zona objeto de estudio se proyecta la renovación del colector interceptor que conecta los tanques de tormentas situados en la rotonda de acceso a dicho polígono con el bombeo existente de Sabón. Dicha zona apenas presenta pendiente ya que discurre por el vial del margen izquierdo de la Avenida da Praia, en dirección aguas abajo del embalse de Sabón o Rosadoiro.

La excavación media prevista es únicamente la necesaria para la ejecución e instalación del futuro colector.

A continuación, se incluye una foto del área de estudio.



Imagen 1. Fotos aéreas de la zona de estudio.

El contenido de esta comunicación, incluyendo los anexos, es para el uso de la persona, personas o la entidad o entidades a la que va dirigida y puede contener material confidencial. No se permite la retransmisión, difusión o cualquier otro uso basado en esta información a personas o entidades distintas del destinatario. Si usted ha recibido esta comunicación por error, le rogamos que por favor contacte con el remitente y destruya todas las copias de esta información.

Usted recibe esta comunicación porque figura en un fichero propiedad del grupo Applus+, puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición enviando a través de lpd@applus.com.

Applus+, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al director de Calidad de Applus+, en la dirección: satisfaccion.ciente@applus.com



1.3. DOCUMENTACIÓN PREVIA

Para la realización de este estudio geotécnico se dispone de la información referente a la disposición de la edificación en la parcela, así como de la tipología de construcción que se adoptará. Información facilitada por el peticionario.

1.4. REFERENCIA COTAS DE INICIO DE LOS RECONOCIMIENTOS

Para la redacción de este informe se dispone de topografía realizada por NOVOTEC en julio de 2017.

2. OBJETO

El estudio se ha centrado principalmente en reconocer y evaluar desde el punto de vista geológico-geotécnico, los materiales que constituyen el subsuelo del solar.

Para ello se han estudiado y caracterizado los materiales presentes en el subsuelo del solar objeto de estudio, mediante evaluación de las litologías, con su estado físico y sus condiciones resistentes.

La investigación se ha basado en la realización de dos (2) calicatas mecánicas, cuatro (4) ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH y un (1) sondeo mecánico a rotación con recuperación continua de testigo, toma de muestras inalteradas, la realización de ensayos de penetración estándar (SPT), y ensayos de laboratorio.

Con el presente Estudio Geotécnico se tiene un conocimiento de las características geotécnicas de la zona de estudio, habiéndose alcanzado los siguientes objetivos técnicos:

- Descripción del marco geológico general del entorno de la zona de estudio investigada, desde el punto de vista estratigráfico y tectónico.
- Definición de las características geotécnicas detalladas del terreno en los puntos investigados: identificación, propiedades de estado y parámetros resistentes.
- Estimación de empujes y parámetros geotécnicos para el diseño de las cimentaciones y contenciones.
- Posición del nivel freático y recomendaciones para el drenaje tanto de las aguas superficiales como subterráneas que circulan por la zona de estudio.
- Recomendaciones constructivas para el diseño de las excavaciones proyectadas, tales como: estabilidad a corto y largo plazo, elementos de drenaje, medios de excavación, contención, etc.

En la memoria final se presentan los datos obtenidos de la investigación de campo y laboratorio, así como el análisis e interpretación de resultados para, finalmente proporcionar las recomendaciones a considerar de cara a la ejecución de las cimentaciones y excavaciones.

Con fecha 06 de febrero de 2018 y con la aprobación de la propiedad se procedió a ejecutar los trabajos de campo.

Los datos obtenidos a partir de los ensayos de campo, se corresponden con los puntos investigados, extrapolando los resultados al resto del área.



3. ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL

3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio objeto del estudio se encuentra situada en el Noroeste de la Península Ibérica, en la provincia de A Coruña. Dentro del marco geológico general la zona de estudio se sitúa plenamente englobada dentro del Macizo Hespérico, en concreto en la zona denominada como Centroibérica, según Julivert et al. (1972) como se puede observar en la figura adjunta elaborada por APPLUS.

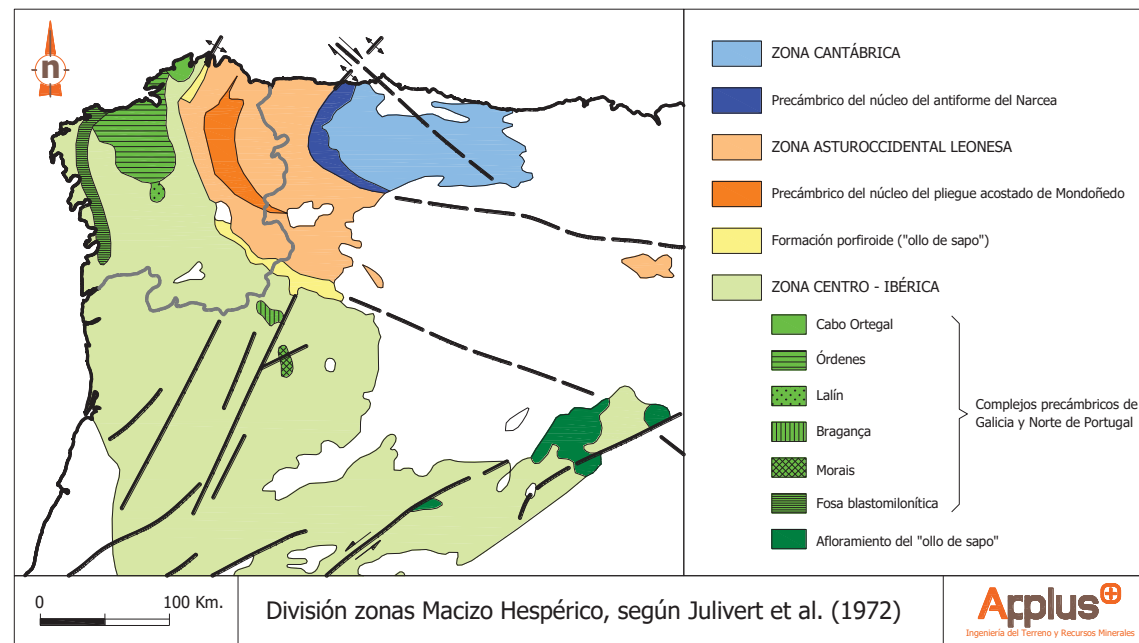


Figura 1. División zonas Macizo Hespérico, según Julivert et al. (1972)

Según el esquema paleogeográfico definido por P. Matte (1968), la zona de estudio se encuentra en la Zona IV: Galicia Media Tras Os Montes

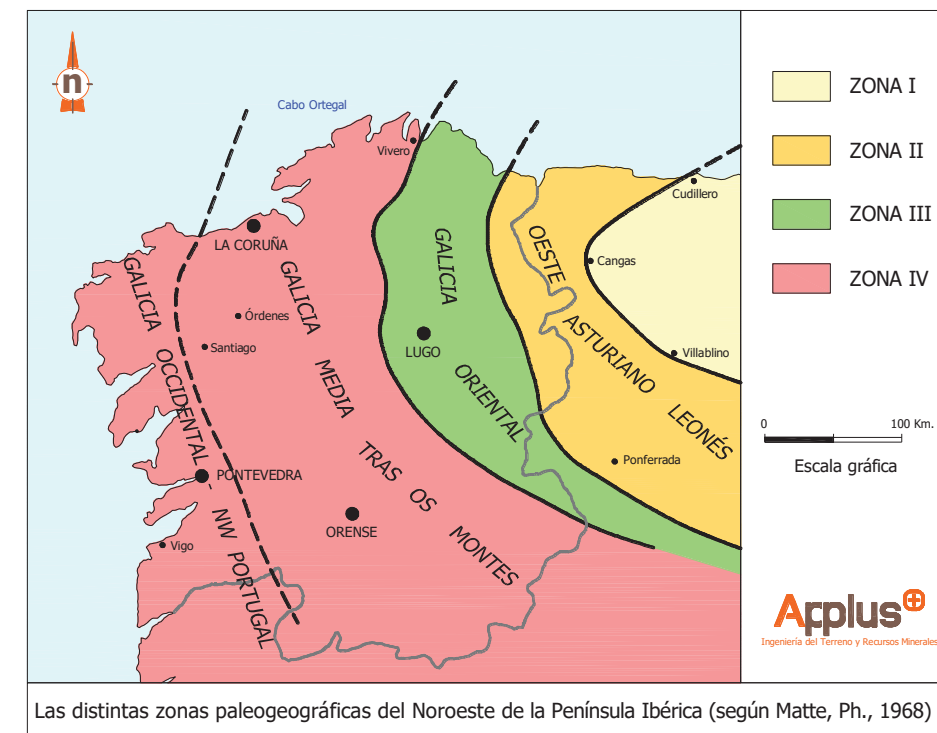


Figura 2. Zonas paleogeográficas de la Península Ibérica (MATTE, Ph, 1968)

El área de estudio que nos ocupa se encuentra cartografiada en la hoja Magna Nº 21 "La Coruña" y la nº 45 "Betanzos" del Plan Magna, a escala 1:50.000; tal y como se muestra en la siguiente figura obtenida el visor cartográfico del IGME:

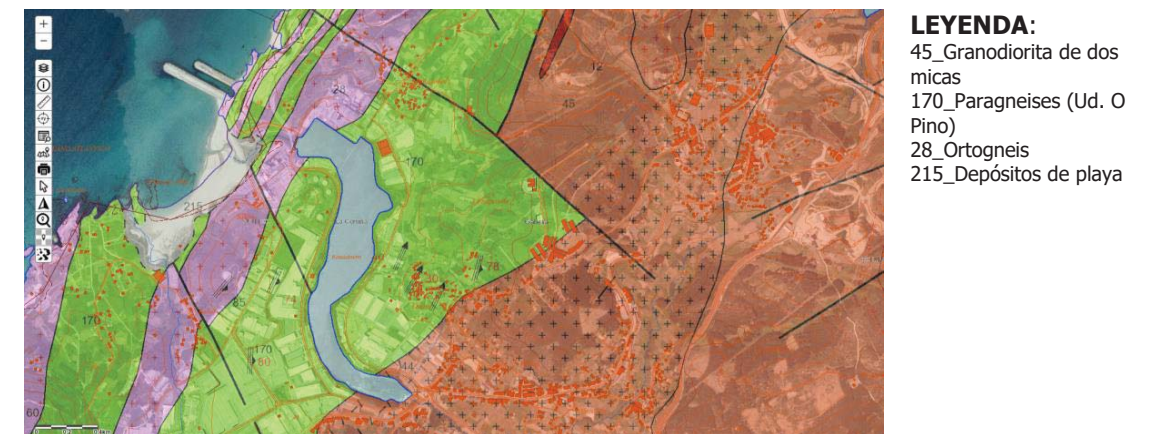


Figura 3. Imagen del visor cartográfico del IGME para la zona de estudio.



3.2. HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico, los depósitos cuaternarios (aluviales, coluviales y eluviales) se refiere, es más que probable la existencia de niveles acuíferos asociados a terrazas dado el carácter poroso y granular de dichos depósitos.

3.2.1. NIVEL FREÁTICO

La cota del nivel freático se considera un aspecto muy importante, ya que influye en gran medida en las posibles actuaciones en fase de obra, como puede ser a nivel de excavación, contenciones, sistemas de drenajes y bombeo, impermeabilizaciones, subpresiones, empujes hidrostáticos en los muros, etc.

Cabe mencionar que el nivel freático no es algo estático, sino que está influenciado por gran cantidad de factores y oscila en función de los mismos, entre los que destacan las precipitaciones, escorrentía, sistemas acuíferos conectados, vías preferentes de agua, etc

La observación del nivel freático realizada durante la ejecución del presente estudio geotécnico, tiene un carácter puntual en el tiempo, no sustituyendo en ningún caso las comprobaciones que deben ser realizadas por el ingeniero o quien este designe en épocas del año con pluviometrías o circunstancias climatológicas distintas, además de las pertinentes comprobaciones que deben ser realizadas durante la fase de excavación de obra.

A continuación, se establece un cuadro resumen de los niveles medidos, referenciados desde la cota de comienzo de los ensayos.

Ensayos	Cota inicio ensayo	Profundidad alcanzada, (m.)	Fecha	Nivel de agua, (m.)
S-1	19,00	10,60	06/02/2018	4,20
C-1	19,00	3,10	06/02/2018	No detectado
C-2	19,30	2,00	06/02/2018	No detectado
PDC-1	18,70	6,60 (Con rechazo)	08/02/2018	No detectado
PDC-2	19,60	8,80 (Con rechazo)	08/02/2018	3,00 (Humedad)
PDC-3	19,60	10,00 (Sin rechazo)	07/02/2018	4,00 (Humedad)
PDC-4	20,00	10,00(Sin rechazo)	07/02/2018	3,00 (Humedad)

C- Calicatas PDC- Ensayo penetración dinámica continua S- Sondeo a rotación

Tabla 1. Niveles freáticos.

A efectos de influencia del nivel freático, se recomienda considerar en los cálculos como situación más desfavorable, la posición del nivel freático más elevada. Se estima conveniente, a efectos de mejorar la seguridad, suponer que el agua detectada se trata de niveles que saturan permanentemente el suelo, reduciendo sus parámetros geomecánicos. Por tanto, en este caso se corresponde con el nivel de agua detectado en el sondeo (S-1) cuya cota del nivel de agua se detectó a 14,80 msnm.

Se recomienda valorar la presencia de agua durante las labores de excavación, para comprobar las recomendaciones aquí mostradas.

3.3. PERMEABILIDAD

Se ha estimado un valor teórico de permeabilidad mediante el cuadro 2.3 Rango de valores del coeficiente de permeabilidad en suelo en el libro "Ingeniería Geológica" de González Vallejo; editorial Pearson Education, publicado en Madrid de 2002, obteniéndose los siguientes resultados:

- ✓ Los depósitos aluviales de grano fino que se clasifican según U.S.C.S. como arenas limosas (SM), se estima un coeficiente de permeabilidad de entre 10^{-3} y 5×10^{-3} cm/s.
- ✓ Los depósitos de aluvial de grano grueso que se clasifican según U.S.C.S. como gravas bien graduadas con limos y arenas (GW-GM), se estima un coeficiente de permeabilidad de entre 0,05 a 0,3 cm/s.

3.4. GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente existen dos zonas claramente diferenciadas, las cuales son la parte Oeste que presente relieves bajos definidos por un sustrato esquistoso y la zona este, con relieves más elevados debido a la presencia de macizos graníticos.

Concretamente la zona objeto de estudio se localiza en una penillanura paralela al margen derecho del embalse de Sabón o Rosadoiro.



4. SISMICIDAD. NORMA SISMORRESISTENTE NCSE-02

4.1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Atendiendo al Real Decreto 997/2002 del 27 de septiembre de 2002, la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general de edificación es de obligada aplicación.

Dicha norma tiene por objeto proporcionar las pautas a seguir para la consideración de la acción sísmica en las estructuras.

Esta norma es de aplicación en todo tipo de construcciones de interés público.

4.2. ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA Y DE CÁLCULO

A partir del mapa de peligrosidad sísmica del territorio nacional, se determina un valor de la aceleración básica a_b , expresada en relación al valor de la gravedad, g , que se corresponde con un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno:

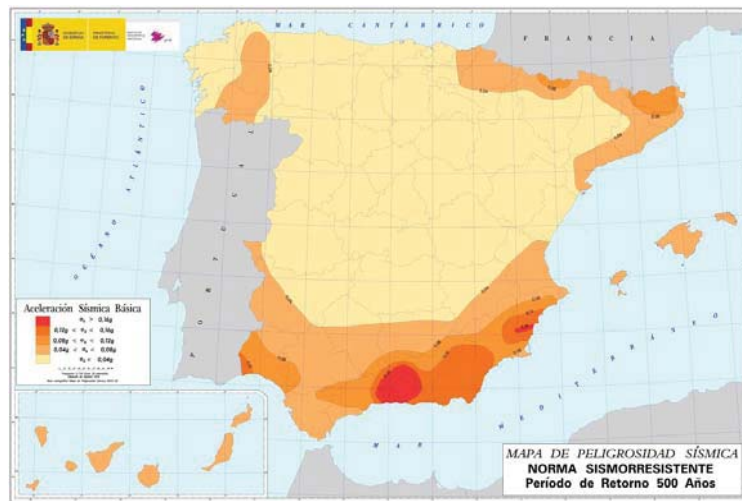


Figura 4. Mapa de peligrosidad sísmica

Como se puede ver en la figura anterior y siguiendo las indicaciones de la NCSR-02, la estructura se califica como de importancia normal y la aceleración sísmica básica (a_b) es menor 0,04 g, por lo que no es obligatoria la aplicación de la norma.

5. TRABAJOS REALIZADOS

Applus es una empresa acreditada entre otras áreas, en el área de sondeos, toma muestras y ensayos "in Situ" para reconocimientos geotécnicos (GTC), con número de acreditación 15011 GTC 05 B.

Con el fin de caracterizar los materiales del subsuelo del área objeto de estudio para determinar su excavabilidad y sostenimiento, se programó una campaña de reconocimiento geotécnico que engloba las siguientes fases:

- Reconocimiento superficial de la zona de estudio.
- Realización de dos (2) calicatas con excavadora mixta.
- Realización de cuatro (4) ensayos de penetración dinámica continua tipo (DPSH).
- Realización de un (1) sondeo a rotación.
- Ensayos de laboratorio

Para referenciar los ensayos de prospección realizados en la zona objeto de estudio se han tomado las de referencia el plano topográfico elaborado por NOVOTEC en julio de 2017.

Los ensayos de reconocimiento se han distribuido en la zona de estudio, según se muestra en el plano adjunto en el Anejo I Localización de Prospecciones.

5.1. RECONOCIMIENTO DE LA SUPERFICIE OBJETO DE ESTUDIO

Como fase previa a los trabajos, se realizó el reconocimiento superficial del área de estudio con la finalidad de estudiar las características morfológicas, en planta.

La zona de estudio apenas presenta pendiente, ya que el futuro colector discurre por el vial del margen izquierdo de la Avenida Praia del Polígono Industrial de Sabón, dirección aguas abajo del embalse de Sabón o Rosadoiro.

5.2. CALICATAS GEOTÉCNICAS

Para el reconocimiento, en profundidad, del subsuelo de la zona objeto de estudio se procedió a la realización de dos (2) calicatas con retroexcavadora mixta marca Komatsu y modelo WB97R, con el fin de determinar los diferentes espesores de los niveles que componen el sustrato.



Las calicatas se realizaron en los lugares donde se obtuvo permiso por parte del Concello de Arteixo y en una zona próxima al futuro colector.

La localización y el levantamiento litológico de las calicatas fueron efectuados por un geólogo perteneciente a la plantilla de Applus, con experiencia en este tipo de trabajos y que además se encargó de la toma de muestras del terreno para su posterior envío al laboratorio.

En cada calicata se efectuó un levantamiento litológico con el fin de determinar la columna litológica presente, identificando los materiales presentes, espesores, caracterización y valoración de la condición física, grado de meteorización y condición de ripabilidad.

Las calicatas se han llevado hasta la profundidad máxima admisible por la maquinaria o hasta la no excavabilidad del terreno.

En la siguiente tabla se resumen los ensayos efectuados, representado el inicio y profundidad alcanzada en relación a las cotas de referencia.

NÚMERO DE ENSAYO	PROFUNDIDAD ALCANZADA (m.)	COTA DE INICIO, m.	COTA DE FIN, m.
C-1	3,10	19,00	15,90
C-2	2,00	19,30	17,30

Tabla 2. Resumen de calicatas mecánicas

En el anejo: Registro de Calicatas, se presentan respectivamente levantamiento litológico y reportaje fotografías de las calicatas.

5.3. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO DPSH.

Con el fin de realizar la comprobación en profundidad de la compacidad "in situ" del subsuelo, se realizaron un total de cuatro (4) ensayos de penetración dinámica continua con un equipo superpesado (DPSH), que se distribuyeron en el trazado del colector.

Este ensayo se realiza con el equipo Rolatec ML-60A (Nº de serie: 401126), hincando ininterrumpidamente una puntaza cilíndrico-cónica cuya base tiene una superficie de 20 cm² y un ángulo en la punta de 90º, mediante varillaje macizo de acero de 32 mm de diámetro.

La hincada se realiza con una maza de 63,5 kg de peso que cae libremente desde una altura de 76 cm sobre un yunque que transmite la energía hasta la punta mediante el varillaje.

Se mide el número de golpes necesarios para hincar el cono 20 centímetros en el subsuelo, llevando la prueba hasta que se obtiene el rechazo, que se alcanza cuando $N_{20} > 200$ golpes o cuando se

alcanzan valores superiores a $N_{20} > 100$ en tres tandas consecutivas. Estos valores se representan en una gráfica que refleja en abscisas el número de golpes y en ordenadas la profundidad a la que se obtiene dicho valor de golpeo (incluidas en el Anexo correspondiente del presente informe, bajo el nombre Registro de Ensayos de Penetración Dinámica Continua).

Los resultados obtenidos en cada ensayo, se agrupan por rangos y se valora la media de los valores N_{20} .

En la siguiente tabla se resumen las penetraciones realizadas en el solar, así como la profundidad a la cual se produjo el rechazo; también se representa la cota de inicio del ensayo y la profundidad del rechazo en relación a las cotas de referencia del estudio.

NÚMERO DE ENSAYO	PROFUNDIDAD ALCANZADA (m.)	COTA DE INICIO, m.	COTA DE FIN, m.
PDC-1	6,60 (Con rechazo)	18,70	12,10
PDC-2	8,80 (Con rechazo)	19,60	10,80
PDC-3	10,00 (Sin rechazo)	19,60	9,60
PDC-4	10,00 (Sin rechazo)	20,00	10,00

Tabla 3. Resumen de ensayos de penetración dinámica

En los anejos se incluye la localización de los ensayos y las gráficas de penetración dinámica continua respectivamente.

A continuación, se muestran imágenes de la máquina emplazada en cada punto:



Imagen 2. Fotos del emplazamiento del equipo de penetración dinámica



La compacidad o consistencia del subsuelo puede estimarse como primera aproximación en función del número de golpes N_{20} según los rangos indicados seguidamente (se incluye equivalencia con el ensayo SPT):

■ Terrenos predominantemente granulares:

COMPACIDAD	Muy Suelto	Suelto	Medio	Denso	Muy Denso
BORROS (N_{20})	< 4	5 - 8	9 - 25	25 - 40	> 40
SPT (N_{30})	< 4	4 - 10	10 - 30	30 - 50	> 50

Tabla 4. Compacidad en terrenos granulares

■ Terrenos predominantemente cohesivos:

CONSISTENCIA	Muy blando	Blando	Medio	Firme	Muy firme	Dura
SPT (N_{30})	< 2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	> 30

Tabla 5. Consistencia en terrenos cohesivos

5.4. SONDEOS A ROTACIÓN CON RECUPERACIÓN CONTINUA DE TESTIGO

Se realizó un (1) sondeo mecánico trabajando a rotación con recuperación continua de testigos e inyección de agua. El sondeo se perforará con diámetros entre 101-86 mm, utilizando corona de widia y diamante.

La maquinaria utilizada ha sido SONDA ROLATEC RL-48 sobre orugas (Nº de serie: 0903-220)

En el sondeo se ha alternado la realización de ensayos SPT y toma de muestra inalterada. Cada maniobra se ha marcado con una tablilla e introducido en cajas de PVC, para su correcta conservación.

Los ensayos SPT se efectuaron con cuchara normalizada o "puntaza" maciza cónica de 60º de abertura siguiendo la metodología habitualmente utilizada que consta en los manuales especializados.

En el sondeo se realiza el estudio de la columna litológica, identificando los materiales, espesores, caracterización y valoración de la condición física, grado de meteorización, grado de fracturación y condición de ripabilidad. Así mismo, se analizan las muestras representativas de los materiales de cara a identificar su condición geomecánica.

A continuación, se establece un cuadro resumen del sondeo realizado, así como ensayos SPT, muestras inalteradas y longitudes alcanzadas.

SONDEO Nº	COTA DE INICIO (respecto la cota de referencia)	LONGITUD DEL SONDEO, m	MI / TP PROF. m	ENSAYO SPT PROF. M GOLPEO	N_{SPT}
S-1	19,00	10,60	MI- 1 (1,50 - 2,10 m.) 6/8/4/7	SPT- 1 (2,10 - 2,70 m.) 3/4/5/6	9
			MI-2 (5,00 - 5,60 m.) 12/29/13/5	SPT- 2 (5,60-6,20 m.) 2/2/3/3/	5
				SPT- 3 (10,00 - 10,60 m.) 14/20/24/29	44

Tabla 6. Resumen de ensayos "In situ" en el sondeo

Los materiales reconocidos durante la testificación del sondeo realizado se encuentran representados en la tabla siguiente:

Ensayos	Nivel I: Tierra Vegetal y Relleno antrópico			Nivel II: Depósitos aluviales de grano grueso			Nivel III: Ortogneis G.A. IV-V (según ISRM)		
	COTA DE REFERENCIA		Espesor (m.)	COTA DE REFERENCIA		Espesor (m.)	COTA DE REFERENCIA		Espesor (m.)
	Inicio	Fin		Inicio	Fin		Inicio	Fin	
S-1	19,00	16,30	2,70	16,30	10,40	5,90	10,40	8,40	2,00

Tabla 7. Perfil geotécnico del sondeo

La compacidad o consistencia del subsuelo puede estimarse como primera aproximación en función del número de golpes N_{SPT} según los rangos indicados seguidamente:

■ Terrenos predominantemente no cohesivos:

COMPACIDAD	Muy Suelto	Suelto	Medio	Denso	Muy Denso
SPT (N_{30})	≤ 4	4 - 10	10 - 30	30 - 50	≥ 50

Tabla 8. Compacidad terrenos granulares

■ Terrenos predominantemente cohesivos:

CONSISTENCIA	Muy blando	Blando	Medio	Firme	Muy firme	Dura
SPT (N_{30})	≤ 2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	≥ 30

Tabla 9. Consistencia terrenos cohesivos

5.5. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Applus es una empresa acreditada entre otras áreas, en el de ensayos de laboratorio (GTL), con número de acreditación 15011 GTC 05 B.

5.5.1. ENSAYOS EN SUELOS

A partir de muestras representativas del terreno se efectuaron en el laboratorio los siguientes ensayos descritos en tabla adjunta.



TIPO DE ENSAYO	SEGÚN NORMA	Nº DE ENSAYOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	UNE-103101	2
LÍMITES DE ATTERBERG	UNE-103103 y 103104	2
DENSIDAD APARENTE	UNE-103301	1
HUMEDAD NATURAL	UNE-103300	1
AGRESIVIDAD SUELOS	EHE	1
CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA	UNE-103204	1
DETERMINACIÓN DEL COLAPSO	NLT-254. / UNE 103406	1
ÍNDICE CBR EN LABORATORIO	UNE-103502	1
PROCTOR MODIFICADO	UNE-103501	1

Tabla 10. Ensayos de laboratorio. muestras de suelos

En el anejo- Ensayos de Laboratorio, se adjuntan los diversos informes de laboratorio con los resultados.

MUESTRA	TIPO MUESTRA	PROFUNDIDAD		Densidad aparente t/m ³	Humedad %	Análisis Granulométrico				Límite Atterberg			Colapso (%)	Proctor Modificado		Índice CBR	Materia Orgánica %	Agresividad de Suelo			
		Inicial	Final			nº 4	nº10	nº 40	nº 200	L.L.	L.P.	I.P.		D máx	Hopt			Sulfatos	Baummann-Gully		
						5	2	0,400	0,080												
C-1	MA-1	2,60				89	83	68	36,7	216	17,7	3,9	3,5	3,4	2,04	8,1	17,2	0,16	2,29		
S-1	MI-1	5,00	5,60	2,37	14	52	36	20	9,5	N.P.	N.P.	N.P.							2	90	

N.P. – No Presenta

Tabla 11. Resultado de ensayos de laboratorio. Muestras de suelos

Los materiales ensayados corresponden según la clasificación S.U.C.S. a arenas limosas (SM) y gravas bien graduadas con limos y arenas (GW-GM). Los materiales obtenidos mediante la calicata C-1, se clasifican según el PG-3 como suelos marginales, debido al alto contenido en materia orgánica y que el ensayo de colapso es mayor al 1%.

5.5.2. ENSAYOS DE AGUA

Se realizan los ensayos de agresividad del agua con el objeto de determinar la agresividad de las aguas frente al hormigón, de acuerdo a la instrucción EHE.

Los parámetros analizados son los siguientes:

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN			SONDEO
		Qc	Qb	Qa	
		ATAQUE FUERTE	ATAQUE MEDIO	ATAQUE DÉBIL	
AGUA	Valor del pH	< 4.5	4.5 – 5.5	5.5 – 6.5	6,48
	Ión magnesio (mg Mg ²⁺ /l)	> 3.000	3.000 - 1.000	1.000 – 300	21
	Ión amonio (mg NH ₄ ⁺ /l)	> 60	60 - 30	30 – 15	0,11
	Ión sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l)	> 3.000	3.000 - 600	600 – 200	17
	CO ₂ agresivo (mg CO ₂ /l)	> 100	100 - 40	40 - 15	70,4
	Residuo seco (mg/l)	< 50	50 - 75	75 – 150	640
	No ataque	Ataque Fuerte (Qc)	Ataque medio (Qb)	Ataque débil (Qa)	

Tabla 12. Resultado de laboratorio de la muestra de agua

Tal y como se observa en la tabla anterior, el agua ensayada presenta un ataque débil (Qa) en referente al valor del pH y un ataque medio (Qc) según los valores del dióxido de carbono.

6. EXPOSICIÓN AMBIENTAL

Según la EHE-08, antes de comenzar el proyecto, se deberá identificar el tipo de ambiente que defina la agresividad a la que va a estar sometido cada elemento estructural.

El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación, por lo que viene definido por la combinación de:

- Clase general de exposición frente a la corrosión de armaduras
- Clase específica de exposición relativas a otros procesos de degradación

Clases generales de exposición ambiental en relación con la corrosión de armaduras

Todo elemento estructural está sometido a una única clase o subclase general de exposición.

TABLA 8.2.2 EHE.

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS	
Clase	subclase	Designación	Tipo de proceso			
NO AGRESIVA			I	Ninguna	- Interiores de edificios no sometidos a condensaciones - Elementos de hormigón en masa	- Interiores de edificios protegidos de la intemperie
N O R M A L	Humedad alta	IIa	Corrosión de origen diferente de los cloruros	- Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones. - Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos enterrados o sumergidos	- Sótanos no ventilados - Cimentaciones - Tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm - Elementos de hormigón en cubiertas de edificios	
	Humedad media	IIb		- Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm	- Construcciones exteriores protegidas de la lluvia - Tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm	
M A R I N A	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas por encima del nivel de pleamar - elemento exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 Km.)	- Edificaciones en las proximidades de la costa - Puentes en las proximidades de la costa - zonas aéreas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral - Instalaciones portuarias	
	Sumergida	IIIb		- elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente por debajo del nivel mínimo de bajamar	- zonas sumergidas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral - cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar	
	En zonas de mareas	IIIc		- elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de las mareas	- zonas situadas en el recorrido de marea de diques de pantalanés y otras obras de defensa litoral. - zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de mareas	
Con cloruros de origen diferente del medio marino			IV	Corrosión por cloruros	- Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino - Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas	- Piscinas - pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve - estaciones de tratamiento de aguas

Tabla 13. Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras (tabla 8.2.2 EHE).



TABLA 8.2.3a EHE.

CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN			TIPO DE PROCESO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	subclase	Designación			
QUÍMICA AGRESIVA	Débil	Qa	Ataque químico	- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar alteración del hormigón con velocidad lenta	- Instalaciones industriales con sustancias débilmente agresivas - Construcciones en proximidades de áreas industriales con agresividad débil
	Media	Qb		- Elementos en contacto con agua de mar - Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar alteración del hormigón con velocidad media	- bolos, bloques y otros elementos para diques - estructuras marinas, en general - instalaciones industriales con sustancias de agresividad media - construcciones en proximidades de áreas industriales con agresividad media - Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media
	Fuerte	Qc		- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida.	- Instalaciones industriales con sustancias de agresividad alta - Instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad alta
CONHELADAS	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo – deshielo	- Elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de - 5°C.	- construcciones en zonas de alta montaña - estaciones invernales
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	- Elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C.	- tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña
EROSIÓN		E	Abrasión cavitación	- Elementos sometidos a desgaste superficial - Elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua	- pilas de puente en cauces muy torrenciales - elementos de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes - pavimentos de hormigón - tuberías de alta presión

Tabla 14. Clase específica de exposición ambiental relativa a otros procesos de deterioro distintos a la corrosión.

TABLA 8.2.3b EHE

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		Qa ATAQUE DÉBIL	Qb ATAQUE MEDIO	Qc ATAQUE FUERTE
AGUA	Valor del pH	6.5 – 5.5	5.5 – 4.5	< 4.5
	CO ₂ agresivo (mg CO ₂ /l)	15 – 40	40 - 100	> 100
	Ión amonio (mg NH ₄ ⁺ /l)	15 – 30	30 - 60	> 60
	Ión magnesio (mg Mg ²⁺ /l)	300 – 1000	1000 - 3000	> 3000
	Ión sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l)	200 – 600	600 - 3000	> 3000
SUELO	Residuo seco (mg/l)	75 – 150	50 - 75	< 50
	Grado de acidez Baumann-Gully (ml/Kg)	> 200	(*)	(*)
	Ión sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /Kg de suelo seco)	2000 – 3000	3000 - 12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica.

Tabla 15. Clasificación de la agresividad física (tabla 8.2.3b EHE).

En base a esto se estima:

Tipo de ambiente para los elementos situados en contacto con el terreno natural:
(CIMENTACIÓN).
Qb + IIa. Según muestra de agua analizada.

Se considera una exposición general a la corrosión para la cimentación de clase IIa pero en caso de que la estructura de hormigón este expuesta de forma aérea y se situé a menos 5 km. de la línea costera, se recomienda considerar una exposición general a la corrosión de clase IIIa.

Las acciones agresivas del ambiente sobre el hormigón y sus armaduras son inseparables. Actúan simultánea y/o sucesivamente, en una relación reversible de causa a efecto.

En la EHE se establecen tipo de cemento, hormigón, recomendaciones constructivas, etc.



7. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO.

Con los resultados de los ensayos de campo obtenidos, se pueden diferenciar los siguientes niveles geotécnicos, cuya posición y potencia varía de unos puntos a otros, y que en algunos sectores puede no existir alguno de los niveles mencionados:

■ **Nivel I: Tierra Vegetal y relleno antrópico.** Este nivel está constituido una capa de tierra vegetal con un espesor máximo de 30 cm. formado por arenas limosas de color marrón oscuro a negro. Por debajo de este nivel y en la mayoría de los casos aparece entrelazado con el relleno antrópico, que está formado por arenas limosas de color marrón a pardo-anaranjado, suele presentar un alto porcentaje en fragmentos de roca de naturaleza granítica, así como fragmentos de ladrillos, plásticos, escombros, etc.

Los espesores detectados en las calicatas, sondeos o intuidos de los ensayos de penetración dinámica son:

Ensayos	Cota inicio ensayo	Nivel I: Tierra Vegetal y Relleno antrópico			Espesor (m.)
		COTA DE REFERENCIA		Espesor (m.)	
		Inicio	Fin		
S-1	19,00	19,00	16,30	2,70	
C-1	19,00	19,00	17,00	2,00	
C-2	19,30	19,30	17,30	2,00	
PDC-1	18,70	18,70	15,30	3,40	
PDC-2	19,60	19,60	17,20	2,40	
PDC-3	19,60	19,60	13,00	6,60	
PDC-4	20,00	20,00	14,00	6,00	

Tabla 16. Espesores detectados de este nivel geotécnico

De los ensayos SPT y DPSH realizados en este nivel, se deducen compacidades sueltas a medias. Se ha ensayado una muestra alterada correspondientes con este nivel, obteniendo los siguientes resultados:

MUESTRA	TIPO MUESTRA	PROFUNDIDAD	Análisis Granulométrico				Límite Atterberg			Colapso		Proctor Modificado		Índice CBR		Materia Orgánica
			nº 4	nº10	nº 40	nº 200	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad	Índice (I)	Colapso (Ic)	Dmáx	Hopt	Índice 100 %	Hinchamiento al 100%	
			Inicial	5	2	0,400	0,080	L.L.	L.P.	I.P.	%	g/cm3	%	%	%	
C-1	MA-1	2,60	89	83	68	36,7	21,6	17,7	3,9	3,5	3,4	2,04	8,1	17,2	0,16	2,29

Tabla 17. Resultado de ensayos de laboratorio. Muestras de suelos

Según la clasificación del PG-3 estos materiales se clasifican como marginales, debido al alto contenido en materia orgánica y que el ensayo de colapso es mayor al 1%.

■ **Nivel II: Depósitos aluviales.** Este nivel está constituido a techo por unos depósitos aluviales de grano fino formado por arenas - limosas de grano muy fino. Este nivel presenta una alternancia aleatoria de colores entre gris claro a marrón claro - pardo. De manera dispersa, se observa algún canto de cuarzo menor a 5 mm. Por debajo de este nivel, aparecen unos depósitos aluviales de grano grueso que están constituidos por unas gravas cuyo tamaño es menor a 5 cm. Estas aparecen embebidas en una matriz areno-limosas de grano medio con algo de contenido limoso y color amarillento a pardo.

Los espesores detectados en las calicatas, sondeos o intuidos de los ensayos de penetración dinámica son:

Ensayos	Cota inicio ensayo	Nivel II: Depositos aluviales de grano grueso		
		COTA DE REFERENCIA		Espesor (m.)
		Inicio	Fin	
S-1	19,00	16,30	10,40	5,90
C-1	19,00	17,00	15,90	1,10
C-2	19,30	-	-	-
PDC-1	18,70	15,30	13,70	1,60
PDC-2	19,60	17,20	13,80	3,40
PDC-3	19,60	19,60	11,00	8,60
PDC-4	20,00	20,00	10,00	10,00

Tabla 18. Espesores detectados de este nivel geotécnico

De los ensayos SPT y DPSH realizados en este nivel, se deducen compacidades sueltas a medias. Se ha ensayado una muestra alterada correspondientes con este nivel, obteniendo los siguientes resultados:

MUESTRA	TIPO MUESTRA	PROFUNDIDAD	Densidad Aparente	Humedad	Análisis Granulométrico				Límite Atterberg			Agresividad de Suelo		
					nº 4	nº10	nº 40	nº 200	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad	Sulfatos	Baumann-Gully	
					5	2	0,400	0,080	L.L.	L.P.	I.P.	%	%	
S-1	MI-1	5,00	5,60	2,37	14	52	36	20	9,5	N.P.	N.P.	N.P.	2	90

N.P. - No Presenta

Tabla 19. Resultado de ensayos de laboratorio. Muestras de suelos

De los ensayos SPT y DPSH realizados en este nivel, se deducen compacidades sueltas a medias.

■ **Nivel III: Ortogneis con grado de alteración IV-V, según ISRM.** Este nivel está formado por un ortogneis con un grado de alteración muy alto, es decir, está formado por arenas - limosas de grano medio a grueso de colores anaranjados con algún bandeado de color blanco. Aparece apelmazado y cuando rompes los fragmentos con la mano, se observa una textura gnésica.



Este nivel solamente se ha detectado en el sondeo (S-1) y en todos los ensayos de penetración dinámica continua salvo en el PDC-4.

Los espesores detectados en las calicatas, sondeos o intuidos de los ensayos de penetración dinámica son:

Ensayos	Cota inicio ensayo	Nivel III: Ortogneis G.A. IV-V (según ISRM)		
		COTA DE REFERENCIA		Espesor (m.)
		Inicio	Fin	
S-1	19,00	10,40	8,40	2,00
C-1	19,00	-	-	-
C-2	19,30	-	-	-
PDC-1	18,70	13,70	12,10	1,60
PDC-2	19,60	13,80	10,80	3,00
PDC-3	19,60	11,00	9,60	1,40
PDC-4	20,00	-	-	-

Tabla 20. Espesores detectados de este nivel geotécnico

De los ensayos SPT y DPSH realizados en este nivel, se deducen compacidades densas.

B. PARÁMETROS ADOPTADOS

A la hora de elegir los parámetros empleados en los cálculos, se consideran los tipos de materiales detectados, los valores de los ensayos de penetración dinámica, los resultados obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio, así como las estimaciones teóricas para los niveles no aptos para la cimentación.

PARÁMETROS SUELOS	VALOR CONSIDERADO Resistencia/Empujes		
	Nivel I: Tierra vegetal y Relleno	Nivel II: Depósitos Aluvial	Nivel III: Ortogneis G.A. V-IV
ϕ' (°)	23	32	30
c' , Kp/cm ²	0,00	0,00	0,10
γ_{DR} , t/m ³	1,60	1,70	1,90

Tabla 21. Parámetros adoptado de los niveles geotécnicos



9. EXCAVACIONES Y CONTENCIONES

En cuanto a la excavabilidad de los materiales afectados. A continuación, se muestran las consideraciones tenidas en cuenta a partir de las características de los niveles detectados:

- Nivel I: Tierra Vegetal y relleno antrópico, este material se considera fácilmente excavable con medios convencionales.
- Nivel II: Depósitos aluviales, este material se considera fácilmente excavable con medios convencionales.
- Nivel III: Ortogneis con grado de alteración IV-V, según ISRM, este material se considera fácilmente excavable con medios convencionales.

Teniendo en cuenta la información del perfil geotécnico del trazado del colector, se puede concluir que aproximadamente el 40% del trazado se excavará en materiales de relleno con una compacidad suelta y el 60% del trazado se excavará en materiales de relleno y depósitos aluviales, estos últimos presentan una compacidad de suelta a media. No obstante, todos los materiales se clasifican como fácilmente excavables con medios convencionales.

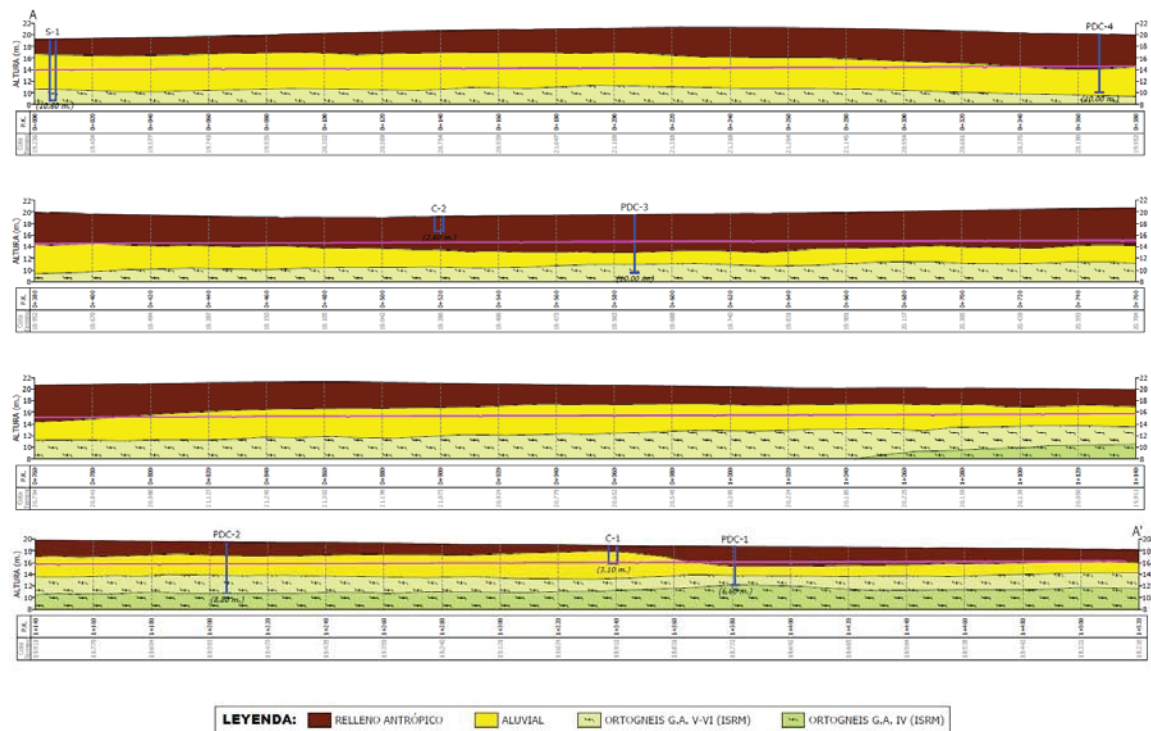


Figura 5. Perfil geotécnico del trazado del colector con la rasante del mismo

9.1. SOSTENIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN

Dado que el futuro trazado del colector se ha de encajar en el espacio del carril izquierdo de la Avenida da Prai, dirección aguas abajo del embalse de Sabón. Además, las excavaciones del colector varían entre 1,94 m. y 6,89 m. de profundidad y que los materiales de excavación presentan compacidades de sueltas a medias con algo de inestabilidad debido sobre todo a la presencia de agua, se recomienda que el sostenimiento para la excavación del colector sea mediante entibación.

Para la definición de tipo de entibación que se va a ejecutar es necesario definir la profundidad de la zanja, tipo de material detectado (litología y/o nivel geotécnico) así como la detección del nivel freático.

En la siguiente tabla, se observa una tramificación del trazado del colector en función de la litología detectada:

Nivel geotécnico	Litología	PK Inicio	PK Final	Longitud de tramo (m.)	Nº Pozos	Profundidad máxima de zanja (m.)
Nivel I y II	Relleno antrópico y depósitos aluviales	0+000	0+340	340,00	Del 01 al 09	6,89
Nivel I	Relleno antrópico	0+340	0+790	450,00	Del 10 a 16	5,68
Nivel I y II	Relleno antrópico y depósitos aluviales	0+790	1+367	577,00	Del 17 a 30	6,02
Nivel I	Relleno antrópico	1+367	1+520	153,00	Del 31 a 36	2,65

Tabla 22. Tramificación del trazado del colector, según la litología.

Cabe destacar que, durante la ejecución de las prospecciones para el presente estudio geotécnico, se ha detectado la presencia de agua en algunas de ellas. Por tanto, a efectos de influencia del nivel freático, se recomienda considerar en los cálculos como situación más desfavorable, la posición del nivel freático más elevada, en este caso se corresponde con el nivel de agua detectado en el sondeo (S-1) cuya cota del nivel de agua se detectó a 14,80 msnm.

9.2. ACCIONES A CONSIDERAR Y DATOS GEOMÉTRICOS.

Dado que, por condicionantes geométricos, la excavación para la ejecución e instalación del colector de Sabón sea mediante entibación. A continuación, se calcula los empujes del terreno sobre dicha entibación y para ello, se puede caracterizar el subsuelo en el tramo con los siguientes parámetros geotécnicos:

NIVELES GEOTÉCNICOS	γ_{ap} (t/m ³)	c' (Kp/cm ²)	ϕ' (°)
Nivel I: Tierra Vegetal y relleno antrópico	1,60	0,00	23
Nivel II Depósitos Aluviales	1,80	0,00	32
Nivel III Ortogneis G.A. V-VI (ISRM).	1,90	0,10	30

Tabla 23. Parámetros del terreno



Para el cálculo de elementos de contención, se muestra a continuación el cálculo de los coeficientes de empuje activo (K_A), pasivo (K_P) y reposo (K_0).

9.2.1. CÁLCULO DE COEFICIENTES DE EMPUJE ACTIVO (K_A), EMPUJE PASIVO (K_P) Y EMPUJE EN REPOSO (K_0)

El **empuje activo (P_A)** se define como la resultante de los empujes unitarios, σ'_a , que puede determinarse mediante las siguientes fórmulas.

$$\sigma'_a = K_A \cdot \sigma'_v - 2c' \cdot \sqrt{K_A}$$

$$\sigma'_{ah} = \sigma'_a \cdot \text{sen}(\beta + \delta)$$

$$K_A = \left[\frac{\text{cosec} \beta \cdot \text{sen}(\beta - \phi')}{\sqrt{\text{sen}(\beta + \delta) + \frac{\text{sen}(\delta + \phi') \cdot \text{sen}(\phi' - i)}{\text{sen}(\beta - i)}}} \right]^2$$

Siendo:

- σ'_v : la tensión efectiva vertical, de valor $\gamma' \cdot z$, siendo γ' el peso específico efectivo del terreno y z la altura del punto considerado respecto a la rasante del terreno en su acometida al muro;
- σ'_{ah} : la componente horizontal del empuje unitario pasivo
- ϕ' y c' el ángulo de rozamiento interno y la cohesión del terreno
- β , i y δ los ángulos indicados en la siguiente figura.

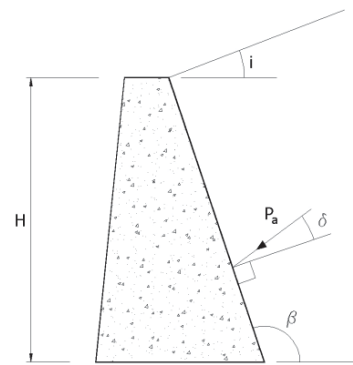


Figura 6. Empuje activo

En el caso de muro vertical, y terreno horizontal sin sobrecarga en el trasdós, si $\delta=0$, el valor de $K_A = \text{tg}^2(\pi/4 - \phi'/2)$; siendo ϕ' en radianes.

El **empuje pasivo (P_P)** se define como la resultante de los empujes unitarios σ'_p que pueden determinarse mediante las siguientes fórmulas:

$$\sigma'_p = K_P \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_P}$$

$$\sigma'_{ph} = \sigma'_p \cdot \text{sen}(\beta - \delta)$$

$$K_P = \left[\frac{\text{cosec} \beta \cdot \text{sen}(\beta + \phi')}{\sqrt{\text{sen}(\beta - \delta) - \frac{\text{sen}(\delta + \phi') \cdot \text{sen}(\phi' + i)}{\text{sen}(\beta - i)}}} \right]^2$$

Siendo:

- σ'_v : la tensión efectiva vertical, de valor $\gamma' \cdot z$, siendo γ' el peso específico efectivo del terreno y z la altura del punto considerado respecto a la rasante del terreno en su acometida al muro;
- σ'_{ph} : La componente horizontal del empuje unitario pasivo
- ϕ' y c' el ángulo de rozamiento interno y la cohesión del terreno
- β , i y δ los ángulos indicados en la figura siguiente:

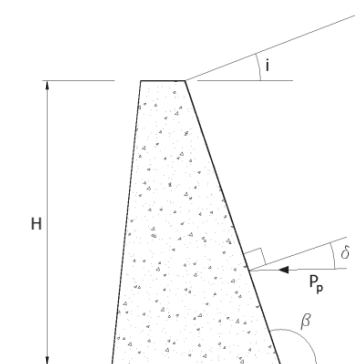


Figura 7. Empuje pasivo

En el caso de muro vertical, y terreno horizontal sin sobrecarga en el trasdós, si $\delta=0$, el valor de $K_P = \text{tg}^2(\pi/4 + \phi'/2)$; siendo ϕ' en radianes.

El **coeficiente de empuje en reposo (K_0)** es difícil de determinar, aunque en la práctica puede tomarse como $K_0 = 1 - \text{sen}(\phi')$ para suelos granulares y arcillosos normalmente consolidados.



9.2.2. RESULTADOS DE COEFICIENTES DE EMPUJE ACTIVO (KA), EMPUJE PASIVO (KP) Y EMPUJE EN REPOSO (K0)

Se incluye a continuación una tabla resumen con los valores obtenidos:

NIVELES GEOTÉCNICOS	γ_{ap} (t/m ³)	c' (Kp/cm ²)	ϕ' (°)	KA	Kp	K0
Nivel I: Tierra Vegetal y relleno antrópico	1,60	0,00	23	0,44	2,28	0,61
Nivel II Depósitos Aluviales	1,80	0,00	32	0,31	3,25	0,47
Nivel III Ortogneis G.A. V-VI (ISRM).	1,90	0,10	30	0,33	3,00	0,50

Tabla 24. Empujes del terreno

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En el presente apartado se establece un resumen del informe, que en ningún caso pretende establecer todos los parámetros, valores, tensiones admisibles etc, estando reflejados en el apartado correspondiente del presente documento.

- El área de emplazamiento de la zona objeto de estudio se sitúa en el Concello de Arteixo concretamente en la zona norte del polígono de Sabón, siendo el objeto del presente informe el estudio geológico - geotécnico para renovación del colector interceptor de Sabón.
- La zona objeto de estudio apenas presenta pendiente ya que discurre por el vial del margen izquierdo de la Avenida Praia, en dirección aguas abajo del embalse de Sabón o Rosadoiro.
- Para la redacción de este informe se dispone de topografía realizada por NOVOTEC en julio de 2017
- El subsuelo, está formado por un primer nivel constituido por un nivel de tierra vegetal entrelazado con relleno antrópico. Subyacente aparecen los depósitos aluviales de grano fino y grueso, que presentan una compacidad suelta a medias. En la parte baja de la serie de materiales está conformada por el un ortogneis con G.A. IV-V (IRSM). Las profundidades detalladas se definen en el apartado correspondiente de este informe.
- Desde el punto de vista sísmico, según la NCS-02, el valor de la aceleración sísmica básica es menor de 0,04 g por lo que no es obligatoria la aplicación de la norma.
- Desde el punto de vista hidrológico, durante la ejecución de los trabajos, se ha detectado la presencia de agua a diferente profundidad. Dichas profundidades y se definen de forma detallada en el apartado correspondiente de este informe.
- En cuanto a la agresividad del suelo y agua, se obtienen unos resultados de exposición Qb + IIa. (s/EHE-08). Dicha exposición ambiental, se define de forma detallada en el apartado correspondiente de este informe.
- En cuanto la excavabilidad y sostenimiento de la zanja para el colector se puede resumir:
 - Niveles de excavación:
 - Nivel I: Tierra Vegetal y relleno antrópico, fácilmente excavable con medios convencionales.
 - Nivel II: Depósitos aluviales, fácilmente excavable con medios convencionales.



- ▶ Nivel III: Ortogneis con grado de alteración IV-V, según ISRM, fácilmente excavable con medios convencionales.
- ✓ Debido a condicionantes geométricos, se recomienda que el sostenimiento para la excavación del colector sea mediante entibación. En el apartado correspondiente de este informe, se detalla el tipo de material de excavación según el P.K. así como los empujes del terreno para cada nivel geotécnico detectado.

ANEXOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA PARA EL INTERCEPTOR QUE CONECTA LOS TANQUES DE TORMENTA DE LA ROTONDA DE SABON Y EL BOMBEO DE SABON

05/03/2018 Arteixo (A Coruña)



Ctra. N-VI Km 582
15168 Sada (A Coruña)
T +34 981 014 500
F +34 981 014 550
www.applus.com



Informe: ANEXOS DEL ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO PARA PARA EL INTERCEPTOR QUE CONECTA LOS TANQUES DE TORMENTA DE LA ROTONDA DE SABON Y EL BOMBEO DE SABON

Autor: Dña. Verónica Gómez Vicente

Remitido a:

Fecha: 5 de marzo de 2018

Código inf.: P2CO208617

Revisión: 00

Redactor:

Dña. Verónica Gómez Vicente

Geóloga
Colegiado Nº 6389
Dpto. Ingeniería del Terreno
Applus+

Revisor:

José María Fernández Alba

Jefe de Dpto.
Colegiado Nº 5256
Dpto. Ingeniería del Terreno
Applus+

Applus+
www.applus.com

P2CO208617

Ingeniería del terreno
y Recursos Minerales

ENERGY & INDUSTRY DIVISION

Ctra. N-VI Km 582
15168 Sada (A Coruña)
T +34 981 014 500
F +34 981 014 550
www.applus.com



Índice de anexos

ANEXO I.	LOCALIZACIÓN DE PROSPECCIONES
ANEXO II.	PERFILES GEOTÉCNICOS
ANEXO III.	REGISTRO CALICATAS
ANEXO IV.	ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA
ANEXO V.	REGISTRO DE SONDEOS
ANEXO VI.	ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO VII.	CLAVES DE INTERPRETACIÓN.

Applus+
www.applus.com

P2CO208617

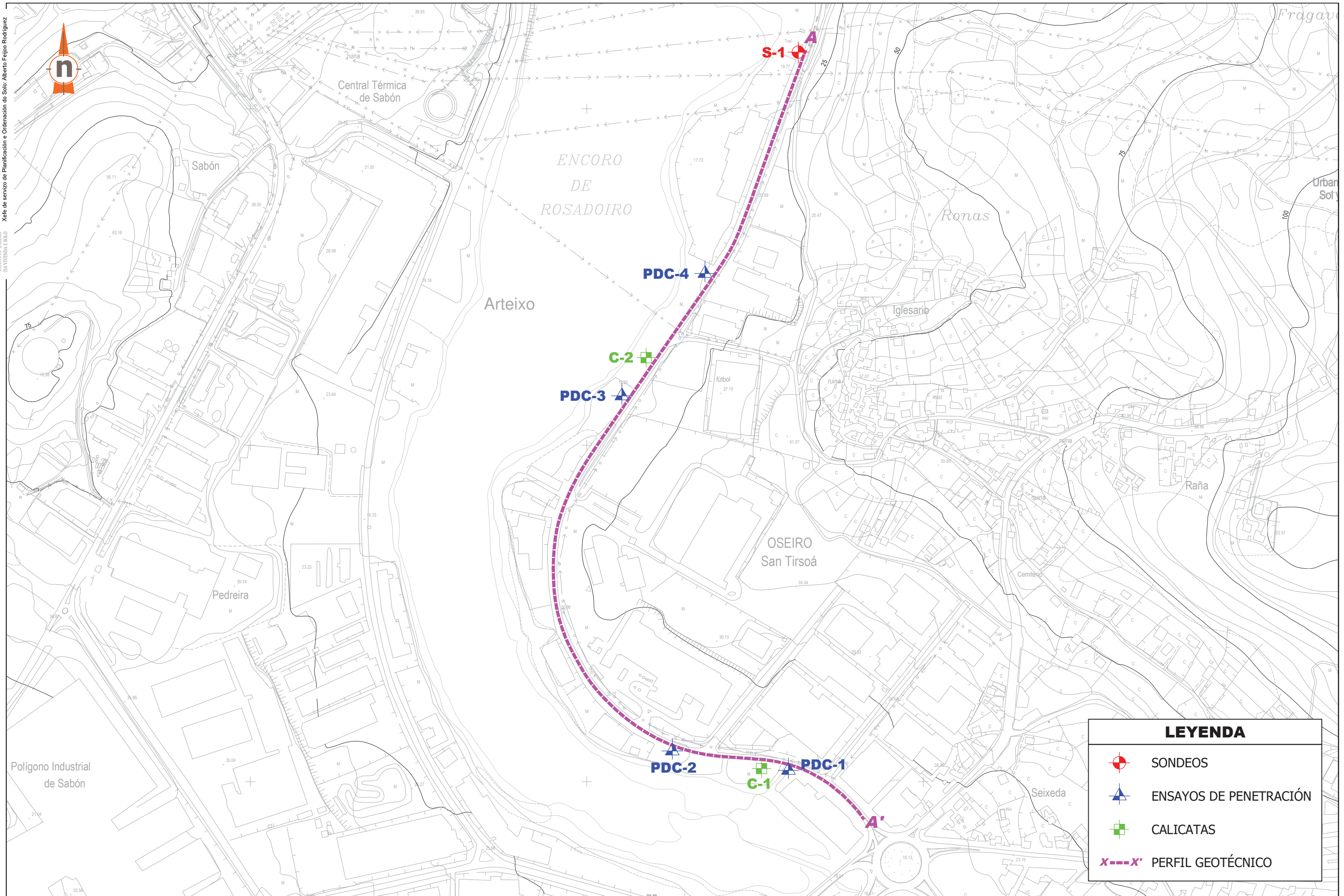
Ingeniería del terreno
y Recursos Minerales

ENERGY & INDUSTRY DIVISION



Ctra. N-VI Km 582
15168 Sada (A Coruña)
T +34 981 014 500
F +34 981 014 550
www.applus.com





LEYENDA

- SONDEOS
- ENSAYOS DE PENETRACIÓN
- CALICATAS
- PERFIL GEOTÉCNICO

Empresa Consultora:
Applus+

Obra: **ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL INTERCEPTOR QUE CONECTA LOS TANQUES DE TORMENTA DE LA ROTONDA DE SABÓN Y EL BOMBEO DE SABÓN**

Fichero	1_PROSP SABÓN.dwg
Referencia	P2CO208617
Comprobado	VG
Dibujado	SFL
Fecha	MARZO-18

Ciente:
CONCELLO DE ARTEIXO

Título Plano:
LOCALIZACIÓN DE PROSPECCIONES

Escala:	Plano Nº:
1:5000	1

Ctra. N-VI Km 582
15168 Sada (A Coruña)
T +34 981 014 500
F +34 981 014 550
www.applus.com



ANEXO II. PERFILES GEOTÉCNICOS

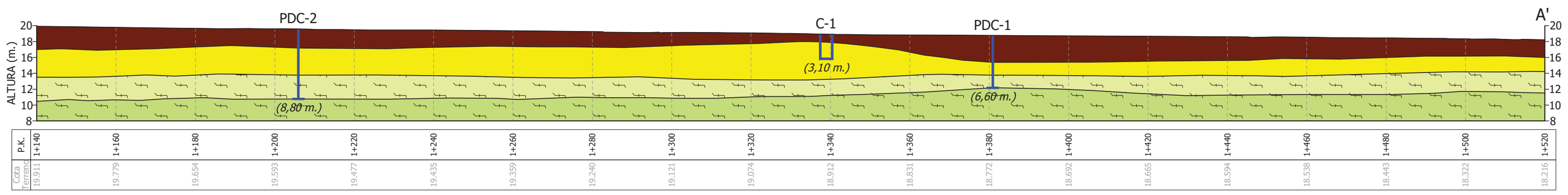
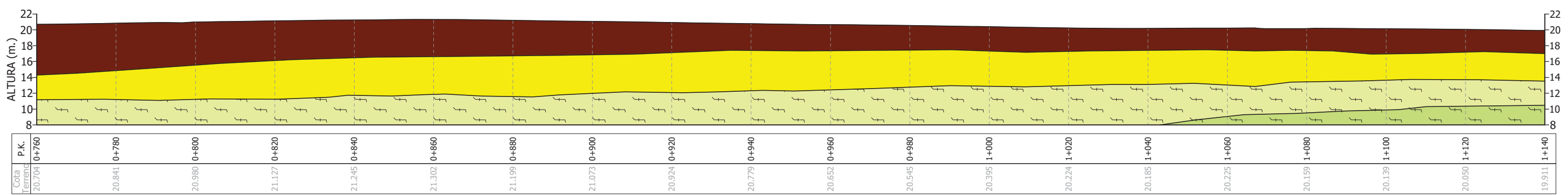
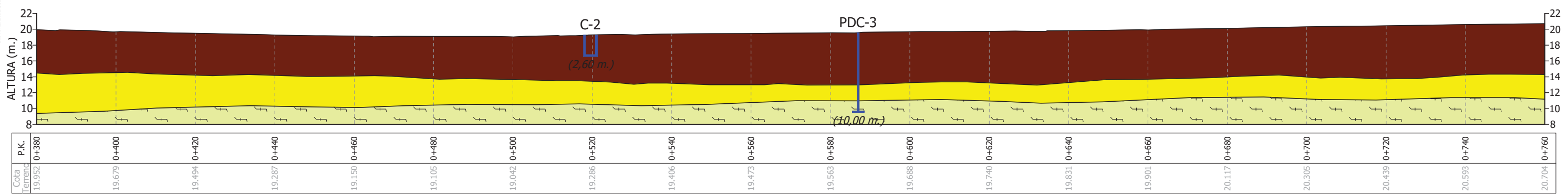
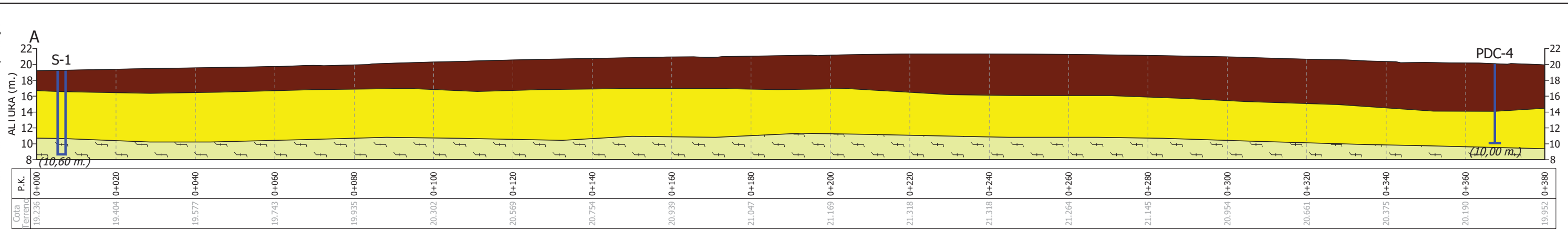
Applus+
www.applus.com

P2CO208617

Ingeniería del terreno
y Recursos Minerales

ENERGY & INDUSTRY DIVISION





LEYENDA: ■ RELLENO ANTRÓPICO ■ ALUVIAL ■ ORTOGNEIS G.A. V-VI (ISRM) ■ ORTOGNEIS G.A. IV (ISRM)

Ctra. N-VI Km 582
15168 Sada (A Coruña)
T +34 981 014 500
F +34 981 014 550
www.applus.com



ANEXO III. REGISTRO CALICATAS

Applus+
www.applus.com

P2CO208617

Ingeniería del terreno
y Recursos Minerales

ENERGY & INDUSTRY DIVISION



OBRA: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTECNICO PARA EL INTERCEPTOR QUE CONECTA LOS TANQUES DE TORMENTA DE LA ROTONDA DE SABÓN Y EL BOMBEO DE SABÓN

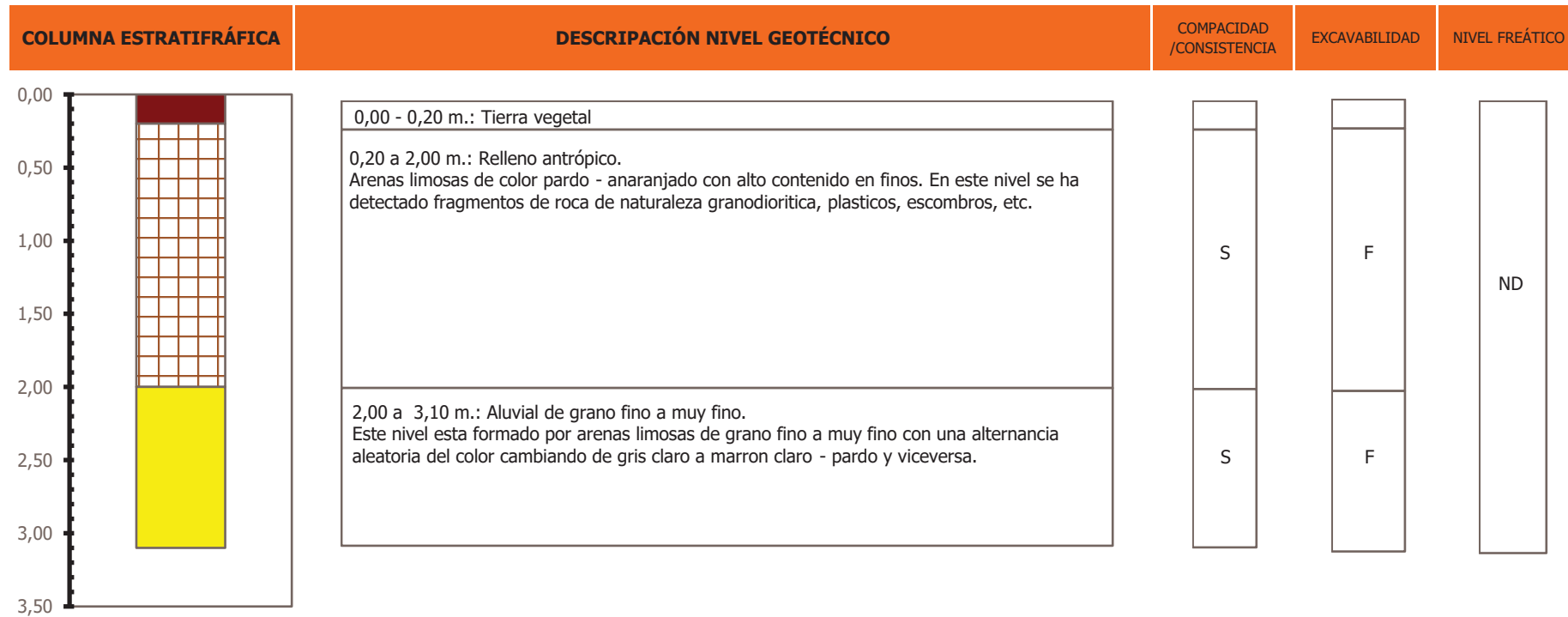
REFERENCIA: P2CO208617

SITUACIÓN: Entorno al pozo existente nº 21

FECHA: 06/02/2018

INSPECTOR: VGV

MÁQUINA: Komatsu

MODELO: WB97R


LABORATORIO		MA-1	MA-2	MA-3
GRANULOMETRÍA TAMIZADO	Tamiz #5	2,60		
	Tamiz #2	89,00		
	Tamiz #0,4	83,00		
	Tamiz #0,08	68,00		
LIMITES ATTERBERG	LL	21,60		
	IP	17,70		
PROCTOR NORMAL	D. máx (t/m³):	2,04		
	H. óptima, %:	8,10		
CBR	Índice 100% PN:	17,20		
	Hinchamiento, %:	0,16		
COLAPSO	Índice:	3,50		
	P.P.C. (IC):	3,40		
HINCHAMIENTO	%			
MATERIA ORGÁNICA	%	2,29		
SALES SOLUBLES	%			
YESOS	%			
CLASIFICACIÓN	Casagrande:	SM		
	PG-3:	Maginal		

 Presencia de agua: SI NO Algo de humedad en las paredes
 Paredes estables: SI NO

 Excavabilidad en el fondo de la calicata : SI NO Rechazo de pala por no alcance
 Observaciones:

LEYENDA:

COMPACIDAD:	MS- Muy suelto	S- Suelto	M- Medio	D- Denso	MD- Muy denso	
CONSISTENCIA:	MB- Muy Blando	B- Blando	M- Medio	F- Firme	MF- Muy firme	D- Duro
EXCAVABILIDAD:	F- Fácil	M- Medio	D- Difícil	NE- No excavable		
AGUA:	SE- Seco	H- Húmedo	SA- Saturado	G- Goteo	NF- Nivel freático	ND- No detectado

OBRA: ESTUDIO GEOLÓGICO - GEOTECNICO PARA EL INTERCEPTOR QUE CONECTA LOS TANQUES DE TORMENTA DE LA ROTONDA DE SABÓN Y EL BOMBEO DE SABÓN

REFERENCIA: P2CO208617

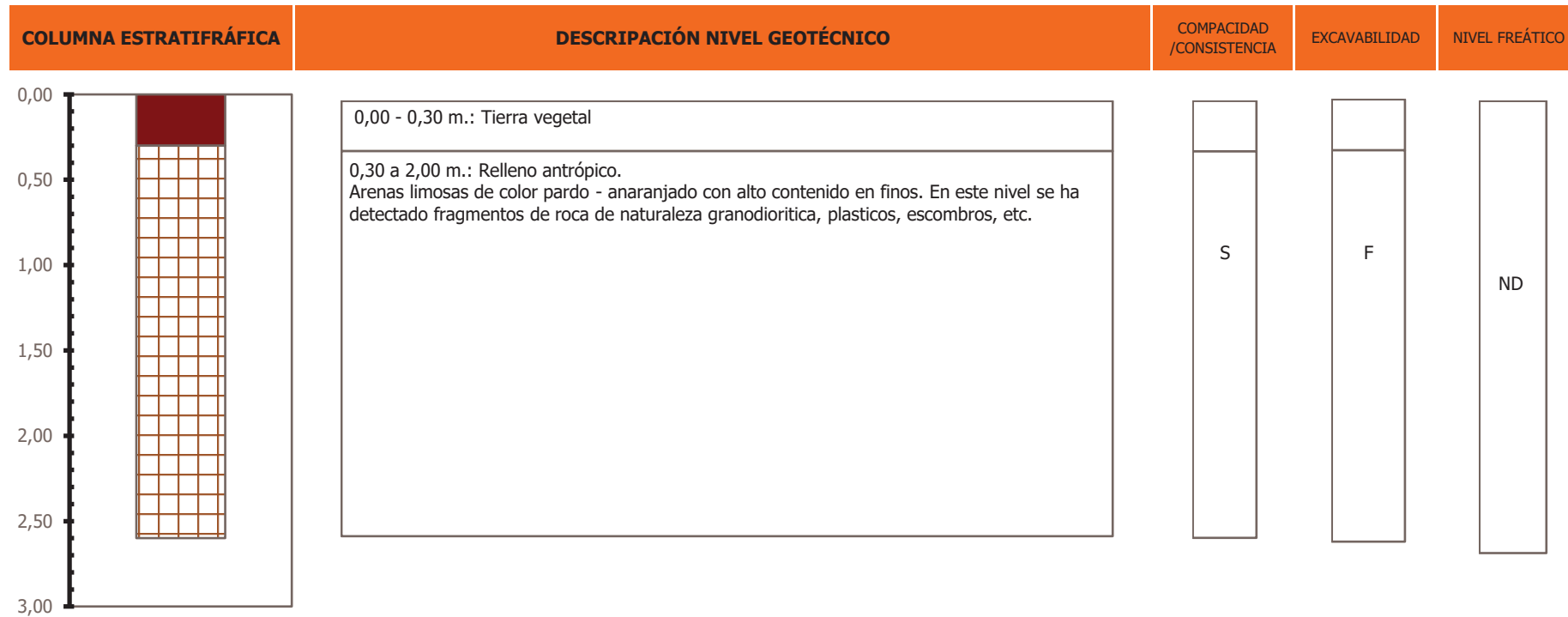
SITUACIÓN: Entorno al pozo existente nº 21

FECHA: 06/02/2018

INSPECTOR: VGV

MÁQUINA: Komatsu

MODELO: WB97R



LABORATORIO		MA-1	MA-2	MA-3
GRANULOMETRÍA TAMIZADO	Tamiz #5			
	Tamiz #2			
	Tamiz #0,4			
	Tamiz #0,08			
LÍMITES ATTERBERG	LL			
	IP			
PROCTOR NORMAL	D. máx (t/m ³):			
	H. óptima, %:			
CBR	Índice 100% PN:			
	Hinchamiento, %:			
COLAPSO	Índice:			
	P.P.C. (IC):			
HINCHAMIENTO	%			
MATERIA ORGÁNICA	%			
SALES SOLUBLES	%			
YESOS	%			
CLASIFICACIÓN	Casagrande:			
	PG-3:			

Presencia de agua: SI NO Algo de humedad en las paredes
Paredes estables: SI NO

Excavabilidad en el fondo de la calicata: SI NO
Observaciones:



LEYENDA:

COMPACIDAD:	MS- Muy suelto	S- Suelto	M- Medio	D- Denso	MD- Muy denso	
CONSISTENCIA:	MB- Muy Blando	B- Blando	M- Medio	F- Firme	MF- Muy firme	D- Duro
EXCAVABILIDAD:	F- Fácil	M- Medio	D- Difícil	NE- No excavable		
AGUA:	SE- Seco	H- Húmedo	SA- Saturado	G- Goteo	NF- Nivel freático	ND- No detectado

Ctra. N-VI Km 582
15168 Sada (A Coruña)
T +34 981 014 500
F +34 981 014 550
www.applus.com



ANEXO IV. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Applus+
www.applus.com

P2CO208617

Ingeniería del terreno
y Recursos Minerales

ENERGY & INDUSTRY DIVISION



PDC-1

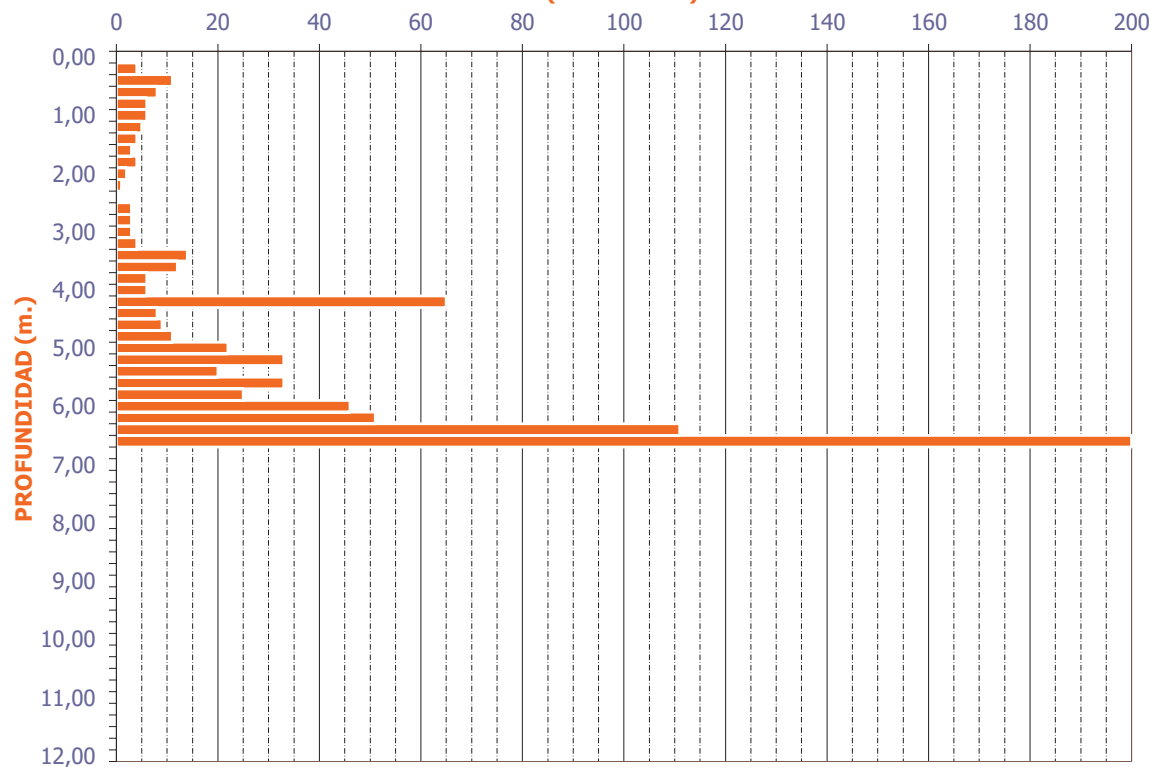
CLIENTE: Dpto. infraestructuras APPLUS Sada
OBRA: E. G. PARA EL INTERCEPTOR QUE CONECTA LOS TANQUES DE TORMENTA DE LA ROTONDA DE SABÓN Y EL BOMBEO DE SABÓN
SITUACION: Entorno al pozo existente nº 23
REF.: P2CO208617 **FECHA:** 08/02/2018
COTA DE COMIENZO: Terreno natural **NIVEL FREATICO:** N.D.
 *Nota: TN= Terreno natural

Nº Serie: 401126 Rolatec ML-60A

Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀
0,00-0,20	4	3,00-3,20	4	6,00-6,20	51	9,00-9,20	
0,20-0,40	11	3,20-3,40	14	6,20-6,40	111	9,20-9,40	
0,40-0,60	8	3,40-3,60	12	6,40-6,60	200	9,40-9,60	
0,60-0,80	6	3,60-3,80	6	6,60-6,80		9,60-9,80	
0,80-1,00	6	3,80-4,00	6	6,80-7,00		9,80-10,00	
1,00-1,20	5	4,00-4,20	65	7,00-7,20		10,00-10,20	
1,20-1,40	4	4,20-4,40	8	7,20-7,40		10,20-10,40	
1,40-1,60	3	4,40-4,60	9	7,40-7,60		10,40-10,60	
1,60-1,80	4	4,60-4,80	11	7,60-7,80		10,60-10,80	
1,80-2,00	2	4,80-5,00	22	7,80-8,00		10,80-11,00	
2,00-2,20	1	5,00-5,20	33	8,00-8,20		11,00-11,20	
2,20-2,40	0	5,20-5,40	20	8,20-8,40		11,20-11,40	
2,40-2,60	3	5,40-5,60	33	8,40-8,60		11,40-11,60	
2,60-2,80	3	5,60-5,80	25	8,60-8,80		11,60-11,80	
2,80-3,00	3	5,80-6,00	46	8,80-9,00		11,80-12,00	

ENSAYO DE PENETRACION DPSH

GOLPEO (cada 20 cm.)



PDC-2

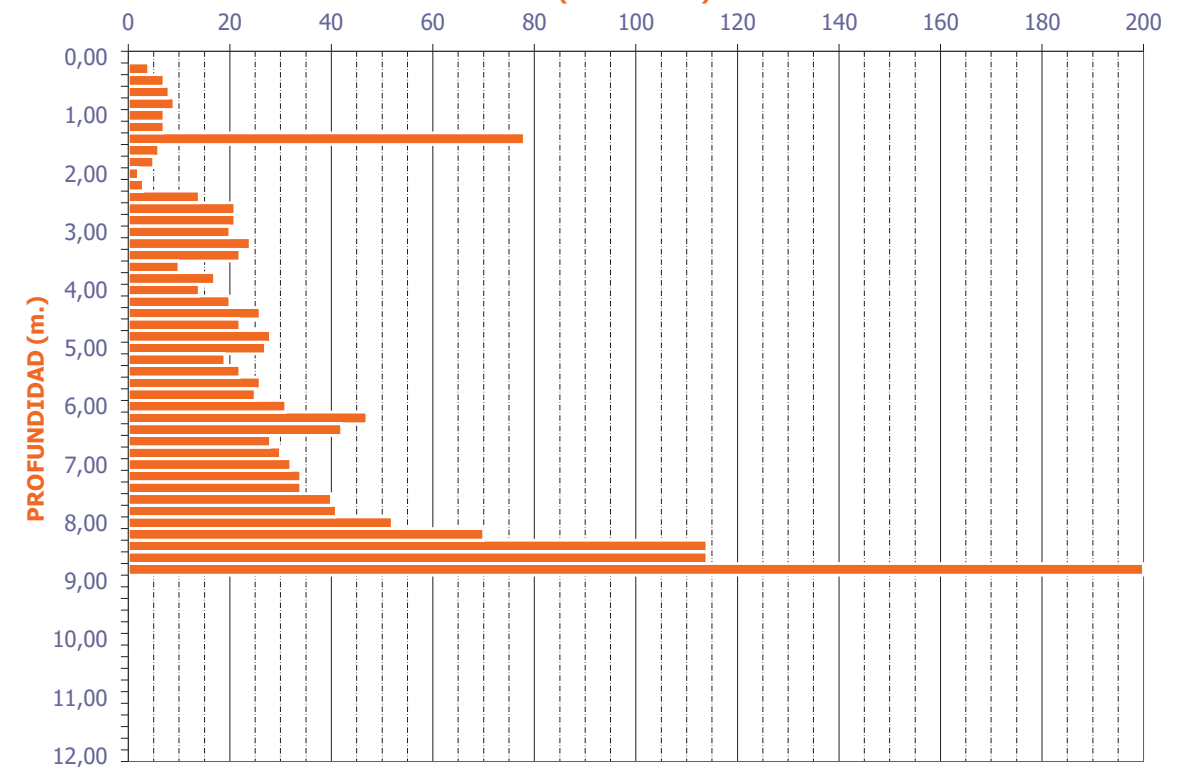
CLIENTE: Dpto. infraestructuras APPLUS Sada
OBRA: E. G. PARA EL INTERCEPTOR QUE CONECTA LOS TANQUES DE TORMENTA DE LA ROTONDA DE SABÓN Y EL BOMBEO DE SABÓN
SITUACION: Entorno al pozo existente nº 20
REF.: P2CO208617 **FECHA:** 08/02/2018
COTA DE COMIENZO: Terreno natural **NIVEL FREATICO:** 3 m.
 *Nota: TN= Terreno natural

Nº Serie: 401126 Rolatec ML-60A

Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀
0,00-0,20	4	3,00-3,20	24	6,00-6,20	47	9,00-9,20	
0,20-0,40	7	3,20-3,40	22	6,20-6,40	42	9,20-9,40	
0,40-0,60	8	3,40-3,60	10	6,40-6,60	28	9,40-9,60	
0,60-0,80	9	3,60-3,80	17	6,60-6,80	30	9,60-9,80	
0,80-1,00	7	3,80-4,00	14	6,80-7,00	32	9,80-10,00	
1,00-1,20	7	4,00-4,20	20	7,00-7,20	34	10,00-10,20	
1,20-1,40	78	4,20-4,40	26	7,20-7,40	34	10,20-10,40	
1,40-1,60	6	4,40-4,60	22	7,40-7,60	40	10,40-10,60	
1,60-1,80	5	4,60-4,80	28	7,60-7,80	41	10,60-10,80	
1,80-2,00	2	4,80-5,00	27	7,80-8,00	52	10,80-11,00	
2,00-2,20	3	5,00-5,20	19	8,00-8,20	70	11,00-11,20	
2,20-2,40	14	5,20-5,40	22	8,20-8,40	114	11,20-11,40	
2,40-2,60	21	5,40-5,60	26	8,40-8,60	114	11,40-11,60	
2,60-2,80	21	5,60-5,80	25	8,60-8,80	200	11,60-11,80	
2,80-3,00	20	5,80-6,00	31	8,80-9,00		11,80-12,00	

ENSAYO DE PENETRACION DPSH

GOLPEO (cada 20 cm.)

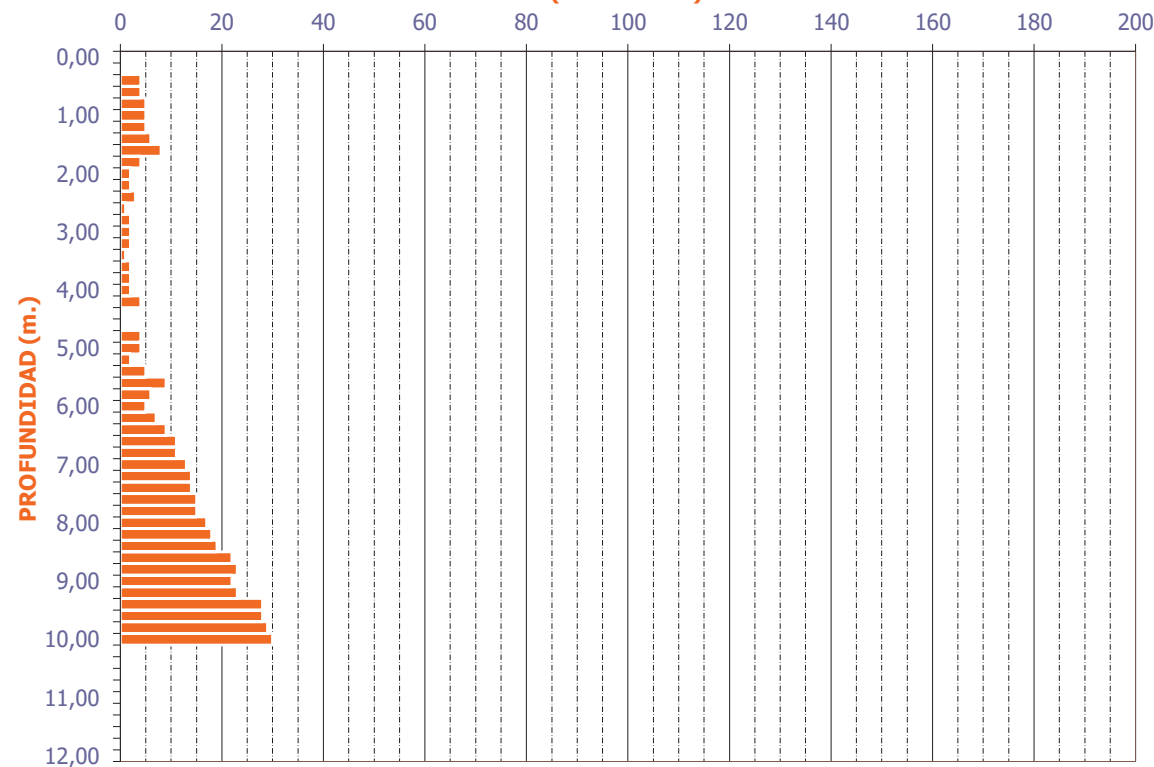


PDC-3

CLIENTE: Dpto. infraestructuras APPLUS Sada
OBRA: E. G. PARA EL INTERCEPTOR QUE CONECTA LOS TANQUES DE TORMENTA DE LA ROTONDA DE SABÓN Y EL BOMBEO DE SABÓN
SITUACION: Entorno al pozo existente nº 11B
REF.: P2CO208617 **FECHA:** 07/02/2018
COTA DE COMIENZO: Terreno natural **NIVEL FREATICO:** 4 m.
 *Nota: TN= Terreno natural

Nº Serie: 401126 Rolatec ML-60A

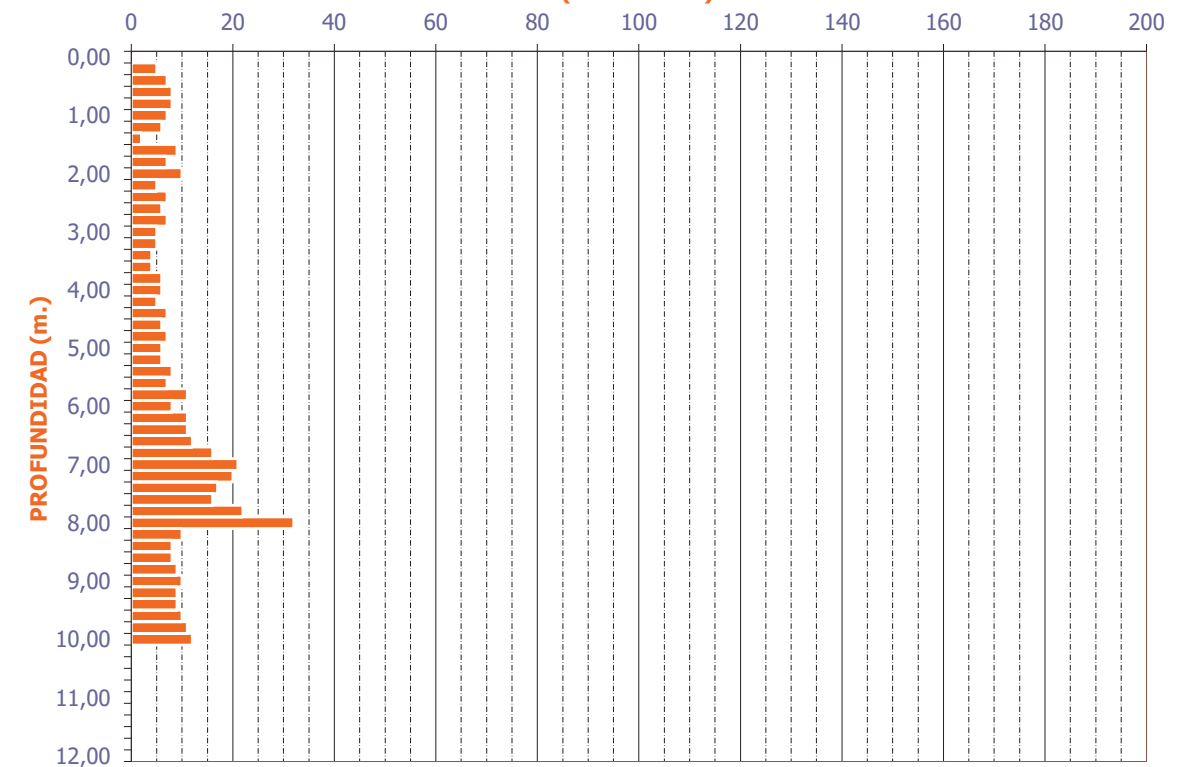
Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀
0,00-0,20	0	3,00-3,20	2	6,00-6,20	7	9,00-9,20	23
0,20-0,40	4	3,20-3,40	1	6,20-6,40	9	9,20-9,40	28
0,40-0,60	4	3,40-3,60	2	6,40-6,60	11	9,40-9,60	28
0,60-0,80	5	3,60-3,80	2	6,60-6,80	11	9,60-9,80	29
0,80-1,00	5	3,80-4,00	2	6,80-7,00	13	9,80-10,00	30
1,00-1,20	5	4,00-4,20	4	7,00-7,20	14	10,00-10,20	
1,20-1,40	6	4,20-4,40	0	7,20-7,40	14	10,20-10,40	
1,40-1,60	8	4,40-4,60	0	7,40-7,60	15	10,40-10,60	
1,60-1,80	4	4,60-4,80	4	7,60-7,80	15	10,60-10,80	
1,80-2,00	2	4,80-5,00	4	7,80-8,00	17	10,80-11,00	
2,00-2,20	2	5,00-5,20	2	8,00-8,20	18	11,00-11,20	
2,20-2,40	3	5,20-5,40	5	8,20-8,40	19	11,20-11,40	
2,40-2,60	1	5,40-5,60	9	8,40-8,60	22	11,40-11,60	
2,60-2,80	2	5,60-5,80	6	8,60-8,80	23	11,60-11,80	
2,80-3,00	2	5,80-6,00	5	8,80-9,00	22	11,80-12,00	

ENSAYO DE PENETRACION DPSH
GOLPEO (cada 20 cm.)

PDC-4

CLIENTE: Dpto. infraestructuras APPLUS Sada
OBRA: E. G. PARA EL INTERCEPTOR QUE CONECTA LOS TANQUES DE TORMENTA DE LA ROTONDA DE SABÓN Y EL BOMBEO DE SABÓN
SITUACION: Entorno al pozo existente nº 10
REF.: P2CO208617 **FECHA:** 07/02/2018
COTA DE COMIENZO: Terreno natural **NIVEL FREATICO:** 3 m.
 *Nota: TN= Terreno natural

Nº Serie: 401126 Rolatec ML-60A

Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀	Prof. (m.)	N ₀₂₀
0,00-0,20	5	3,00-3,20	5	6,00-6,20	11	9,00-9,20	9
0,20-0,40	7	3,20-3,40	4	6,20-6,40	11	9,20-9,40	9
0,40-0,60	8	3,40-3,60	4	6,40-6,60	12	9,40-9,60	10
0,60-0,80	8	3,60-3,80	6	6,60-6,80	16	9,60-9,80	11
0,80-1,00	7	3,80-4,00	6	6,80-7,00	21	9,80-10,00	12
1,00-1,20	6	4,00-4,20	5	7,00-7,20	20	10,00-10,20	
1,20-1,40	2	4,20-4,40	7	7,20-7,40	17	10,20-10,40	
1,40-1,60	9	4,40-4,60	6	7,40-7,60	16	10,40-10,60	
1,60-1,80	7	4,60-4,80	7	7,60-7,80	22	10,60-10,80	
1,80-2,00	10	4,80-5,00	6	7,80-8,00	32	10,80-11,00	
2,00-2,20	5	5,00-5,20	6	8,00-8,20	10	11,00-11,20	
2,20-2,40	7	5,20-5,40	8	8,20-8,40	8	11,20-11,40	
2,40-2,60	6	5,40-5,60	7	8,40-8,60	8	11,40-11,60	
2,60-2,80	7	5,60-5,80	11	8,60-8,80	9	11,60-11,80	
2,80-3,00	5	5,80-6,00	8	8,80-9,00	10	11,80-12,00	

ENSAYO DE PENETRACION DPSH
GOLPEO (cada 20 cm.)


Ctra. N-VI Km 582
15168 Sada (A Coruña)
T +34 981 014 500
F +34 981 014 550
www.applus.com



ANEXO V. REGISTRO DE SONDEOS

Applus+
www.applus.com

P2CO208617

Ingeniería del terreno
y Recursos Minerales

ENERGY & INDUSTRY DIVISION



REFERENCIAS: P2CO208617	DATOS DE SONDEO: Coordenas UTM (Datum: WGS84 y Huso:30) X: 0 m. Y: 0 m.	Supervisor: VGV Sondista: FJRC	Profundidad sondeo: 10,60 m. Tipo de máquina: Rolatec RL-48	Fecha inicio: 06/02/2018 Fecha fin: 06/02/2018
-----------------------------------	--	---	--	---



Sondeo: S-1 Caja 1 de 3
Prof. 0,00 a 2,70 m.



Sondeo: S-1 Caja 2 de 3
Prof. 2,70 a 6,60 m.



Sondeo: S-1 Caja 3 de 3
Prof. 6,60 a 10,60 m.



Ctra. N-VI Km 582
15168 Sada (A Coruña)
T +34 981 014 500
F +34 981 014 550
www.applus.com



ANEXO VI. ENSAYOS DE LABORATORIO



OBRA: E.G. COLECTOR SABÓN

Ref.: 3238
Fecha: 22/02/2018
Nº Informe: 18SA0250

MATERIAL: SUELO

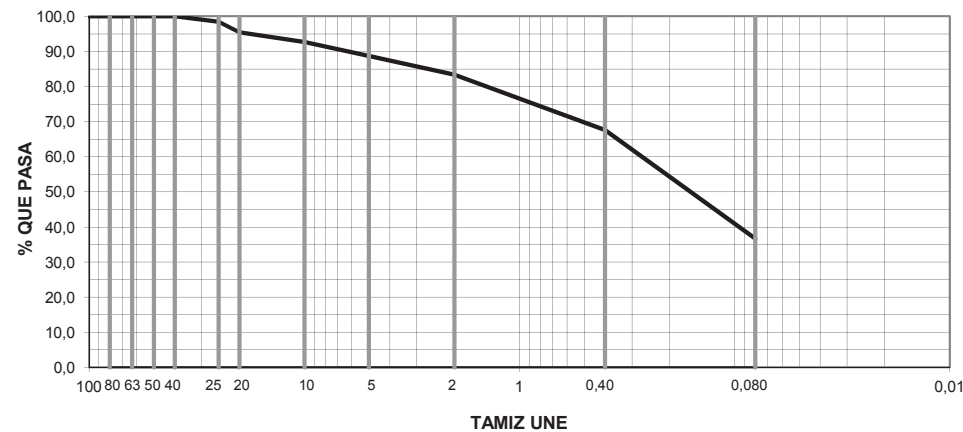
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:

Identificación: SUELO C-1 PROF:2,60 m
Utilización: ---
Ref. cliente: P2CO208617

Fecha de toma de muestra: 07/02/2018

RESULTADOS OBTENIDOS:

	CLASIFICACION S/PG-3			
	Marginal	Tolerable	Adecuado	Seleccionado
1.- Próctor Modificado (s/UNE 103 501/94):				
Densidad seca máxima(g/cm3):	2,04			
Humedad óptima (%):	8,1			
2.- Límites Atterberg (s/UNE 103 103/94 y 103 104/93):				
Límite Líquido:	21,6	LL < 65 ;	LL < 40 ;	
Límite Plástico:	17,7	LL > 90 ó IP < (0,73 (LL-20))	LL > 40 e IP > (0,73 (LL-20))	LL > 30 e
Indice de Plasticidad:	3,9	IP > 4	IP < 10	
3.- Materia Orgánica (%) (s/UNE 103 204/93):	2,29	< 5%	< 2%	< 0,2%
4.- Sales solubles (%) (s/NLT-114/99):		< 1%	< 0,2%	< 0,2%
5.- Sulfatos (cualitativo) (s/NLT-119/72):				
6.- Ensayo del hinchamiento (%) (s/UNE 103 601/96):		< 5%	< 3%	
7.- Humedad natural (%) (s/UNE 103 300/93):				
8.- Contenido de yeso en suelos (s/NLT-115/99):			< 5%	
9.- Ensayo de colapso de suelos (s/NLT-254/99):				
Indice de colapso (I):	3,5	< 1%		
Potencial porcentual de colapso (Ic):	3,4			
10.- Análisis granulométrico (s/UNE 103 101/95):				
			100% inf. a 100 mm. y máx 35 % pasa 0,080 UNE.	100% inf. a 100 mm. máx. 25 % pasa 0,080 UNE.



TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,40	0,080
%PASA	100	100	100	100	100	98	95	93	89	83	68	36,7

11.- C.B.R. (s/UNE 103 502/95):	Espaldón	Cimiento	Núcleo	Coronación
Indice C.B.R. (100% P.M.):	17,2	> 3	> 3	> 5
Hinchamiento (%):	0,16			

OBSERVACIONES: ---

Javier Fernández Fernández
Documento validado mediante certificado electrónico. Autenticidad verificable en la pagina <https://valide.redsara.es/> de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre, Ministerio de Presidencia
Técnico de area GTL
Applus Norcontrol, S.L.U.

Adriano Miranda Ferreiro
Jefe Dpto.Lab.Construcción Galicia
Applus Norcontrol, S.L.U.

NOTA: Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a análisis. El informe no deberá reproducirse parcialmente sin aprobación escrita de Applus Norcontrol. Garantía de Calidad de Servicio: Applus+ garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro sistema de Calidad y sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal. En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien al Director de Calidad de Applus+, en la siguiente dirección: satisfaccion.cliente@appluscorp.com
Applus Norcontrol, S.L.U. C.I.F. B-15044357. Inscrita en el Registro Mercantil de La Coruña H 1507, F 114, T 292, L 138, Sec. 3ª de Sociedades, 1,1.
Laboratorio de Sada. Domicilio Social: Carretera N-VI, Km 582. 15168 Sada (La Coruña). Tfno. 981 014 500; Fax 981 014 550.
Áreas de Acreditación y nº de registros: EHA (15011 EHA 05 B), GTC (15011 GTC 05 B), GTL (15011 GTL 05 B), VSG (15011 VSG 05 B) y EAS (15011 EAS 05 B).

OBRA: E.G. COLECTOR SABÓN

Ref.: 3238
Fecha: 15/02/2018
Nº Informe: 18SA0286

MATERIAL: SUELO

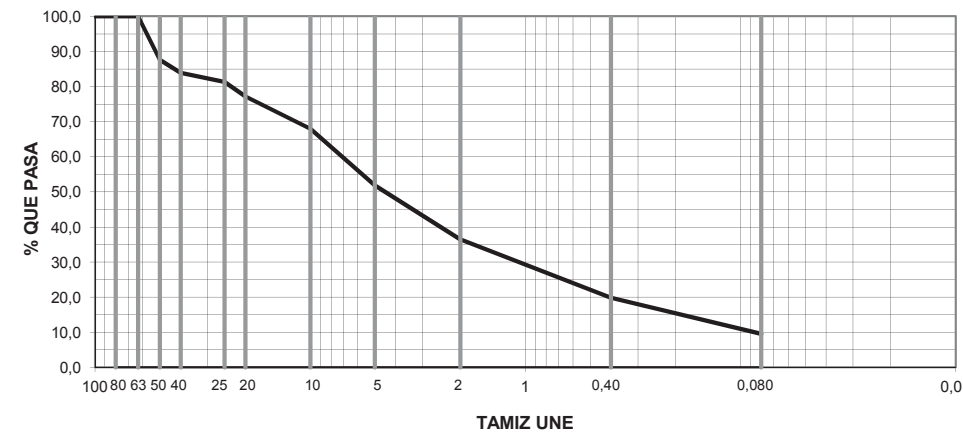
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:

Identificación: SONDEO S-1 MI-2 PROF:5,00 - 5,60
Utilización: ---
Ref. cliente: P2CO208617

Fecha de toma de muestra: 07/02/2018

RESULTADOS OBTENIDOS:

	CLASIFICACION S/PG-3			
	Marginal	Tolerable	Adecuado	Seleccionado
1.- Próctor Modificado (s/UNE 103 501/94):				
Densidad seca máxima(g/cm3):				
Humedad óptima (%):				
2.- Límites Atterberg (s/UNE 103 103/94 y 103 104/93):				
Límite Líquido:		LL < 65 ;	LL < 40 ;	
Límite Plástico:	N.P.	LL > 90 ó IP < (0,73 (LL-20))	LL > 40 e IP > (0,73 (LL-20))	LL > 30 e
Indice de Plasticidad:		IP > 4	IP < 10	
3.- Materia Orgánica (%) (s/UNE 103 204/93):		< 5%	< 2%	< 0,2%
4.- Sales solubles (%) (s/NLT-114/99):		< 1%	< 0,2%	< 0,2%
5.- Sulfatos (cualitativo) (s/NLT-119/72):				
6.- Ensayo del hinchamiento (%) (s/UNE 103 601/96):		< 5%	< 3%	
7.- Humedad natural (%) (s/UNE 103 300/93):				
8.- Contenido de yeso en suelos (s/NLT-115/99):			< 5%	
9.- Ensayo de colapso de suelos (s/NLT-254/99):				
Indice de colapso (I):		< 1%		
Potencial porcentual de colapso (Ic):				
10.- Análisis granulométrico (s/UNE 103 101/95):				
			100% inf. a 100 mm. y máx 35 % pasa 0,080 UNE.	100% inf. a 100 mm. máx. 25 % pasa 0,080 UNE.



TAMIZ	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,40	0,080
%PASA	100	100	100	88	84	81	77	68	52	36	20	9,5

11.- C.B.R. (s/UNE 103 502/95):	Espaldón	Cimiento	Núcleo	Coronación
Indice C.B.R. (100% P.M.):		> 3	> 3	> 5
Hinchamiento (%):				

OBSERVACIONES: ---

Javier Fernández Fernández
Documento validado mediante certificado electrónico. Autenticidad verificable en la pagina <https://valide.redsara.es/> de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre, Ministerio de Presidencia
Técnico de area GTL
Applus Norcontrol, S.L.U.

Adriano Miranda Ferreiro
Jefe Dpto.Lab.Construcción Galicia
Applus Norcontrol, S.L.U.

NOTA: Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a análisis. El informe no deberá reproducirse parcialmente sin aprobación escrita de Applus Norcontrol. Garantía de Calidad de Servicio: Applus+ garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro sistema de Calidad y sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal. En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien al Director de Calidad de Applus+, en la siguiente dirección: satisfaccion.cliente@appluscorp.com
Applus Norcontrol, S.L.U. C.I.F. B-15044357. Inscrita en el Registro Mercantil de La Coruña H 1507, F 114, T 292, L 138, Sec. 3ª de Sociedades, 1,1.
Laboratorio de Sada. Domicilio Social: Carretera N-VI, Km 582. 15168 Sada (La Coruña). Tfno. 981 014 500; Fax 981 014 550.
Áreas de Acreditación y nº de registros: EHA (15011 EHA 05 B), GTC (15011 GTC 05 B), GTL (15011 GTL 05 B), VSG (15011 VSG 05 B) y EAS (15011 EAS 05 B).



Laboratorio de construcción Sada (La Coruña)
Applus Norcontrol, S.L.U.



OBRA: E.G. COLECTOR SABÓN

MATERIAL: SUELO

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:

Identificación: SONDEO S-1 MI-2 PROF:5,00 - 5,60
Utilización: ---
Ref.cliente: P2CO208617

Ref.: 3238
Fecha: 15/02/18
Nº Informe: 18SA0286-1

Fecha de toma de muestra: 07/02/18

RESULTADOS OBTENIDOS:

1.- Determinación de la humedad mediante secado en estufa (s/UNE-103 300:1993):

Humedad (%): **14,0**

2.- Determinación de la densidad aparente (s/UNE-103 301/94):

Densidad aparente (gr/cm³): **2,37**

OBSERVACIONES: ---



Medio Ambiente

Página 1 de 2

Laboratorio Análisis Químicos de SADA
Ctra. N-VI, Km. 582 15168 SADA - (A Coruña)
Tlf.: 981 014 500 Fax: 981 014 550
www.appluscorp.com

Nº INFORME: 189/18/4428 - SAD

Nº ACTA: 55428

INFORME DE ENSAYO EMITIDO POR APPLUS NORCONTROL S.L.U.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

NOMBRE: ING.TERR.RE.MINE.GALI (GEOTECNIA)
CENTRO:
DIRECCIÓN: CTRA. N-VI, KM. 582

LOCALIDAD: SADA
PROVINCIA: 15168 A CORUÑA
PAÍS: ESPAÑA

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

NATURALEZA: SUELO SONDEO S-1 MI-2 PROF:5.00 - 5.6
REF. CLIENTE: 3.238, SA.2018/286
OBSERVACIONES: Entregado por Dep.Construcción
SA.2018/286, OBRA Nº3.238 E.G. COLECTOR SABÓN

F. TOMA MUESTRA:
F. RECEPCIÓN: 14/02/18

ANALISIS FISICO/QUIMICO

Inicio 14/02/18 Fin 21/02/18

	Parametro	Unidades	Resultado
1	Acidez Baumann-Gully	(ml/kg)	90
2	Sulfatos	(mg/kg)	2

Javier Fernández Fernández

Adriano Miranda Ferreiro

Documento validado mediante certificado electrónico. Autenticidad verificable en la pagina <https://valide.redsara.es/> de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre, Ministerio de Presidencia

Técnico de area GTL
Applus Norcontrol, S.L.U.

Jefe Dpto.Lab.Construcción Galicia
Applus Norcontrol, S.L.U.

Pag:1/1

NOTA: Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a análisis. El informe no deberá reproducirse parcialmente sin aprobación escrita de Applus Norcontrol.
Garantía de Calidad de Servicio: Applus+ garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro sistema de Calidad y sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal. En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien al Director de Calidad de Applus+, en la siguiente dirección: satisfaccion.cliente@appluscorp.com
Applus Norcontrol, S.L.U. C.I.F. B-15044357. Inscrita en el Registro Mercantil de La Coruña H 1507, F 114, T 292, L 138, Sec. 3ª de Sociedades, 1,1.
Laboratorio de Sada. Domicilio Social: Carretera N-VI, Km 582. 15168 Sada (La Coruña). Tfno. 981 014 500; Fax 981 014 550.
Áreas de Acreditación y nº de registros: EHA (15011 EHA 05 B), GTC (15011 GTC 05 B), GTL (15011 GTL 05 B), VSG (15011 VSG 05 B) y EAS (15011 EAS 05 B).

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin aprobación escrita de Applus Norcontrol

Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a análisis
Applus Norcontrol, S.L.U. Inscrita en el Registro Mercantil de Coruña, Hoja 1507, Folio 114, Tomo 292, Libro 138, Sec. 3ª de Sociedades. C.I.F. B-15044.357.



INFORME DE ENSAYO EMITIDO POR APPLUS NORCONTROL S.L.U.

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

METODOLOGÍA EMPLEADA

Q 1 EHE-2008 / Volumétrico EHE

Q 2 Método de la norma EHE.2008

Jefe de Dpto. Laboratorio (Dpto. Físico-Químico)
J. Benito Rodríguez Fernández
A Coruña, 22 de Febrero de 2018

Applus+
Applus Norcontrol, S.L.U.
Benito Rodríguez

Garantía de Calidad de Servicio

Applus+, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.
En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Applus+, en la dirección: satisfaccion.ciente@appluscorp.com

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin aprobación escrita de Applus Norcontrol

Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a análisis

Applus Norcontrol, S.L.U. Inscrita en el Registro Mercantil de Coruña, Hoja 1507, Folio 114, Tomo 292, Libro 138, Sec. 3ª de Sociedades. C.I.F. B-150.44.357.

Nº ACTA: 55310

INFORME DE ENSAYO EMITIDO POR APPLUS NORCONTROL S.L.U.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

NOMBRE: ING.TERR.RE.MINE.GALI (GEOTECNIA)

LOCALIDAD: SADA

CENTRO:

PROVINCIA: 15168 A CORUÑA

DIRECCIÓN: CTRA. N-VI, KM. 582

PAÍS: ESPAÑA

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

NATURALEZA: Agua de sondeo

F. TOMA MUESTRA: 06/02/18 14:15h.

REF. CLIENTE: S-1 SABÓN_PROF. 4; 20 m.

F. RECEPCIÓN: 07/02/18

OBSERVACIONES: Entregado por Cliente
E.G. COLECTOR DE SABÓN
P2CO208617

ANÁLISIS FÍSICO/QUÍMICO

Inicio 07/02/18 Fin 21/02/18

	Parametro	Unidades	Resultado
1	Valor del pH	(Udes. pH)	6.48
2	Magnesio (Mg2+)	(mg/l)	21.0
3	Amoníaco	(mg/l)	0.11
4	Sulfato (SO42-)	(mg/l)	17
5	CO2	(mg/l)	70.40
6	Residuo seco	(mg/l)	640

La fecha de toma de muestra ha sido facilitada por el cliente.

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin aprobación escrita de Applus Norcontrol

Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a análisis

Applus Norcontrol, S.L.U. Inscrita en el Registro Mercantil de Coruña, Hoja 1507, Folio 114, Tomo 292, Libro 138, Sec. 3ª de Sociedades. C.I.F. B-150.44.357.



INFORME DE ENSAYO EMITIDO POR APPLUS NORCONTROL S.L.U.

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

METODOLOGÍA EMPLEADA

Q 1 EHE 2008	Q 2 EHE 2008
Q 3 EHE 2008	Q 4 EHE 2008
Q 5 EHE 2008	Q 6 EHE 2008

Jefe de Dpto. Laboratorio (Dpto. Físico-Químico)
J. Benito Rodríguez Fernández
A Coruña, 22 de Febrero de 2018

Applus⁺
Applus Norcontrol, S.L.U.
Benito Rodríguez

Garantía de Calidad de Servicio

Applus+, garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien, al Director de Calidad de Applus+, en la dirección: satisfaccion.cliente@appluscorp.com

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin aprobación escrita de Applus Norcontrol

Los resultados de este informe sólo afectan a las muestras sometidas a análisis

Applus Norcontrol, S.L.U. inscrita en el Registro Mercantil de Coruña, Hoja 1507, Folio 114, Tomo 292, Libro 138, Sec. 3ª de Sociedades. C.I.F. B-150.44.357.



Ctra. N-VI Km 582
15168 Sada (A Coruña)
T +34 981 014 500
F +34 981 014 550
www.applus.com



ANEXO VII. CLAVES DE INTERPRETACIÓN

Applus+
www.applus.com

P2CO208617

Ingeniería del terreno
y Recursos Minerales

ENERGY & INDUSTRY DIVISION



UNIDADES SISTEMA INTERNACIONAL Y CORRELACIONES

Fuerza	KN, MN	100 kg	
Momento	KN.m		
Densidad	Kg/m ³ (t/m ³)	0.001 g/cm ³ (t/m ³)	
Peso unitario	KN/m ³	0.1 g/cm ³ /t/m ³	101.97 Kg/m ³
Tensión, presión, resistencia	KN/m ² (kPa)	0.01 kg/cm ²	0.1 t/m ²
Rigidez	MN/m ² (MPa)		
Coefficiente permeabilidad	m/s		
Coefficiente de consolidación	m ² /s		

CLASIFICACION I. S.R.M.

GRADO DE METEORIZACION. MACIZO ROCOSO

I	Sana	No hay signos visibles de meteorización. Si acaso una débil decoloración en las principales superficies de discontinuidad.
II	Débilmente Meteorizada	La decoloración indica una meteorización de la roca matriz y de las discontinuidades. Todo el medio rocoso puede estar decolorado y ser algo más débil externamente que en su condición sana.
III	Moderadamente Meteorizada	Menos de la mitad del material está descompuesto y/o desintegrado hasta la condición de suelo. Aparece roca sana o decolorada, ya sea de forma continua o en zonas aisladas.
IV	Muy meteorizada	Más de la mitad del material está descompuesto y/o desintegrado hasta la condición de suelo. Aparece roca sana de modo discontinuo.
V	Completamente Meteorizada	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada. La estructura original está en su mayoría intacta.
VI	Suelo de Alteración	Todo el material se ha transformado en suelo y la estructura original se ha destruido. Hay un gran cambio de volumen pero el suelo no ha sufrido transportes significativos.

