

ANEJO Nº 12. ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS

ÍNDICE

12. ANEJO Nº 12. ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS Y TÚNELES.....	3
12.1. ANTECEDENTES	3
12.1.1. DISEÑO PRECEDENTE	3
12.1.1.1. Documentos de referencia	3
12.1.1.2. Normativa aplicada	3
12.1.1.3. Descripción del diseño	3
12.1.2. ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS.....	3
12.1.2.1. Estructuras	3
12.1.3. CAMBIOS NORMATIVOS	6
12.1.4. ALCANCE DE LOS TRABAJOS CONTRATADOS	6
12.2. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	6
12.3. INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE DE PROYECTOS PREVIOS.....	7
12.3.1. TABLA RESUMEN INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS REALIZADAS, POR ESTRUCTURA	7
12.4. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	8
12.5. METODOLOGÍA DE CÁLCULO	9
12.5.1. CIMENTACIÓN DIRECTA EN SUELOS	9
12.5.2. CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES.....	11
12.5.3. COEFICIENTE DE BALASTO	11
12.5.3.1. Coeficiente de balasto vertical	11
12.5.3.2. Coeficiente de balasto horizontal en pilotes	12
12.5.4. RECOMENDACIONES GENERALES DE CIMENTACIÓN.....	12
12.5.4.1. Zapatas	12
12.5.4.2. Pilotes.....	12
12.6. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PRELIMINARES PARA LA CIMENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.....	12
12.6.1. AGRESIVIDAD	13
12.6.2. TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN RECOMENDADA	13
12.7. PROPUESTA DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA LAS ESTRUCTURAS	15
12.7.1. INTRODUCCIÓN.....	15
12.7.2. INVESTIGACIONES DE CAMPO PROPUESTAS	15
12.7.2.1. Propuesta de campaña geotécnica para las estructuras	15
12.7.2.2. Propuesta de campaña geotécnica Canal Ronda Ponent	16
12.7.2.3. Propuesta Campaña geotécnica para las hincas	16
12.7.2.4. Propuesta de campaña de permeabilidad en las balsas de infiltración	16
12.7.2.5. Sondeos	16
12.7.2.6. Calicatas mecánicas.....	17
12.7.2.7. Penetraciones dinámicas continuas tipo DPSH	17
12.7.3. ENSAYOS IN SITU	18
12.7.4. ENSAYOS DE LABORATORIO	18
12.7.5. CONDICIONES DE EJECUCIÓN PARA LOS TRABAJOS DE CAMPO.....	19
12.7.5.1. Condiciones generales	19
12.7.5.2. Sondeos con recuperación de testigo	19
12.7.5.3. Piezometría, testificación y muestreo	20
12.7.5.4. Ensayos de penetración dinámica.....	20
12.7.5.5. Calicatas mecánicas	20
12.7.5.6. Referenciación de las investigaciones realizadas	20
PLANOS	21
PLANO 1. PLANTA GEOLÓGICA - GEOTECNICA CON PROPUESTA DE CAMPAÑA DE ESTRUCTURAS E 1:1000	22
PLANO 2. PROPUESTA DE CAMPAÑA CANAL.....	23
PLANO 3. PROPUESTA DE CAMPAÑA HINCAS	24
PLANO 4. PERFILES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS DE LAS ESTRUCTURAS.....	25
APÉNDICES	26
APÉNDICE 1. PROPUESTA DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA	27

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

12.1. ANTECEDENTES

12.1.1. DISEÑO PRECEDENTE

12.1.1.1. Documentos de referencia

El último documento aprobado, que sirvió de base para el contrato de ejecución de las obras, es el proyecto modificado nº1 (noviembre 2011), cuyo anejo de geotecnia de las estructuras se redactó como adenda al proyecto constructivo (febrero de 2008). En la conjunción de estos dos documentos, quedaron fijados los criterios y diseños proyectados en la geotecnia de las estructuras. Aun así, también se revisa el proyecto de liquidación en busca de posibles cambios surgidos durante la ejecución de las obras, a fin de adaptar los diseños a las circunstancias reales constatadas hasta su suspensión definitiva.

Las conclusiones deducidas tras la revisión de todos estos documentos son las que se toman como referencia para completar el diseño de la geotecnia de las estructuras en el presente proyecto.

12.1.1.2. Normativa aplicada

El estudio geotécnico de las estructuras se realizó de acuerdo con los siguientes documentos:

- Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras de la Dirección General de Carreteras.
- Recomendaciones para Obras Marítimas, ROM 0.5-05.
- Guía para el Proyecto y Ejecución de Micropilotes en Obras de Carretera, del Ministerio de Fomento.

12.1.1.3. Descripción del diseño

En el estudio geotécnico de las estructuras precedente, se sentaron las bases para el diseño de las cimentaciones.

A grandes rasgos, los cálculos realizados fueron los siguientes:

- Cálculo de la carga de hundimiento frente a acciones verticales de un pilote y micropilote aislado, así como el efecto grupo.
- Cálculo de los asientos producidos por los pilotes y micropilotes tanto aislados como en grupo. No se tuvo en cuenta, en los cálculos, la fricción negativa ya que se consideró que durante la ejecución de las obras se dejaría consolidar el terreno.

12.1.2. ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS

Interrumpidas las obras desde el año 2017 sin haber finalizado, y tras el tiempo transcurrido desde entonces, se han realizado una serie de inspecciones sobre el terreno para constatar su estado actual y las actuaciones que serán necesarias para su terminación.

A continuación, se hace una descripción general sobre el estado de avance en que quedaron las obras y las actuaciones más relevantes que restarían para su terminación según el proyecto precedente con el que fueron contratadas.

12.1.2.1. Estructuras



Estructura E-01

Actualmente la estructura está prácticamente completa (estribos, vigas y tablero), solo a falta de instalar pretiles, ejecutar las losas de transición y el relleno de trasdós de los estribos, con la restitución de los sistemas de impermeabilización que se han visto degradados con el paso del tiempo.

Cerca del estribo sur hay una ODT que habría que prolongar antes de realizar los rellenos del tronco.

Estructura E-02

Sirve de paso sobre el camino de acceso a la ETAP de Sant Joan Despí, y solamente están finalizados los estribos (a falta de rellenar su trasdós), quedando por ejecutar tanto el ensanche del tablero como las losas de transición.

También serán necesarios algunos trabajos de acondicionamiento del tablero existente, que presenta desconchones en sus vigas por impacto de vehículos, además de algún otro desperfecto.



Estructura E-03



Esta actuación consiste en un ensanche de la estructura existente sobre una vía doble de "Ferrocarrils de la Generalitat Catalana" (FGC en adelante). Actualmente se encuentran ejecutados los micropilotes de la cimentación de los estribos, a ambos lados de la carretera C-245, tal como se proyectaba anteriormente. Ahora solo se proyecta el ensanche por la margen oeste, por lo que únicamente serán aprovechables los micropilotes de ese lado, restando por ejecutar el resto de la estructura.

Además, será necesario llevar a cabo trabajos de saneo y reparación del hormigón en los estribos existentes, en zonas donde las armaduras han quedado al descubierto y en paramentos con gran acumulación de suciedad.

Estructura E-04

Esta estructura, que da paso a la futura carretera B-25 sobre una vía simple de FGC, fue ampliada por el oeste para dar cabida al ensanche de la carretera B-25, y está completamente finalizada.

Tras revisar los nuevos condicionantes de este proyecto, se hace necesario contener los derrames de tierras que genera en ambos márgenes la sección ampliada de la B-25 más el trazado del carril-bici acordado con "Àrea Metropolitana de Barcelona" (AMB en adelante).



Estructura E-05

Esta estructura fue ampliada por ambas márgenes. Está completamente finalizada, aunque al igual que en la E-04, requiere contener los derrames de tierras por ambos márgenes.



Estructura E-06

Esta estructura, que sirve de paso sobre el río Llobregat, se encuentra en diferentes fases de ejecución, estando más avanzada hacia su extremo norte. Hay 5 vanos completamente ejecutados, otro a falta de ejecutar la losa superior del tablero y en los 3 últimos vanos ni siquiera se ha ejecutado la ampliación de pilas ni estribos.

Los extremos aguas-arriba de las pilas existentes sin ampliar, presentan unos tajamares en hormigón muy deteriorado que se deberán tratar antes de su ampliación. También se deberá reponer la pantalla anti-socavación aguas abajo en sustitución de la existente.

De forma complementaria para la conclusión de esta estructura, será necesario reacondicionar la ataguía y el vado provisional de obra ejecutados en su momento en el cauce del río Llobregat, así como su retirada final.

Estructura E-07

En esta estructura, continuación de la E-06 hacia el sur y que sirve de paso a un ramal que conecta con la carretera BV-2002, solo se ha finalizado la ampliación de su estribo sur por ambas márgenes. Queda por ejecutar la ampliación del estribo común con E-06 y el tablero completo.



Así mismo, los nuevos condicionantes de proyecto hacen necesaria una elevación de su rasante hacia su estribo sur, lo que se resolverá mediante el recrecido de su pavimento y el refuerzo estructural del tablero original.

Estructura E-08, muros MN-1a, MN-1b y MN-2



Ambos estribos y dos de las tres filas de pilas están completamente ejecutados. Quedarían por ejecutar las pilas centrales, el trasdosado y losa de transición del estribo oeste y el tablero completo.

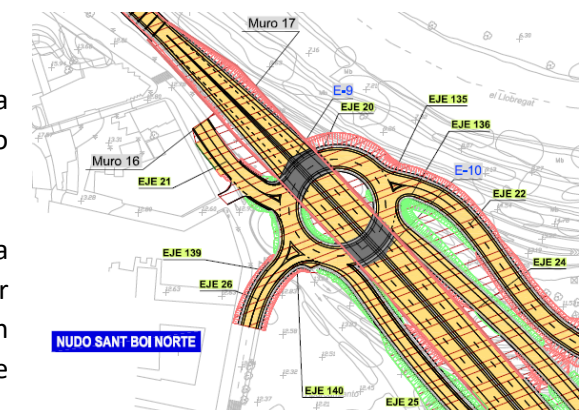
Los nuevos condicionantes surgidos durante la redacción del proyecto actual, han llevado a considerar la demolición de esta estructura y su nueva configuración para el paso de la carretera BV-2002 bajo la B-25, al contrario de como estaba previsto en el proyecto modificado nº1.

Esta estructura engloba 3 tableros independientes (2 para la B-25 y sus ramales, y otro adicional para el carril-bici), y además lleva aparejada la ejecución de 3 nuevos muros para contener las tierras del tronco y así evitar ocupaciones excesivas.

Estructuras E-09 y E-10, muros 16 y 17

Estas estructuras, relacionadas con la glorieta a distinto nivel proyectada originalmente para el nudo de Sant Boi Norte, ni siquiera se llegaron a iniciar.

Los nuevos condicionantes surgidos durante la redacción del proyecto actual, han llevado a modificar la configuración de este nudo como una glorieta con todas sus conexiones al mismo nivel, de modo que estas cuatro estructuras se hacen innecesarias.



Estructuras E-11 y E-12



Estas estructuras dan paso a la calzada anular inferior del nudo Sant Boi – Cornellá (glorieta elíptica) y se encuentran totalmente ejecutadas, pero sin haber entrado en servicio.

Los condicionantes surgidos durante la redacción de este proyecto han llevado a considerar la necesidad de elevar el extremo norte de los dos tableros de la estructura E-11, a fin de ajustarlo a la nueva rasante de la carretera B-25.

Estructuras E-13 y E-14

Estas estructuras dan paso a un camino agrícola del Parque Agrario del Baix Llobregat, bajo la futura carretera B-25 y bajo un vial de servicio paralelo por el este, respectivamente.

Se encuentran totalmente ejecutadas (solo a falta de instalar el sistema de contención en la margen oeste de E-13) y se adaptan a las necesidades actuales del proyecto. Ambas estructuras se encuentran en servicio dando paso a unos desvíos provisionales de obra de la antigua carretera A-16 (en el caso de E-13 este desvío ocupa solo la mitad de la calzada oeste).



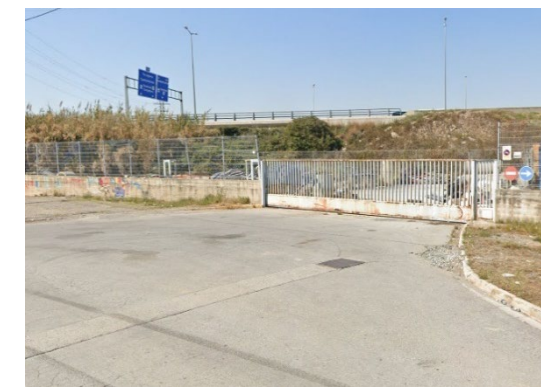
Estructura E-15

Esta estructura, encuadrada en el enlace de Sant Boi Sur, se encuentra totalmente ejecutada y parcialmente en servicio (solo el carril que conecta la C-32 sentido Barcelona con la zona comercial).

Los nuevos condicionantes de proyecto han llevado a reconfigurar la disposición de carriles, aunque esto no requiere modificaciones estructurales.

Estructura E-17, muros 1, 3 y 4

Esta estructura sirve de paso superior sobre la carretera C-32 a un nuevo vial que conecta la C-31c (sentido Sant Boi de Llobregat) con la C-32 (sentido Castelldefels). Se encuentran ejecutados parcialmente los muros de tierra armada de ambos estribos y el cargadero del estribo norte. Quedarían por completar los trasdosados, muros de tierra armada, pila central y el cargadero del estribo sur.



Estructura E-18

Sirve de paso al Centro Direccional desde la Ronda de Ponent en el Prat de Llobregat, pasando bajo la carretera C-31. Se encuentra totalmente ejecutada, solo a falta de realizar su vaciado y acondicionamiento interior. Los hastiales fueron ejecutados mediante pantallas de pilotes desde la propia carretera y la losa ejecutada sobre el terreno.

Estructura E-19

La estructura sirve de paso al vial interno del Centro Direccional sobre una vía ferroviaria de cercanías.

Se encuentran concluidos completamente ambos estribos, restando por ejecutar únicamente el tablero.



Estructura E-20

Está estructura, encuadrada en el enlace de Sant Boi Sur, se encuentra totalmente ejecutada aunque sin haber entrado en servicio.

No serán necesarias actuaciones adicionales para su puesta en servicio.

Estructura E-21

Sirve de paso al vial interno del Centro Direccional sobre la carretera C-31c, y se encuentra totalmente ejecutada, aunque sin haber entrado en servicio.

No serán necesarias actuaciones adicionales para su puesta en servicio.


Estructura E-22


Esta estructura, que sirve de paso para un vial de salida de la zona comercial sobre la carretera C-31c, se encuentra totalmente ejecutado a falta de la losa de transición de su estribo sur.

Muros

A falta de los muros 1, 3 y 4 asociados a la estructura E-17, que aún se deben completar; y los muros 16 y 17, que como se ha expuesto anteriormente no se llegaron a iniciar y ya no resultarán necesarios; el resto de los muros se ejecutaron por completo.

Sin embargo, la nueva configuración de la estructura E-08 hace necesaria la ejecución de 3 nuevos muros en su entorno (MN-1a, MN-1b y MN-2), a fin de contener los derrames de la carretera B-25 por ambos márgenes, además de permitir adosar por el oeste el carril-bici a una cota inferior.

Nuevas estructuras EN-1, EN-2, EN-3 y EN-4

De una actualización de los criterios de proyecto, se ha constatado la necesidad de actuar sobre 4 estructuras existentes no previstas en el proyecto de referencia. Se trata de las estructuras que dan paso a la B-25 sobre la carretera C-31c, sobre el acceso a Alcampo y sobre la C-32, así como el acceso existente al Parque Agrario al oeste de la E-15. En estos casos se proyecta la sustitución de los sistemas de contención instalados por unos que cumplan con la actual normativa de aplicación (OC 35/2014), para lo que se hace necesario su estudio estructural y eventual refuerzo.

Nueva estructura EN-5

Tras revisar el trazado del vial que sirve de salida desde el Parque Agrario hacia la E-15 en el enlace de Sant Boi Sur, se hace necesario re-encajarlo de modo que su trazado y sección sean los adecuados para la circulación y maniobra de los vehículos de grandes dimensiones que previsiblemente circularán por él. En consecuencia, se hace necesario ampliar la losa existente sobre una acequia de riego existente, que sirva de paso a este vial con su trazado y anchura actuales.

Canal de drenaje Ronda de Ponent

En el entorno Polígono Industrial Enkalene (El Prat de Llobregat), queda pendiente la ejecución de un canal de drenaje de pluviales soterrado que recorre su perímetro oeste bajo la Ronda de Ponent hasta

cruzar bajo la Avenida Once de Septiembre, donde conecta con un canal de desagüe en tierras existente.

12.1.3. CAMBIOS NORMATIVOS

Desde la fecha de redacción del proyecto constructivo precedente (febrero 2008) hasta la actualidad, se han producido numerosos cambios en la normativa de carreteras, que se han tenido en consideración para tratar de adaptar el proyecto a los nuevos criterios, siempre que así sea preceptivo y técnicamente viable. A continuación, se expone un listado de las publicaciones normativas potencialmente aplicables, posteriores a febrero de 2008, referentes a la geotecnia:

- Guía para el proyecto de cimentaciones en obras de carretera con EUROCÓDIGO 7: CIMENTACIONES SUPERFICIALES.
- Guía para el proyecto de cimentaciones en obras de carretera con EUROCÓDIGO 7: BASES DEL PROYECTO GEOTÉCNICO.
- GUÍA DE CIMENTACIONES EN OBRAS DE CARRETERAS (3ª edición revisada 2009).

12.1.4. ALCANCE DE LOS TRABAJOS CONTRATADOS

Dentro del ámbito de actuación recogido en la vigente orden de estudio, respecto a la geotecnia de las estructuras se contemplan las siguientes directrices, según transcripción literal del documento de alcance vigente:

Tras el análisis de la totalidad de los Proyectos previos disponibles se propondrá una campaña geotécnica complementaria, a base de sondeos mecánicos, en las estructuras donde resulta necesario confirmar o completar la información geotécnica.

Asimismo, se realizarán 25 ensayos presiométricos en interior de sondeo.

La campaña geotécnica será supervisada por técnicos de Ineco, y a partir de sus resultados se elaborarán perfiles geológico-geotécnicos de detalle de las estructuras y se definirán sus condiciones de cimentación.

Para el diseño de las cimentaciones y la comprobación de los asentos totales y diferenciales se seguirán las recomendaciones de la Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras del Ministerio de Fomento.

12.2. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto de este proyecto consiste en la terminación de las obras ejecutadas entre 2009 y 2017, tomando como referencia el proyecto constructivo de 2008 y sus posteriores modificaciones.

Las actuaciones a realizar consistirán, fundamentalmente, en completar la transformación de las actuales carreteras C-245 y A-16 en la autovía B-25, en una longitud de unos 2300 m, entre el enlace con la autovía A-2, al norte, próximo a Cornellá de Llobregat, y el enlace con la autopista C-32 al sur (al

este de la estructura E-17 esta misma carretera pasa a denominarse B-20), así como la ejecución del Canal Ronda de Ponent, tal y como se aprecia en la siguiente imagen:



Para ello se han proyectado, además, dos hincas en el polígono del Prat y en la estación de Sant Boi.

En conjunto, las obras requerirán ejecutar una estructura completa (E-03) y completar en diferentes grados otras ocho (E-01, E-02, E-06, E-07, E-17, E-18, E-19 y E-22) con un diseño similar al primitivo, además del canal de drenaje de la Ronda de Ponent y algunas actuaciones de reparación de las estructuras existentes. Por otra parte, los nuevos criterios de proyecto implican la demolición de la estructura E-08 y su nueva configuración para dar paso a la carretera B-25 sobre la BV-2002; 3 nuevos muros en el entorno de esta estructura (MN-1a, MN-1b y MN-2); la modificación de los tableros de otras dos (recrecido más refuerzo de la E-07 e izado del extremo norte de la E-11); sustitución de sistemas de contención en 4 nuevas estructuras (EN-1, EN-2, EN-3 y EN-4); una losa sobre una acequia de riego existente (EN-5). Por el contrario, se hace innecesaria la ejecución de las estructuras proyectadas para el nudo de Sant Boi Norte en su configuración original (E-09, E-10 y muros 16 y 17).

Estas estructuras se describen y justifican de forma detallada en el Anejo nº13. Estructuras, de este Proyecto.

Desde el punto de vista de la organización de este documento, en los siguientes apartados se recogen los criterios de diseño generales y los métodos de cálculo empleados para la definición de los tipos de cimentación.

De manera preliminar se han propuesto dos tipos de cimentaciones diferentes: cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas por medio de pilotes. La elección entre una u otra se ha basado en una serie de factores tales como la cota de aparición del terreno competente, la posición relativa del nivel freático y los posibles condicionantes de ejecución (excavaciones, saneos, etc.). En general, cuando el estrato considerado como competente y apto para recibir las cargas de estructura se ha encontrado a profundidades inferiores a 4,0 m, se ha propuesto una cimentación de tipo superficial.

Con relación a la organización metodológica del estudio de cimentaciones de las estructuras, cada una de ellas incluye los siguientes subapartados:

- Descripción y situación de la estructura.
- Reconocimientos efectuados.
- Estratigrafía y nivel freático.
- Soluciones de cimentación.

12.3. INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE DE PROYECTOS PREVIOS

Para la redacción del “Proyecto de Trazado del Proyecto de Terminación de las Obras de la Prolongación de la Autovía del Baix Llobregat. Tramo: Ronda Litoral - Autopista A-16”, se dispone de la información procedente de los proyectos previos realizados en la zona.

La cuantía y tipología de estos reconocimientos, así como sus principales características, se encuentran recogidas en el Anejo nº 7. Estudio geotécnico del corredor.

La información aportada por varios de ellos ha sido de utilidad para la propuesta de cimentación de las estructuras, tal y como se recoge en el siguiente cuadro. Cabe señalar que las recomendaciones que aquí se dan son susceptibles de variar, ya que aún no se ha ejecutado la campaña de estructuras.

12.3.1. TABLA RESUMEN INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS REALIZADAS, POR ESTRUCTURA

En la siguiente tabla se recogen las investigaciones disponibles para cada una de las estructuras que se definieron inicialmente en el Proyecto Constructivo, las cuales aportarán información para la fase de proyecto actual.

ESTRUCTURA	ESTRIBO	RECONOCIMIENTOS PROYECTOS PREVIOS PARA CADA ESTRUCTURA		
		CAMPAÑAS PREVIAS	CAMP. COMPL. TERRAPLÉN (2009)	CAMP. COMPL. ESTRUCT (2009)
E-1	Derecho	PD-91		PZES 1-1 (27,35m)
	Izq.	SE-8-01		
E-2	Derecho	SE-8-02		

ESTRUCTURA	ESTRIBO	RECONOCIMIENTOS PROYECTOS PREVIOS PARA CADA ESTRUCTURA		
		CAMPAÑAS PREVIAS	CAMP. COMPL. TERRAPLÉN (2009)	CAMP. COMPL. ESTRUCT (2009)
	Izq.			
E-3	Derecho	SE-6-04, PD-90		PZES 3-1 (8,83 m)
	Izq.	SE-6-05		
E-4	Derecho	SE-7-02, PD-87		
	Izq.	PD-89		
E-5	Derecho	PD-86		
	Izq.	PD-88		
E-6 y E-7	Estribo 1	SE-30, SE 1-01, PD-60, PD-50		SES-7-1 (30 m)
	Pilas	SE 1-02, SE-6-01 al SE-6-22, SE-7-01 y 02		PZES 6-2, SES-6-3 (45 m), SES-6-2 (45 m), PZES 6-1, SES-6-1 (45 m)
	Estribo 2	SE-20 (47,5 m), PD-34		
E-8	Izq.	SR-36, PD-64		
	Derecho	SR-22, PD-42		
E-9				SES-9-1 (40,1 m), PZES 9-1
E-10		SE-35		
E-11 (NUDO SANT BOI-CORNELLÀ)	Derecho	SR-24, PD-41	S-2	
	Izq.	PD-66, PD-65	PZ-6	
E-12 (NUDO SANT BOI-CORNELLÀ)	Derecho	PD-38, PD-67, CE-123	S-3, PZ-4	
	Izq.	SE-37, PD-40	PZ-5	
E-13	Izq.	SR-26 (39 m), PD-51		SES 13-1
E-14	Derecho	CE-122, PD-68		
E-15	Izq.			SES 15-1 (30 m), PZES 15-1 (28,07 m)
	Derecho	SE-34, PD-71		
E-17	Izq.	SE-39, PD-75 (cercanos)		PZES 17-1 (14,12 m)
	Derecho			
E-18	Izq.	SE-42, PD-81		
	Derecho	CE-124		SES-18-1
E-19	Izq.	SR-21, CE-125, PD-24, PD-82	PZ-7	
	Derecho		S-1, PZ-3	
E-20	Izq.	PD-22	S-4	
	Derecho	SE-32, PD-72, CR-107	PZ-1	
E-21	Izq.	SE-3-04, CE-126, PD-83	S-6, PZ-2	
	Derecho	SE-41, PD-84, PE-3-04		
E-22	Izq.	SE-38, PD-74, CE-6-13, CE-6-14		
	Derecho			
MUROS				
NUEVO MURO. P.K. 1+335-1+470		SR-22, PD-42		

ESTRUCTURA	ESTRIBO	RECONOCIMIENTOS PROYECTOS PREVIOS PARA CADA ESTRUCTURA		
		CAMPAÑAS PREVIAS	CAMP. COMPL. TERRAPLÉN (2009)	CAMP. COMPL. ESTRUCT (2009)
NUEVO MURO. P.K. 1+350-1+470		SE-36, PD-64 (cercanos)		
MURO 1				
MURO 2				
MURO 3		PD-75		PZES 17-1 (14,12 m)
MURO 4		SE-39, SE-4-01, PD-75		
MURO 6				
MURO 7		-		-
MURO 11				
MURO 12		PD-44, CR-103		
MURO 14				
MURO 15		SR-22, PD-42		
MURO 16				SES-9-1, PZES 9-1
MURO 17				
CANAL RONDA PONENT				
RECONOC. DISPONIBLES	SES 18-1, SR-23, SE3-08, CR-111, PD-27, PD-32			
HINCAS				
No se dispone de reconocimientos en la zona de ubicación de las hincas a realizar				

Reconocimientos procedentes de los estudios previos.

Como se ha indicado con anterioridad, esta información será completada tras la realización de la campaña geotécnica de estructuras, cuya propuesta se incluye al final de este anejo.

12.4. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

En el Anejo nº 7. Estudio geotécnico del corredor, se ha realizado la caracterización geotécnica de las diferentes unidades observadas a lo largo de la traza. En el mismo, se proponen los siguientes parámetros geotécnicos:

MATERIALES	N ₃₀	CONTENIDO MEDIO EN FINOS (%)	LÍM. LÍQUIDO	ÍNDICE PLÁSTIC.	DENSIDAD APARENTE (t/m ³)	HUMEDAD NATURAL (%)	RESIST. A COMPR. SIMPLE (kp/cm ²)	Cu (kp/cm ²)	COHESIÓN EFECTIVA (kp/cm ²)	ROZ, INTERNO EFECTIVO (*)	MÓDULO DE DEFORM. (MPa)
Rellenos antrópicos compactados (RA-1)	-	-	-	NP	2,00	-	-	-	0,15	31	-
Depósitos aluviales finos (Q(F))	0 – 47 (13)	82,6	28,5	9,3	2,00	24,9	1,03	0,51	0,33	26 - 30	3,3 – 5,0
Depósitos aluviales gruesos (Q(G))	3 – R (22)	11	17,9	4,43	2,01	16,2	0,43	0,22	0,06	36	23,2 - 34,5

Cuadro resumen con los parámetros geotécnicos a adoptar.

12.5. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

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

Los cálculos justificativos se presentarán una vez se disponga de la información que proporcione la campaña geotécnica cuya propuesta se incluye al final del anejo.

12.5.1. CIMENTACIÓN DIRECTA EN SUELOS

Las formaciones geológicas existentes en la zona de estudio presentan un comportamiento tanto granular Q(G)), como de tipo cohesivo (Q(F)), por lo que los cálculos para determinar la tensión admisible se realizarán con las formulaciones propias de suelo granulares y cohesivos.

Se considera tensión admisible del terreno aquella con la que el coeficiente de seguridad de la cimentación frente al hundimiento del terreno es suficiente (igual o superior al límite habitual de valor igual a 3).

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

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

Determinación de la carga de hundimiento del terreno

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

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

Donde:

qh = carga de hundimiento

C = cohesión del suelo considerado

q = carga uniformemente distribuida por encima del plano en el que apoya la zapata

γ = peso específico del suelo

B = ancho de la zapata

Nc, Nq, N γ = coeficientes adimensionales, que dependen del ángulo de rozamiento interno.

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

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

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

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

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

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

$$N_\gamma = (N_q + 1) \tan \phi$$

Siendo:

ϕ = ángulo de rozamiento interno del terreno

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

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

$$qh = 5,14 C_u / F + q$$

Siendo “Cu” la resistencia al corte sin drenaje del terreno y “q”, la sobrecarga de tierras debida a la profundidad de apoyo.

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

Cálculo de asientos

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

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

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

Siendo:

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

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

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

p: la carga aplicada.

E: el módulo de elasticidad.

ν : coeficiente de Poisson.

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

$$s_i = s(z_i) - s(z_{i+1})$$

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

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

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

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

12.5.2. CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES EN SUELOS

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

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

Donde:

Q_p : carga de hundimiento por punta.

Q_f : carga de hundimiento por fuste.

A su vez:

Q_p : $q_p \cdot A_p$.

Q_f : $\tau_f \cdot A_f$.

q_p : resistencia unitaria por punta.

A_p : área de la punta del pilote.

τ_f : resistencia unitaria por fuste.

A_f : área del fuste del pilote.

- **Resistencia unitaria por punta**

- Suelos granulares: q_p (MPa) = 0,2 N (Código Técnico de la Edificación)
- Suelos cohesivos: $q_p = 9 C_u f_d$ (Guía de cimentaciones en obras de carreteras)
- A partir de los resultados obtenidos en ensayos presiométricos (Código Técnico de la Edificación y Guía de cimentaciones en obras de carreteras):

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

- **Resistencia unitaria por fuste**

- Suelos granulares: τ_f (kPa) = 1,6N+6 (expresión de Decourt)
- Suelos cohesivos: τ_f (kp/cm²) = 0,21+ 0.2535/ C_u (Stas y Kulhawy 1984)
- A partir de los resultados obtenidos en ensayos presiométricos (Código Técnico de la Edificación): $\tau_f = 1/10 (p_l - K_o \cdot p_o)$

Siendo:

N: índice SPT representativo del nivel geotécnico considerado.

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

p_l : presión límite del ensayo presiométrico.

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

K_o : coeficiente de empuje al reposo.

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

- **Carga admisible**

La carga admisible viene dada por la expresión:

$$Q_{adm} = \frac{Q_p}{F_p} + \frac{Q_f}{F_f}$$

Donde:

Q_p : Carga de hundimiento por punta.

Q_f : Carga de hundimiento por fuste.

F_p y F_f : Factores o coeficientes de seguridad frente al hundimiento por punta y fuste.

Q_{adm} : Carga admisible del terreno.

Se han adoptado los siguientes valores de los coeficientes de seguridad:

$$F_p = 3 \quad F_f = 2$$

12.5.3. COEFICIENTE DE BALASTO

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

12.5.3.1. Coeficiente de balasto vertical

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

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

Siendo:

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

q_u : Resistencia a compresión simple (kp/cm²)

La transformación del módulo de balasto K_{30} al correspondiente a las dimensiones de la cimentación, se realiza según la siguiente formulación del Código Técnico de la Edificación:

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

a) Terrenos cohesivos

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

b) Terrenos granulares

$$K_B = K_{30} [(B+0.3)/2B]^2$$

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

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

Siendo:

$$K_B = K_{30} 0.3/B$$

12.5.3.2. Coeficiente de balasto horizontal en pilotes

Para el caso del coeficiente de balasto horizontal, se han adoptado las siguientes correlaciones para el caso de pilotes, en función de su diámetro, según el Código Técnico de la Edificación:

- Suelos cohesivos: $K_H = 67 C_u / D$
- Suelos granulares: $K_H = n_h Z / D$

Siendo:

C_u : Resistencia al corte sin drenaje

D : Diámetro del pilote

n_h : Valor que se obtiene de la siguiente tabla, en función de la compacidad del terreno.

Tabla F.5.- Valores de " n_h " en MPa/m ³		
Compacidad de la arena	Situación respecto al nivel freático	
	Por encima	Por debajo
Floja	2	1,2
Media	5	3
Compacta	10	6
Densa	20	12

En función del resultado de ensayos presiométricos:

$$K_H = \alpha E_p / D$$

Siendo:

E_p : Módulo presiométrico

D : Diámetro del pilote

α : Factor adimensional que depende del tipo del terreno (oscila entre 1,5 para arcillas y 3 para suelos granulares)

12.5.4. RECOMENDACIONES GENERALES DE CIMENTACIÓN

Al margen de los estudios particulares de cada cimentación; que se realizarán en la siguiente fase una vez se disponga de la campaña geotécnica específica de las estructuras; a continuación, se establecen una serie de recomendaciones de tipo general a tener en cuenta en su ejecución y diseño.

12.5.4.1. Zapatas

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

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

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

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

El fondo de las excavaciones deberá ser inspeccionado por algún técnico especializado que confirme los supuestos del proyecto antes de proceder al hormigonado.

12.5.4.2. Pilotes

El tipo de pilote que se recomienda adoptar en función de las características del terreno en la zona donde se han proyectado cimentaciones profundas es hormigonado in situ, con entubación recuperable hasta alcanzar el sustrato competente.

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

12.6. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PRELIMINARES PARA LA CIMENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

En este apartado se dan las recomendaciones preliminares de cimentación de las diferentes estructuras proyectadas, teniendo en cuenta que no se dispone de los resultados de la investigación geotécnica de las estructuras propuesta para este proyecto.

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

- Investigaciones geotécnicas realizadas y recopiladas para el estudio de la cimentación (sondeos, ensayos de penetración dinámica y calicatas).
- Cota del nivel freático: posición de los niveles de agua detectados en los sondeos ejecutados en el área de estudio, o próximos a ella.
- Tipología de cimentación recomendada (directa o profunda).
- Identificación del terreno considerado como horizonte resistente, sobre el que se recomienda apoyar la cimentación y se resumen sus características geotécnicas.
- Agresividad del subsuelo al hormigón.

12.6.1. AGRESIVIDAD

Para determinar la agresividad del suelo en la zona de estudio, se han analizado los ensayos de contenido en sulfatos procedentes de las campañas previas realizadas en la zona, con los resultados que se muestran a continuación:

Ensayo	Unidad Geotécnica	Valor máximo	Valor mínimo	Valor medio	Nº Datos
IÓN SULFATO (mgSO42-)	Q (F)	0,23	0,00	0,02	10
	Q (G)	0,16	0,00	0,03	6

Cabe señalar que no se dispone de ningún ensayo de acidez Baumann-Gully, los cuales está previsto que se realicen en la campaña propuesta para las estructuras, y completarán este análisis.

Respecto a la agresividad del suelo al hormigón, las muestras ensayadas indican un contenido en sulfatos nulo o muy bajo, por lo que **no presentarían agresividad al hormigón**.

Tan sólo en una muestra tomada en el sondeo SR-22 a 12,0 m de profundidad, se ha detectado un valor del contenido en sulfatos que presentaría Tipo de Exposición o Ataque débil (Qa), el cual no se considera representativo.

Respecto a la agresividad de las aguas al hormigón, no se dispone de ensayos, por lo que no es posible determinar la agresividad del agua freática. Está prevista la toma de muestra y su ensayo en los sondeos de la campaña de estructuras.

12.6.2. TIPOLOGÍA DE CIMENTACIÓN RECOMENDADA

Se incluye, a continuación, una tabla con las recomendaciones geotécnicas de cimentación propuestas para las principales estructuras proyectadas, habiéndose particularizado para aquéllas en las que se vaya a realizar una cimentación.

Cabe señalar que las recomendaciones de cimentación realizadas en esta fase se basan en las investigaciones geotécnicas disponibles de las campañas previas. En la siguiente fase de redacción se estudiarán, de forma individualizada, las estructuras contempladas en función de los nuevos reconocimientos que serán propuestos para las estructuras, al final de anejo.

Estructura	PPKK	Tipología	Tipo de Actuación	Longitud entre apoyos (m)	Luces de vanos (m)	Anchura (m)	Reconocimientos campañas previas	Prof. Nivel freático (m)	Terreno existente	Agresividad al hormigón	Tipología cimentación
E-3	0+745-0+788 (Eje 191)	Tablero isostático de vigas doble "T" prefabricadas con estribos convencionales y pilas micropilotados.	Ampliar el tablero, las pilas y los estribos, añadir nuevos sistemas de contención y acabados.	44,30	12.85+19.33+12.11	Variable (>35.5)	SE-6-04, PD-90, SE-6-05, PZES 3-1	-	RA-1, RA-2	No agresivo	Profunda. Micropilotes
E-6	1+617-1+809 (Eje 1)	Tablero isostático de vigas doble "T" prefabricadas con estribos convencionales y pilas pilotados.	Ejecutar estribo 1, ampliaciones por amabos lados de pilas y tableros de 3 vanos, losa de ampliación de 1 vano más, conexión entre tableros, nuevos pretilas, añadir tubería y prisma de teleco y acabados.	192,03	21.54+7*21.30+21.39	35,35	SE-30, SE 1-01, PD-60, PD-50, SE 1-02, SE-6-01 al SE-6-22, PZES 6-2, SES-6-3, SES-6-2, PZES 6-1, SES-6-1	3,50	QA, RA-1	No agresivo	Profunda. Pilotes $\phi=1,0$ m
E-7	1+598-1+614 (Eje 1)	Tablero isostático de vigas-losa con estribos convencionales pilotados.	Ejecutar estribo 2 y ampliaciones a ambos lados de tablero, añadir sistemas de contención y acabados.	15,86	15,86	35,40	SE-7-01, SE-7-02, SE-20 (47,5 m), PD-34, SES-7-1	-	RA-1	No agresivo	Profunda. Pilotes $\phi=1,0$ m
E-8a	0+223-0+259 (Eje 315)	Tablero isostático de vigas doble "T" prefabricadas con estribos cargaderos sobre muros de suelo reforzado y pila pilotada.	Ejecutar Estructura completa para paso de carril bici sobre BV-2002.	32,56	16.17-16.40	5,00	SR-36, PD-64, SR-22, PD-42	14,15	Q (F), RA-1	No agresivo	Profunda. Pilotes $\phi=0,8$ m
E-8b	0+167-0+200 (Eje 12)	Tablero isostático de vigas doble "T" prefabricadas con estribos cargaderos sobre muros de suelo reforzado y pila pilotada.	Ejecutar Estructura completa para paso de ramal sobre BV-2002.	32,68	16.22-16.46	12,55					
E-8c	1+308-1+345 (Eje 1)	Tablero hiperestático tipo losa con estribos cargaderos sobre muros de suelo reforzado y pila pilotada.	Ejecutar Estructura completa para paso de tronco y ramal sobre BV-2002.	37,09	18.84-18.25	Variable (>37.5)					
E-17	0+361-0+428 (Eje 56)	Tablero isostático de viga artesa prefabricada con estribos cargaderos sobre muros de de suelo reforzado y pila micropilotada.	Ejecutar tablero y pila completos, construir cargadero de estribo 2, acabar muros de suelo reforzado de los 2 estribos y acabados.	67,17	36.20-30.97	8,90	SE-39, PD-75, PZES 17-1 (14,12 m)	-	RA-1	No agresivo	Profunda. Micropilotes
EN-5	0+143-0+165 (Eje 269)	Losa Pilotada.	Ejecutar nueva Estructura completa sobre acequia existente para el paso de nuevo ramal.	-	-	-	SE-34, PD-71	13,10	Q (F)	No agresivo	Profunda. Pilotes

Recomendaciones para la cimentación de las estructuras.

12.7. PROPUESTA DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA LAS ESTRUCTURAS

12.7.1. INTRODUCCIÓN

Tras analizar la información geotécnica disponible se ha estimado que, debido a la naturaleza de los terrenos que constituyen el sustrato de apoyo de las estructuras y la tipología recomendada para las cimentaciones de las obras a realizar, serán necesarios nuevos reconocimientos.

En función de las características del proyecto objeto de estudio, se presenta una propuesta de campaña de campo y de ensayos de laboratorio, con el objetivo de dar respuesta a todos los condicionantes geológico-geotécnicos de proyecto, característicos de una obra de carácter lineal, completando la información existente procedente de la campaña del corredor.

Esta campaña se define atendiendo a los siguientes objetivos:

- Definir los parámetros resistentes y deformacionales del terreno necesarios para el dimensionamiento geotécnico de las cimentaciones de estructuras.
- Investigar la posición del nivel freático y la permeabilidad de los terrenos atravesados por el trazado.

Para todo ello, se prevé también la realización de ensayos de laboratorio sobre muestras tomadas de los sondeos y calicatas, con objeto de caracterizar geotécnicamente los materiales afectados por el trazado.

Para realizar la presente propuesta de campaña geotécnica, técnicos especializados de INECO visitaron la zona de estudio para su inspección.

El número y posición de los puntos donde se ejecutarán los reconocimientos responde a criterios de representatividad del subsuelo y a la accesibilidad de la maquinaria y/o personal utilizado en cada uno de los casos, aunque puede estar sujeto a modificaciones.

12.7.2. INVESTIGACIONES DE CAMPO PROPUESTAS

En función de lo anteriormente indicado y siguiendo, en la medida de los posible, la “Nota de Servicio 3/2012. Recomendaciones sobre la campaña geotécnica en los proyectos de la Dirección General de Carreteras”, se plantea la siguiente campaña geotécnica para todas las actuaciones a realizar en el ámbito del Proyecto de Terminación:

- Trece (13) sondeos mecánicos a rotación con una longitud mínima de 15,0 m y una longitud máxima de 50,0 m, con total de 336,0 m de perforación. Se valorará la ejecución de ensayos presiómétricos en función de la tipología de la cimentación y de las litologías a perforar.
- Veintinueve (29) ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH.
- Treinta y una (31) Calicatas mecánicas con pala retroexcavadora.

- 200 ml de prospección mediante geo-radar, para localizar el canal existente.
- Ensayos de laboratorio.

En las siguientes tablas se describirán los reconocimientos propuestos, su localización, los objetivos perseguidos y su profundidad, para cada una de las estructuras a estudiar en las diferentes zonas de proyecto. La propuesta de campaña completa se recoge en el Apéndice 1.

Su ubicación en planta puede ser consultada en el Plano 1, mientras que en el Plano 2 se presentan los perfiles de las citadas estructuras.

12.7.2.1. Propuesta de campaña geotécnica para las estructuras

Estructura	PPKK	Reconocimientos campañas previas	Terreno existente	Propuesta de campaña
E-3	0+745-0+788 (Eje 191)	SE-6-04, PD-90, SE-6-05, PZES 3-1	RA-1, RA-2	SC-E3-01. Prof=50,0 m
E-6	1+617-1+809 (Eje 1)	SE-30, SE 1-01, PD-60, PD-50, SE 1-02, SE-6-01 al SE-6-22, PZES 6-2, SES-6-3, SES-6-2, PZES 6-1, SES-6-1	QA, RA-1	SC-E6-02. Prof=50,0 m
E-7	1+598-1+614 (Eje 1)	SE-7-01, SE-7-02, SE-20 (47,5 m), PD-34, SES-7-1	RA-1	SC-E7-01. Prof=50,0 m
E-8a	0+223-0+259 (Eje 315)	SR-36, PD-64, SR-22, PD-42	Q (F), RA-1	-
E-8b	0+167-0+200 (Eje 12)			
E-8c	1+308-1+345 (Eje 1)			
E-17	0+361-0+428 (Eje 56)	SE-39, PD-75, PZES 17-1 (14,12 m)	RA-1	SC-E17-01. Prof=35,0 m
EN-5	0+143-0+165 (Eje 269)	SE-34, PD-71	Q (F)	-
Marco Canal de Ponent	-	SES 18-1, SR-23, SE3-08, CR-111, PD-27, PD-32	Q (F), Q (G)	SC-1. Prof= 15,0 m SC-2. Prof= 15,0 m SC-3. Prof= 15,0 m SC-4. Prof= 15,0 m

Propuesta de campaña de estructuras.

Además de los reconocimientos antes indicados para cada una de las estructuras, se han previsto los siguientes para otras zonas del proyecto como son: el Canal Ronda Ponent y dos hincas para el paso de líneas eléctricas de MT de ENDESA. Además, se ha previsto el estudio de permeabilidad para unas balsas de infiltración, a ubicar en la zona de la estructura E-8 y una partida alzada para las pantallas acústicas, tal y como se describe en los siguientes apartados.

12.7.2.2. Propuesta de campaña geotécnica Canal Ronda Ponent

Para la propuesta de campaña geotécnica del Canal Ronda Ponent, la Nota de Servicio 3/2012 no sería de aplicación. No obstante, la campaña propuesta se ha asimilado a la que se definiría para los rellenos, en base a la citada Nota de Servicio, lo que se considera del lado de la seguridad.

A la hora de plantear la campaña, se han seguido las siguientes premisas:

- 1 sondeo de 15,0 m de profundidad cada 200 m de trazado, aproximadamente.
- 1 ensayo de penetración dinámica tipo DPSH y 1 calicata mecánica entre los sondeos.

En base a lo anteriormente indicado, se plantea la siguiente campaña geotécnica:

- Cuatro (4) sondeos mecánicos a rotación, con longitudes de 15,0 m y un total de 60,0 m de perforación.
- Seis (6) ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH, incluyendo 1 DPSH en la zona intermedia del trazado.
- Cinco (5) Calicatas mecánicas con pala retroexcavadora, incluyendo 1 calicata en la zona intermedia del trazado. Asimismo, se han planteado una partida alzada de 5 calicatas para la ubicación del canal de drenaje existente.
- 200 ml de prospección mediante geo-radar, para localizar el canal existente.
- Ensayos de laboratorio.

La nomenclatura utilizada será “SC-1” para denominar los sondeos, “CC-1” para las calicatas mecánicas y “PC-1” para los ensayos de penetración dinámica.

La propuesta de emplazamiento para las investigaciones propuestas ha estado condicionada por la existencia de accesos.

Su ubicación en planta puede ser consultada en el Apéndice 1.

12.7.2.3. Propuesta Campaña geotécnica para las hincas

Respecto a las posibles hincas a realizar, la primera de ellas se ubicaría en el ámbito de la estación de Sant Boi, mientras que la segunda estaría en la zona del polígono del Prat.

Para la propuesta de campaña geotécnica en la zona de las hincas, se han seguido los “*Criterios de valoración técnica a tener en cuenta en las resoluciones/informe de autorizaciones de cruces subterráneos (hincas) de la Demarcación de carreteras del Estado en Madrid*”, realizado por Ineco en 2014.

Así, a partir de las recomendaciones incluidas en el citado documento, se ha planteado la siguiente campaña geotécnica:

- Cuatro (4) sondeos mecánicos a rotación (uno en cada pozo de entrada/salida de las hincas), con longitudes de 18,0 a 20,0 m y un total de 76,0 m de perforación, a confirmar cuando se disponga de las características de cada hinca.

La nomenclatura utilizada será “SH-1” para denominar los sondeos pudiéndose consultar, su ubicación en planta, en el Apéndice 3.

12.7.2.4. Propuesta de campaña de permeabilidad en las balsas de infiltración

Dada la ausencia de prospecciones en el ámbito donde está previsto que se ubiquen las balsas, se propone la perforación de un sondeo de 15,0 m y 4 calicatas, a efectos de disponer de un elemento que permita acceder a la zona saturada en el área de los trabajos, y que posibilite la toma de datos de nivel freático y/o la toma de muestras de agua (en caso necesario).

Asimismo, la perforación de dicho sondeo permitirá también la realización de ensayos de permeabilidad in situ, además de la toma de muestras de testigo, para su análisis granulométrico. Esto está encaminado a determinar los parámetros hidrogeológicos del entorno concreto de la balsa y completar su caracterización hidrogeológica.

El desglose de la campaña propuesta para todas las actuaciones a realizar en el ámbito del Proyecto de Terminación se presenta en la siguiente tabla resumen:

	Sondeos	m de perforación	Catas	DPSH
MEDICIÓN CAMPAÑA ESTRUCTURAS:	4	185,0	4	7
MEDICIÓN CAMPAÑA PANTALLAS ACÚSTICAS:			13	16
MEDICIÓN ESTUDIO PERMEABILIDAD BALSAS:	1	15,0	4	
MEDICIÓN CANAL DEL PRAT:	4	60,0	10	6
MEDICIÓN HINCAS (ESTACIÓN DE SANT BOI Y POLÍGONO DEL PRAT)	4	76,0		
TOTALES:	13	336,0	31	29

Medición de la campaña geotécnica propuesta.

12.7.2.5. Sondeos

Los sondeos geotécnicos se caracterizan por su pequeño diámetro, y por su ligereza, versatilidad y fácil desplazamiento de las máquinas.

La extracción de testigo es continua y el porcentaje de recuperación de testigo con respecto a la longitud perforada puede ser muy alto, Los sondeos deberán alcanzar el nivel del sustrato más profundo que pudiera verse afectado por la actuación a realizar.

Se realizarán ensayos de resistencia del terreno en el interior de los sondeos, con su correspondiente toma de muestra (SPT, Muestras Inalteradas y Testigos parafinados).

Sobre las muestras del terreno obtenidas en los reconocimientos propuestos, se realizarán una serie de ensayos de laboratorio que permitan la correcta comprensión geológica-geotécnica del área de estudio.

Los sondeos propuestos para esta campaña son los siguientes:

Sondeo	Profundidad (m)	Coordenadas		Objetivo
		X	Y	
SC-E3-01	50,0	420801,17	4578143,66	Estudio de la cimentación de la estructura E-3. Realización de perfiles geotécnicos.
SC-E6-01	50,0	420625,71	4577705,24	Estudio de la cimentación del estribo aguas debajo de la estructura E-6. Realización de perfiles geotécnicos.
SC-E7-01	50,0	420751,81	4577921,41	Estudio de la cimentación del estribo aguas arriba de la estructura E-7. Realización de perfiles geotécnicos.
SC-E17-01	35,0	421568,01	4576134,04	Estudio de la cimentación del estribo derecho de la estructura E-17. Realización de perfiles geotécnicos.
SB-1	15,0	En función de la ubicación final de las balsas		Estudio de la permeabilidad en la zona de ubicación de las balsas.
SC-1	15,0	422759,05	4575129,95	Sondeos para el estudio de la cimentación del Canal Ronda Ponent
SC-2	15,0	422650,94	4574784,42	
SC-3	15,0	422721,88	4574621,67	
SC-4	15,0	422900,84	4574332,18	
SH-1	20,0	420000,00	4577877,00	Hinca estación de sant Boi: 1 sondeo de 20 m en cada pozo, dado que se prevé que la hinca sea profunda (paso bajo 17errocarril y canal de regantes). No se contemplan reconocimientos intermedios, dado que se trata de vía de ferrocarril.
SH-2	20,0	420000,00	4577828,00	
SH-3	18,0	422747,00	4574586,00	Hinca polígono del Prat: 1 sondeo de 18 m en cada pozo.
SH-4	18,0	422687,00	4574572,00	

Tabla resumen de los sondeos propuestos en el ámbito de proyecto.

12.7.2.6. Calicatas mecánicas

Las calicatas consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ.

Tienen la ventaja de que permiten acceder directamente al terreno, pudiéndose observar las variaciones litológicas, estructura, discontinuidades, etc., así como tomar muestras de gran tamaño para la realización de ensayos y análisis.

Las calicatas son uno de los métodos más utilizados en las investigaciones geotécnicas debido a su bajo coste y rapidez de realización. Sin embargo, cuentan con varias limitaciones, como son la profundidad a alcanzar, que no puede exceder de unos 4 m, la excavabilidad del terreno con medios mecánicos y la presencia de agua, que limita su utilidad.

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de las calicatas a propuestas para los muros y las balsas de infiltración, así como las propuestas para el estudio del terreno bajo el canal, junto con su objetivo. No se han incluido las calicatas de las pantallas acústicas, por desconocerse su ubicación.

Calicata	Profundidad (m)	Coordenadas		Objetivo
		X	Y	
CM-1-01	≥ 3,0	420602,00	4577520,97	Estudio Nuevo Muro. P.K. 1+335-1+470
CM-2-01	≥ 3,0	420572,99	4577563,95	Estudio Nuevo Muro. P.K. 1+350-1+470
CM-3-01	≥ 3,0	420766,73	4576577,47	Estudio Nuevo Muro. P.K. 0+265-0+420
CM-3-02	≥ 3,0	420805,44	4576491,12	
CP-01	≥ 3,0	420628,20	4577349,16	Estudio posibles ubicaciones de balsas de infiltración con el fin de analizar el material y conocer su coeficiente de permeabilidad, necesario para el diseño del drenaje.
CP-02	≥ 3,0	420626,72	4577233,09	
CP-03	≥ 3,0	420669,92	4577029,73	
CP-04	≥ 3,0	420662,35	4577424,02	
CC-1	≥ 3,0	422806,98	4575220,87	Estudio de la cimentación del Canal Ronda Ponent
CC-2	≥ 3,0	422721,41	4575080,96	
CC-3	≥ 3,0	422687,23	4574705,25	
CC-4	≥ 3,0	422820,35	4574447,87	
CC-5	≥ 3,0	422634,64	4574967,09	Estudio de la zona de ampliación del proyecto.

Tabla resumen de las calicatas propuestas en el proyecto.

Además de las calicatas anteriormente indicadas, de las que se conoce su ubicación, se han planteado las siguientes partidas alzadas, con su consiguiente justificación:

Calicata	Número	Profundidad (m)	Objetivo
CPA-	13	≥ 3,0	Partida alzada para el estudio de cimientto de las pantallas acústicas, cuando se conozca su ubicación.
CC-	5	≥ 3,0	Partida alzada para ubicación del canal de drenaje existente.

Tabla resumen de las partidas alzadas de calicatas.

12.7.2.7. Penetraciones dinámicas continuas tipo DPSH

Estos ensayos sencillos, permiten estimar la resistencia a la penetración de los suelos en función de la profundidad. Cuando se dispone información geológica (sondeos o calicatas en zonas próximas) se pueden correlacionar las diferentes capas de suelos.

El método consiste en la hinca en el terreno de una puntaza metálica, unida a un varillaje, mediante golpeo, Existen varios tipos de ensayos en función de la energía de golpeo. En este caso, se ha previsto penetrómetros del tipo DPSH.

Este tipo de penetrómetros permiten alcanzar profundidades de hasta 25 metros, La maza es de 63,5 kg, siendo la altura de caída de 0,75 m, Los golpes necesarios para la hinca se registran cada 20 cm.

Como se ha indicado en los apartados anteriores, se ha propuesto la ejecución de penetrometros dinámicos en las zonas de ubicación de los nuevos muros y en las proximidades de las calicatas

mecánicas previstas para el estudio de las pantallas acústicas (aunque estas ubicaciones aún están por definir) del Proyecto; así como para el estudio del terreno en la zona de construcción del Canal Ronda Ponent.

A continuación, se recogen estos ensayos de penetración. Como en el caso de las calicatas, no se han incluido los penetros de las pantallas acústicas, por desconocerse su ubicación.

DPSH	Profundidad (m)	Coordenadas		Objetivo
		X	Y	
PM-1-01	Hasta rechazo	420622,42	4577583,07	Estudio Nuevo Muro. P.K. 1+335-1+470
PM-2-01	Hasta rechazo	420589,60	4577600,63	Estudio Nuevo Muro. P.K. 1+350-1+470
PM-2-02	Hasta rechazo	420551,52	4577511,88	
PM-	Hasta rechazo	Ubicación por definir		Estudio del cimiento en la zona donde está previsto ubicar los módulos de hormigón prefabricados en “L”, que contengan los derrames de los terraplenes entre las estructuras E-4 y E-5
PM-	Hasta rechazo			
PM-	Hasta rechazo			
PM-	Hasta rechazo			
PC-1	Hasta rechazo	422804,59	4575226,86	Estudio de la cimentación del Canal Ronda Ponent
PC-2	Hasta rechazo	422710,29	4575078,85	
PC-3	Hasta rechazo	422683,39	4574700,83	
PC-4	Hasta rechazo	422812,68	4574449,22	
PC-5	Hasta rechazo	422932,13	4574305,33	
PC-6	Hasta rechazo	422632,75	4574981,39	

Tabla resumen de las penetraciones dinámicas propuestas

Además de los ensayos de penetración anteriormente indicados, se ha planteado la siguiente partida alzada, con su consiguiente justificación:

Calicata	Número	Profundidad (m)	Objetivo
PPA-	16	Hasta rechazo	Partida alzada para el estudio de cimiento de las pantallas acústicas, cuando se conozca su ubicación.

12.7.3. ENSAYOS IN SITU

En los suelos granulares se efectuarán ensayos de penetración estándar (S.P.T.), a intervalos no mayores de 3,0 m y siempre que cambie la naturaleza del terreno. En los suelos cohesivos se tomarán muestras inalteradas a intervalos no mayores de 3,0 m mediante tomamuestras de pared delgada o gruesa, intercaladas con ensayos de penetración estándar y/o testigos parafinados, de modo que se obtenga una muestra o se realice un ensayo como mucho cada 3,0 m. Se intensificará el muestreo en los metros iniciales en sondeos destinados a la investigación de cimentación de estructuras.

Es muy importante tomar muestras inalteradas de todas las litologías observadas. En caso de aparecer rellenos muy heterogéneos y caóticos (restos de botellas, latas, etc.), no se considera necesario tomar muestras, debido a que no serían representativas de las características generales de los rellenos.

En los casos en que la elevada dureza del terreno no permita tomar muestras inalteradas convencionales, se parafinarán porciones representativas del testigo obtenido.

En el interior de los sondeos se ejecutarán, además, ensayos presiométricos. Estos ensayos se realizarán a los 2,00 metros de la aparición del techo roca o, si no se llegase a la roca, a 2,00 m de alcanzar un terreno con un índice SPT equivalente superior a 40, es decir, en un suelo de compacidad densa en caso de ser granular o de consistencia muy firme en caso de terreno cohesivo. Posteriormente se realizará otro al cambiar la litología, manteniendo al menos una separación de 4 m entre ambos ensayos, o al llegar a los 7 m de perforación en el dicho terreno, si no hay cambio de litología, es decir, a 5 m de separación del ensayo presiométrico anterior.

No obstante, el Jefe de Proyecto podrá cambiar la metodología de toma de muestras o ensayos si lo consideran oportuno, en función de las características del terreno y/o profundidad de las prospecciones.

12.7.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras del terreno obtenidas en los reconocimientos ejecutados, con motivo del presente proyecto, se realizarán una serie de ensayos de laboratorio que permitan la correcta caracterización geológico – geotécnica del área de estudio.

Se prevé que, al menos, se realicen los siguientes ensayos, si bien el número y tipología definitiva dependerá de las características de los materiales finalmente perforados y excavados en los sondeos y calicatas que se ha previsto realizar:

ENSAYOS DE LABORATORIO	
Unidad	Concepto
Ensayos de identificación y estado	
Ud.	Preparación, apertura y descripción de muestras M.I., S.P.T. y T.P.
Ud.	Determinación de humedad natural.
Ud.	Determinación de la densidad aparente.
Ud.	Determinación de límites de Atterberg.
Ud.	Granulometría por tamizado.
Ud.	Granulometría por sedimentación.
Ensayos de resistencia	
Ud.	Ensayo de compresión simple en suelos.
Ud.	Ensayo de corte directo, (cualquier tipo) sobre muestra inalterada.
Ud.	Ensayo de compresión triaxial, (cualquier tipo) sobre muestra inalterada.
Ud.	Ensayo edométrico con al menos siete escalones de carga y tres de descarga, y curvas de consolidación-tiempo.
Ensayos de deformabilidad y cambios de volumen	
Ud.	Ensayo de colapsabilidad.
Ud.	Ensayo de consolidación unidimensional (edómetro).
Ud.	Ensayo presión de hinchamiento.

ENSAYOS DE LABORATORIO	
Unidad	Concepto
Ud.	Ensayo de hinchamiento libre.
Ensayos de compactación	
Ud.	Ensayo Próctor normal.
Ud.	Ensayo Próctor modificado.
Ud.	Ensayo Proctor modificado con cal
Ud.	Determinación C.B.R. de laboratorio, sin incluir Próctor.
Ensayos químicos	
Ud.	Determinación cuantitativa de sulfatos.
Ud.	Determinación del contenido en yesos.
Ud.	Determinación cuantitativa de materia orgánica.
Ud.	Determinación del contenido de sales solubles de los suelos.
Ud.	Determinación de la Acidez Bauman-Gully.
Ud.	Ud. de ensayo de análisis químico completo del agua para determinar su agresividad a los hormigones, de acuerdo con la EHE.
Ensayos de durabilidad y desgaste	
Ud.	Determinación de la durabilidad, Slake Durability Test
Ud.	Ensayo de desgaste de Los Ángeles
Otros ensayos	
Ud.	Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca
Ud.	Granulometría de áridos por tamizado
Ud.	Equivalente de arena (UNE EN 933-8) y, en su caso, azul de metileno (UNE EN 933-9)
Ud.	Índice de lajas (UNE EN 933-3), sólo para zahorras artificiales
Ud.	Determinación del porcentaje de caras de fractura (UNE EN 933-5), sólo para zahorras artificiales

12.7.5. CONDICIONES DE EJECUCIÓN PARA LOS TRABAJOS DE CAMPO

12.7.5.1. Condiciones generales

Los trabajos se ejecutarán siguiendo las normas de buena práctica, en orden a conseguir una satisfactoria identificación de los terrenos encontrados y la recuperación de muestras representativas.

Se localizará a los propietarios de los terrenos afectados por las labores de prospección, solicitándoles el oportuno permiso para la realización de las mismas.

Se elaborará el Plan de Seguridad y Salud, proponiéndose un Coordinador que posea la titulación adecuada para desempeñar dicha función, para su aprobación y designación por el Promotor. Se prestará apoyo a INECO en los trámites legales, previos a la iniciación de la campaña, previstos en el

RD 1627/1997, especialmente en lo referente al Aviso Previo, aprobación del Plan de Seguridad y Salud y Evaluación de Riesgos.

Previo al comienzo de la campaña, se investigarán los servicios afectados, Se realizará una detallada inspección de campo, observándose todas las arquetas, zanjas, puntos de luz, canalizaciones etc, que denotan la presencia de servicios enterrados. Si se sospechase la afección a algún servicio, antes de ejecutar los reconocimientos se realizará una calicata con medios manuales con una profundidad no inferior a 1,50 m.

La posición final de los reconocimientos se ajustará en lo posible a la propuesta, Los puntos donde se van a realizar las investigaciones se estaquillarán. Si alguna labor no pudiese realizarse en el punto previsto, se comunicará antes de comenzar la prospección. No se podrá comenzar ésta sin el permiso de cambio de emplazamiento.

12.7.5.2. Sondeos con recuperación de testigo

Los sondeos que aparecen rotulados en la propuesta se perforarán a rotación, con recuperación de testigo continuo y con batería doble para sustrato rocoso, con objeto de conseguir una menor alteración del testigo. Se procurará que la recuperación del testigo de los sondeos sea lo más completa posible, Siempre que sea posible, se perforará en seco.

El diámetro mínimo de las muestras de suelo obtenidas en sondeo será de 84 mm. El testigo se sacará del tubo testiguero cuidadosamente y se depositará en una canaleta para medir inmediatamente la recuperación. La recuperación puede ser >100% en el caso de terrenos expansivos. En este caso, el testigo sobrante no se desechará. Después se troceará dejando los fragmentos en cajas de plástico convenientemente identificadas. Se identificarán en las cajas todas las maniobras mediante tablillas o cartulina plástica, rotuladas con tinta indeleble.

Se prestará especial a atención a la localización del agua, por lo que las perforaciones se harán en seco o con escasa adición de agua.

Al terminar un sondeo para el que se ha empleado adición, se achicará el mismo de agua, con cuchara, mini-bomba o purgándose con aire comprimido y se dejará instalado un tubo de PVC ranurado de diámetro interior mínimo 60 mm y se cementará el fondo del sondeo y el anular comprendido entre la tubería y el taladro, en los 2 metros más superficiales del sondeo. Se instalará también una arqueta o tapa metálica con la correspondiente cerradura, cementada firmemente al terreno de forma que no sea posible levantarla con las manos una vez fraguado. La tapa de la arqueta no sobresaldrá más de 5 cm del terreno o vial donde se haya ejecutado, Se tomarán sus coordenadas y se nivelará topográficamente, indicándose mediante una marca indeleble el punto que se nivela. Antes de darse el visto bueno a cada sondeo para su abono, se comprobarán todos estos aspectos.

Durante la perforación del sondeo se realizará un control estricto de la variación del nivel piezométrico de la perforación, apuntándose las pérdidas y ganancia de agua, así como otros fenómenos: sifonamientos, subidas súbitas del nivel, etc.

Además, se ha contemplado la ejecución de ensayos presiométricos en el interior de los sondeos.

La situación de los sondeos se determinará preferentemente por métodos topográficos, debiendo quedar localizados por referencias a puntos fijos bien identificados, en coordenadas UTM. La cota será determinada por nivelación geométrica. En el caso de utilizarse sistemas de posicionamiento por satélite GPS el error en coordenadas deberá ser inferior a 5 m. Los puntos investigados serán fotografiados antes, durante la realización de los sondeos y después de finalizados éstos.

12.7.5.3. Piezometría, testificación y muestreo

Se deberá prestar especial atención a la profundidad a la que se corte el nivel piezométrico durante las labores de perforación, registrándose de manera adecuada en el parte de perforación del sondeo, calicata y ensayo DPSH (en caso de observarse claramente en el varillaje). El nivel piezométrico se medirá en los sondeos una vez achicados al día siguiente de su finalización, y posteriormente, una vez a la semana mientras duren los trabajos de campo. Cuando se observe que el nivel piezométrico se estabiliza, se tomarán muestras de agua en todos los sondeos.

La testificación continua de los sondeos se hará lo más rápidamente posible, antes de que se seque el testigo. Para la testificación, el geólogo contará con unos medios materiales mínimos, que son: cinta métrica, lupa de mano, ácido clorhídrico diluido al 10%, martillo, espátula o cuchillo y cámara fotográfica. Es recomendable disponer también de un recipiente grande con agua y un cepillo fuerte para limpiar los testigos.

Como primer paso, el testigo se limpiará exteriormente con un cepillo fuerte y agua o se raspará con la espátula o cuchillo, para quitarle la pátina exterior arcillosa que suele formarse durante la perforación y que impide muchas veces observar la naturaleza del terreno. Se volverán a colocar en las cajas y éstas se fotografiarán, a ser posible en condiciones homogéneas: todas al sol o todas a la sombra, el testigo todo húmedo o todo seco etc. Las fotografías han de ser de buena calidad y en ellas debe figurar la identificación del sondeo, el número de caja y las profundidades inicial y final (se repetirán las fotografías que no cumplan estas especificaciones, incluso aunque la campaña de trabajos de campo ya haya terminado).

La descripción del testigo incluirá los términos habituales (indicios, algo, blando, consistente, denso, muy denso), siguiendo las recomendaciones de la USCS. Si se considera conveniente, se tomarán fotografías de detalle de algunos testigos.

Terminada la testificación, se retirarán las muestras necesarias para su envío al laboratorio. En el fondo de la caja se anotará con tinta indeleble, en el hueco dejado, la identificación de la muestra que se retira. Lo mismo es válido si se toma alguna muestra de mano del testigo.

12.7.5.4. Ensayos de penetración dinámica

Los ensayos de penetración dinámica serán de tipo DPSH, Se empleará una puntaza maciza de 20 cm² de sección circular y un ángulo de 90° acoplada al extremo inferior de una barra de 32 mm. La maza de golpeo deberá pesar 63,5 kg y la altura de caída será 75 cm.

Este ensayo se ajustará a lo establecido en la Norma UNE-103 801/94.

Las puntazas a utilizar en cualquiera de los ensayos de penetración dinámica deberán estar homologadas en base a la normativa correspondiente. En ambos ensayos se contará y anotará el número de golpes necesarios para cada 20 cm de avance, Los ensayos de penetración se realizarán con el equipo DPSH. En caso de producirse rechazo a menos de 1 m de profundidad o cuando lo considere preciso el Jefe de Proyecto por la duda razonable de la representatividad del ensayo, de acuerdo con las características del terreno, se realizará otro intento desplazando el equipo a un punto próximo al anterior. A efectos de medición no se considerará el abono de estos ensayos si, sumando las profundidades alcanzadas en ambos intentos, no se superan los 5 m de longitud.

Los resultados se adjuntarán en gráficos o curvas de penetración (número de golpes obtenido para cada avance de 20 cm) suficientemente claros. En cada ensayo, se reflejará la localización, cota de boca, fecha de ejecución, nivel freático en caso de apreciarse en el varillaje (seco en caso contrario) y cuantas observaciones puedan ayudar a interpretar los resultados, sobre todo si se estima que ha podido producirse falso rechazo por golpear sobre algún bolo u otro obstáculo aislado. Una vez efectuados, se deberán tomar las coordenadas del punto en el que se hayan realizado los ensayos, con el fin de situarlo correctamente en la planta y el perfil, y que se adjuntarán en la ficha correspondiente.

12.7.5.5. Calicatas mecánicas

Para el caso de las calicatas, éstas se realizarán mecánicamente, con las dimensiones en planta apropiadas para permitir su inspección y toma de muestras inalteradas o realización de otros ensayos. Se tomarán siempre fotografías a color de la calicata, del material extraído y del estado de la reposición de la misma. En cualquier caso, se adjuntará una memoria descriptiva del corte estratigráfico del terreno, así como del estado del mismo en cuanto a humedad y dureza o compacidad de cada estrato (excavabilidad y estabilidad de las paredes). Su profundidad no será inferior a 3 m salvo que se encuentre roca.

12.7.5.6. Referenciación de las investigaciones realizadas

La situación de los sondeos se determinará preferentemente por métodos topográficos, debiendo quedar localizados por referencias a puntos fijos bien identificados, en coordenadas UTM. La cota será determinada por nivelación geométrica. En el caso de utilizarse sistemas de posicionamiento por satélite GPS el error en coordenadas deberá ser inferior a 5 m. Los puntos investigados serán fotografiados antes, durante la realización de los sondeos y después de finalizados éstos.

PLANO 1. PLANTA GEOLÓGICA - GEOTECNICA CON PROPUESTA DE CAMPAÑA DE ESTRUCTURAS E 1:1000

FORMACIONES LITOLÓGICAS

DEPÓSITOS RECIENTES (RELLENOS ANTRÓPICOS)

	RA2	RELLENO ANTRÓPICO NO CONTROLADO
	RA2b	RELLENO ANTRÓPICO NO CONTROLADO PARCIALMENTE COMPACTADO
	RA1	RELLENO ANTRÓPICO CONTROLADO Y COMPACTADO

CUATERNARIO (HOLOCENO)

GRUPO GEOTÉCNICO Q(F)

	Qfd (F)	FACIE FINA SUPERIOR. ARENAS Y LIMOS, CON NIVELES DE CANTOS POLIMÍCTICOS Y PASADAS DE ARCILLAS
	Qds (F)	FACIE FINA SUPERIOR. ARCILLAS Y LIMOS ARCILLOSOS CON PASADAS DE ARENAS DE GRANO FINO
	Qdm	ARCILLAS Y LIMOS GRISES CON PASADAS DE ARENAS DE GRANO FINO

GRUPO GEOTÉCNICO Q(G)

	Qfd (G)	FACIE GRUESA INFERIOR. ARENAS LIMOSAS Y CANTOS POLIMÍCTICOS CON PASADAS DE LIMOS Y ARCILLAS
	Qds (G)	FACIE GRUESA INFERIOR. ARENAS DE GRANO FINO, ARENAS LIMOSAS Y GRAVAS MEDIAS-FINAS POLIMÍCTICAS CON PASADAS DE LIMOS ARENOSOS
	Qdi	GRAVAS MEDIAS-FINAS, POLIMÍCTICAS REDONDEADAS Y ARENAS LIMO-ARCILLOSAS CON PASADAS DE ARCILLAS ANARANJADAS
	QA	FACIE GRUESA (BARRAS DE GRAVAS): GRAVAS POLIMÍCTICAS Y ARENAS CON LIMOS: BARRAS DE GRAVAS. ARENAS LIMOSAS CON GRAVAS POLIMÍCTICAS Y LIMOS ARENOSOS: BARRAS DE ARENAS.

CUATERNARIO (PLEISTOCENO)

 Qg DEPÓSITOS DE PIE DE MONTE Y ABANICO ALUVIAL ANTIGUO. ARENAS LIMOSAS Y ARENAS ARCILLOSAS Y LIMOS ARENOSOS CON PASADAS DE ARCILLAS DE CANTOS POLIMÍCTICOS SUBANGULOSOS A SUBREDONDEADOS DE COLOR MARRÓN ANARANJADO A OCRES.

PALEOZOICO

PMP ZÓCALO METAMÓRFICO DEFORMADO. PIZARRAS MICACÍTIAS Y PIZARRAS ARENOSAS CON PIZARRAS CUARCÍTICAS E HILADAS DE CUARCITAS (GRADO III-IV)

SIMBOLOGÍA

	CONTACTO LITOLÓGICO ENTRE FORMACIONES SIN ESPECIFICAR TIPO.
	CONTACTO SUPUESTO POR CAMBIO LATERAL DE FACIES
	FALLA SUPUESTA
	ZONA ENCHARCABLE
	POZOS (FUENTE: COMUNITAT D'AIGUES DEL DELTA DEL RIU LLOBREGAT)
	RED DE CONTROL DE PIEZÓMETROS DE LOS ACUÍFEROS SUPERIOR E INFERIOR DEL ALUVIAL DEL VALL BAIX Y DELTA DEL RIU LLOBREGAT (FUENTE: AGENCI I HABITAGE DE LA COMUNITAT DE CATALUNYA)
	TALUDES
	PUNTOS DE OBSERVACIÓN GEOMECÁNICA

CAMPAÑAS PREVIAS

TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO REALIZADOS EN ESTUDIOS ANTERIORES

SE-00		SONDEO MECÁNICO
PD-00		PENETRACIÓN DINÁMICA
CE2-00		CALICATA
PZ-00		ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁTICA Y PIEZOCONO

CAMPAÑA COMPLEMENTARIA 2009

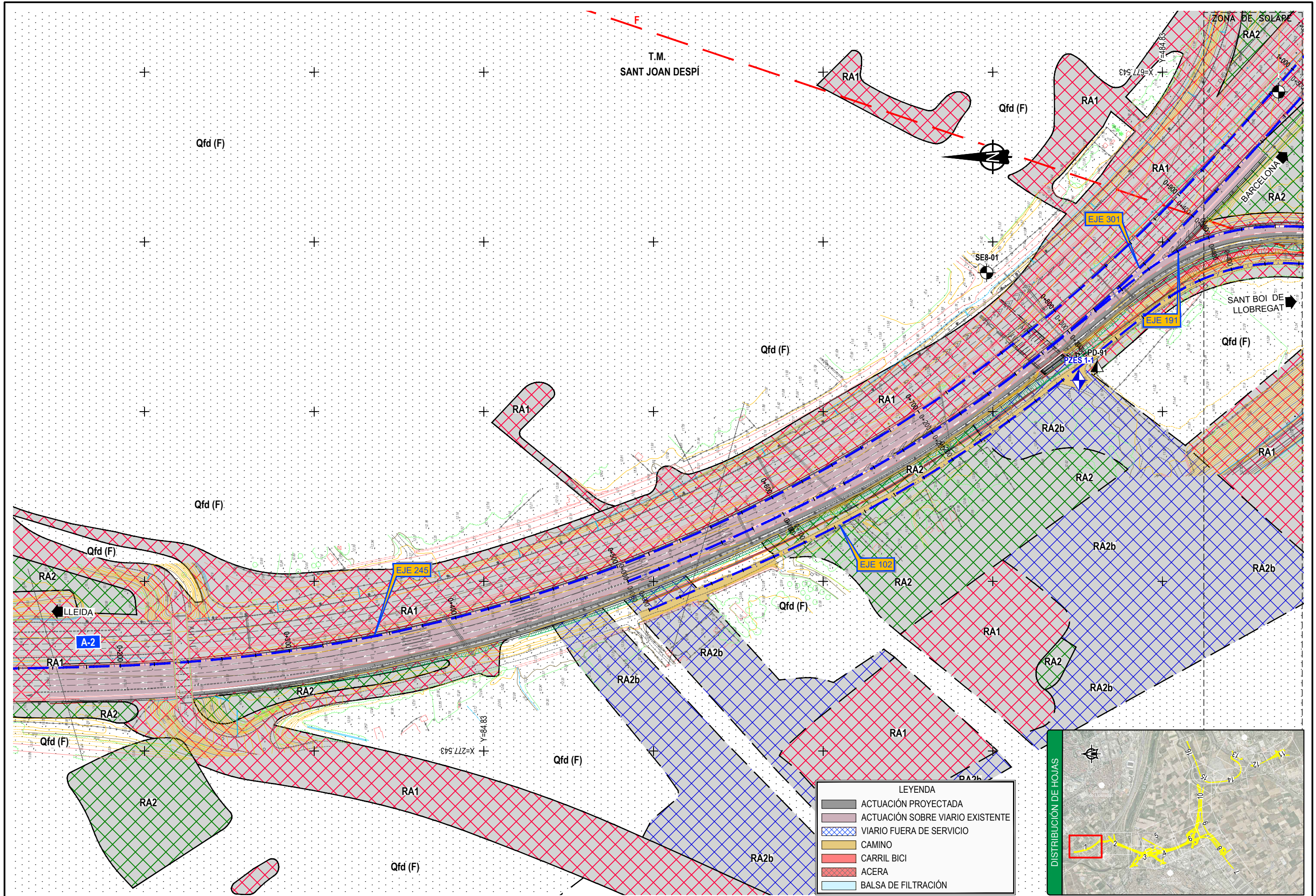
SE-00		SONDEO MECÁNICO
PZ-00		PIEZOCONO

CAMPAÑA PROPUESTA

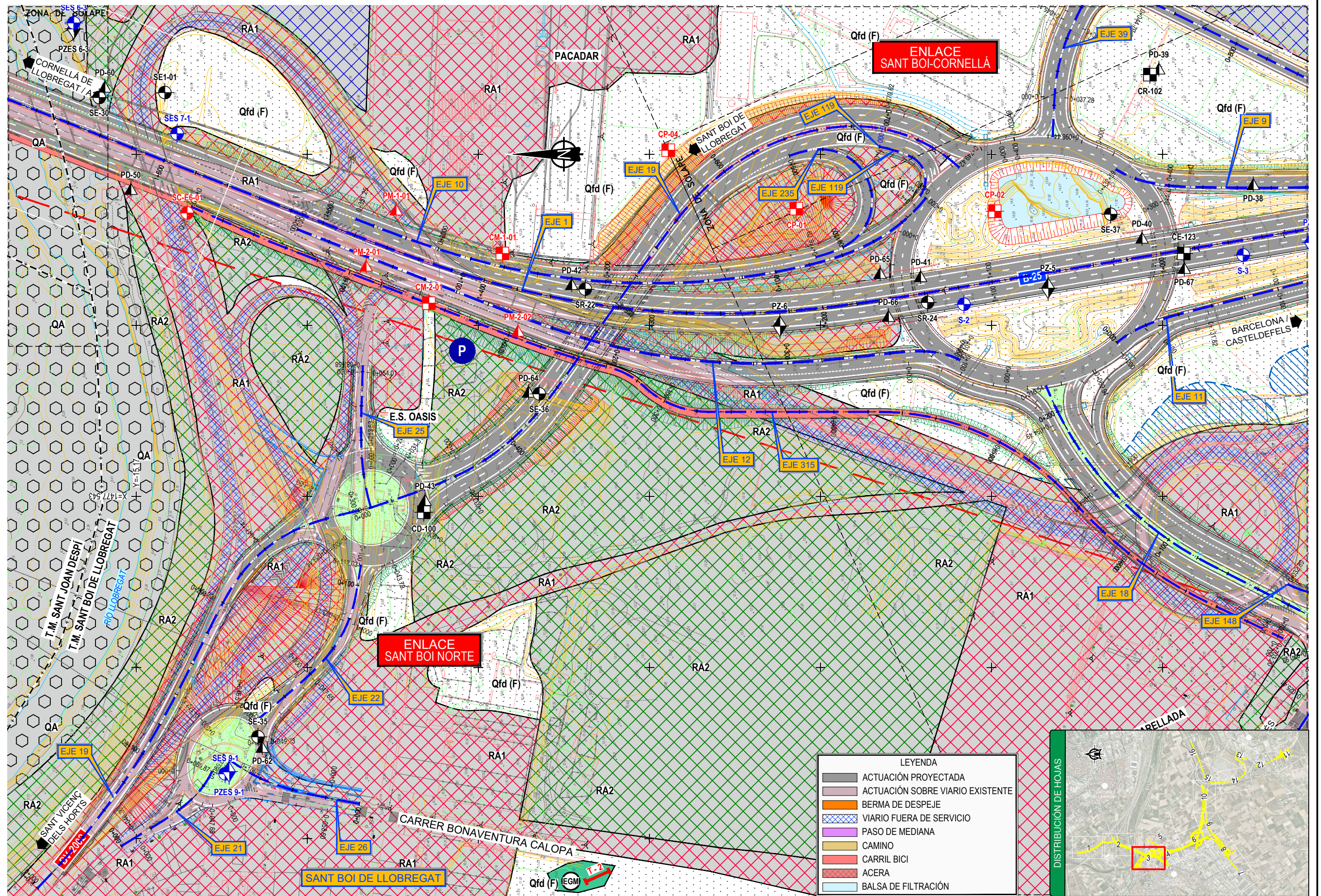
PROPUESTA DE CAMPAÑA. INECO. 2020

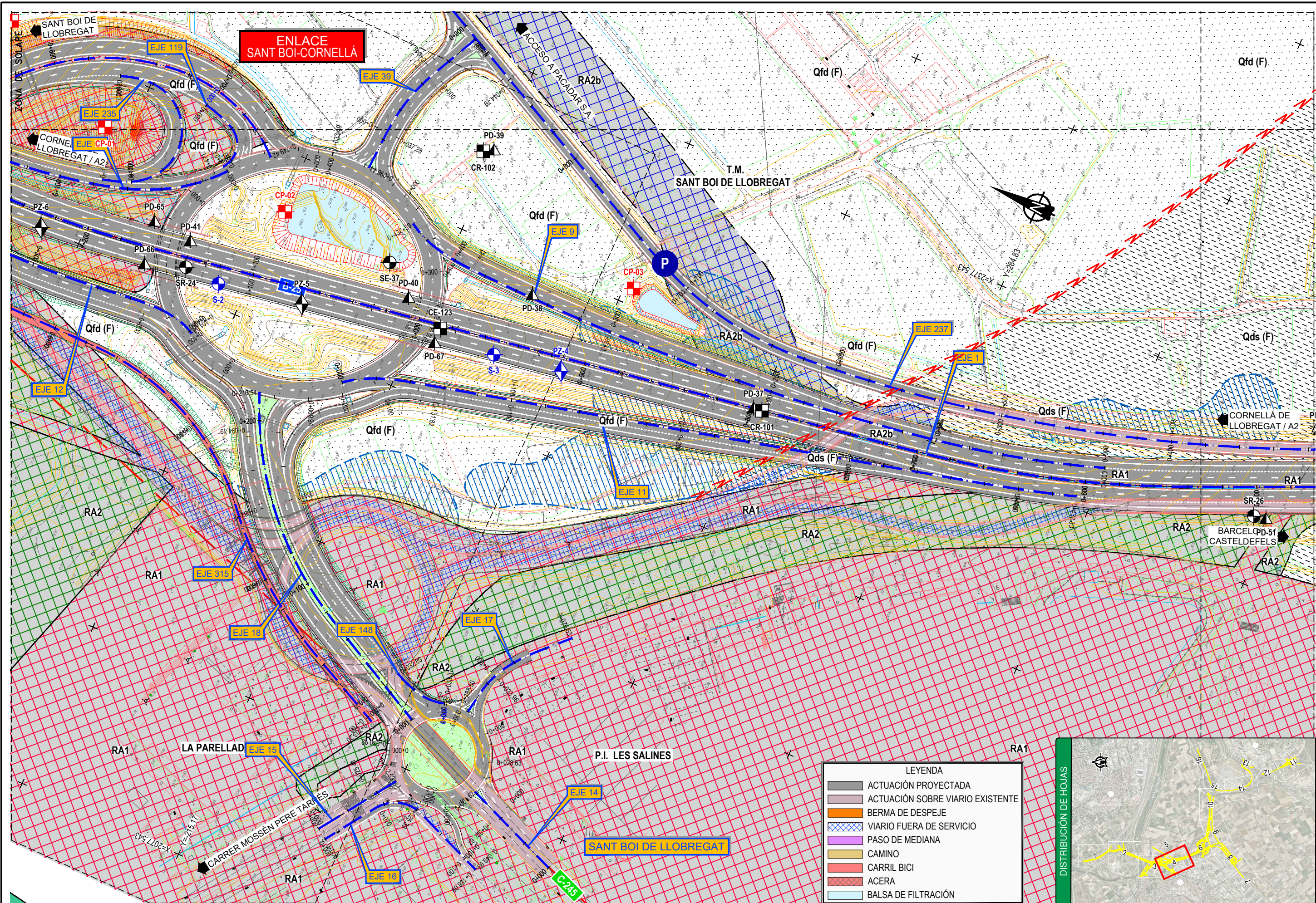
SC-E00-00		SONDEO MECÁNICO
PM-0-00		PENETRACIÓN DINÁMICA
CM-0-00		CALICATA

P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03_ejec\03_GRAFICOS\02_ProjTrazFase01_Rev\01_Anejos\12_Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg

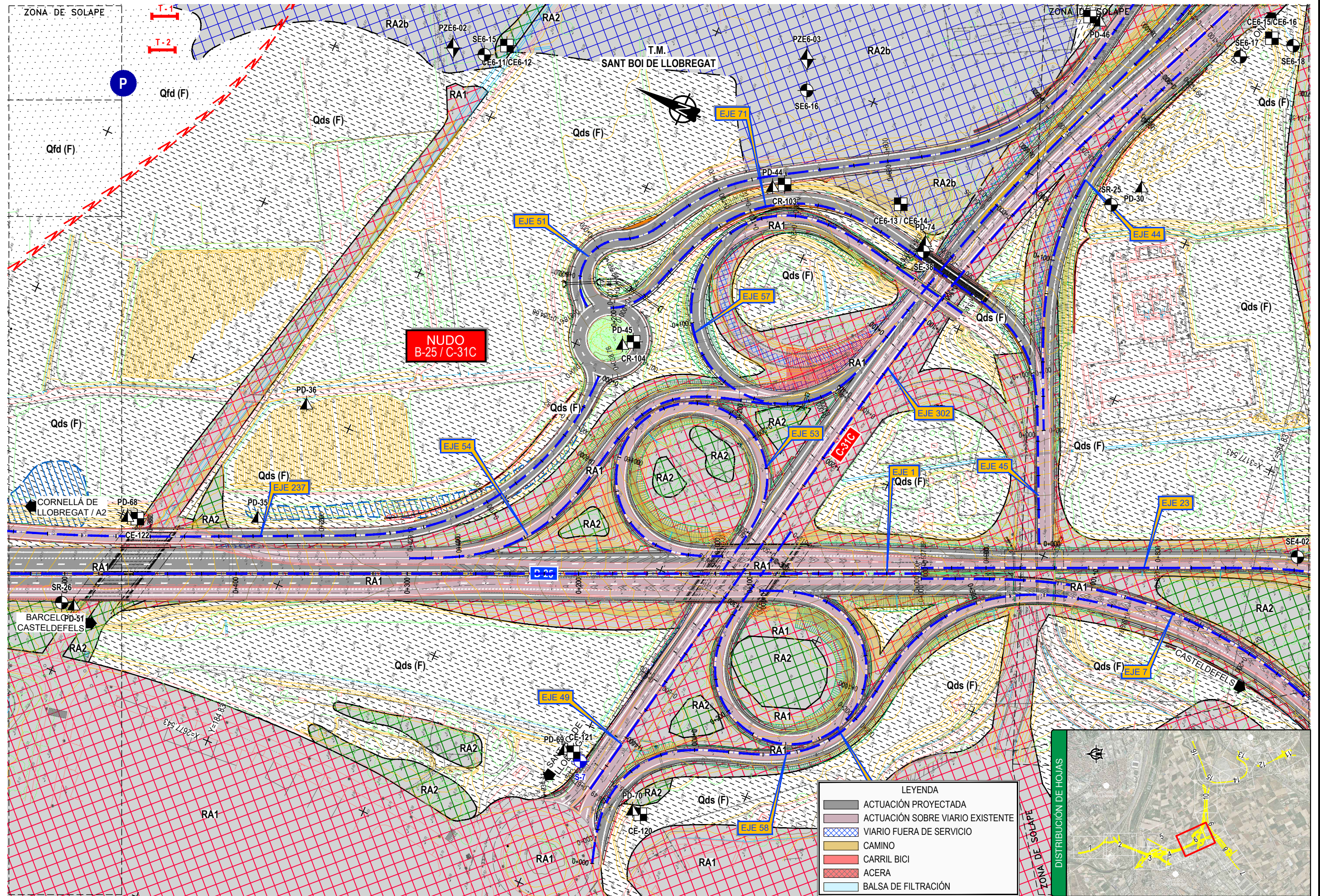


Z:\TMSD 2021\0-2021 10-BAIX DE LLOBREGAT (NECO)\TRABAU\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg

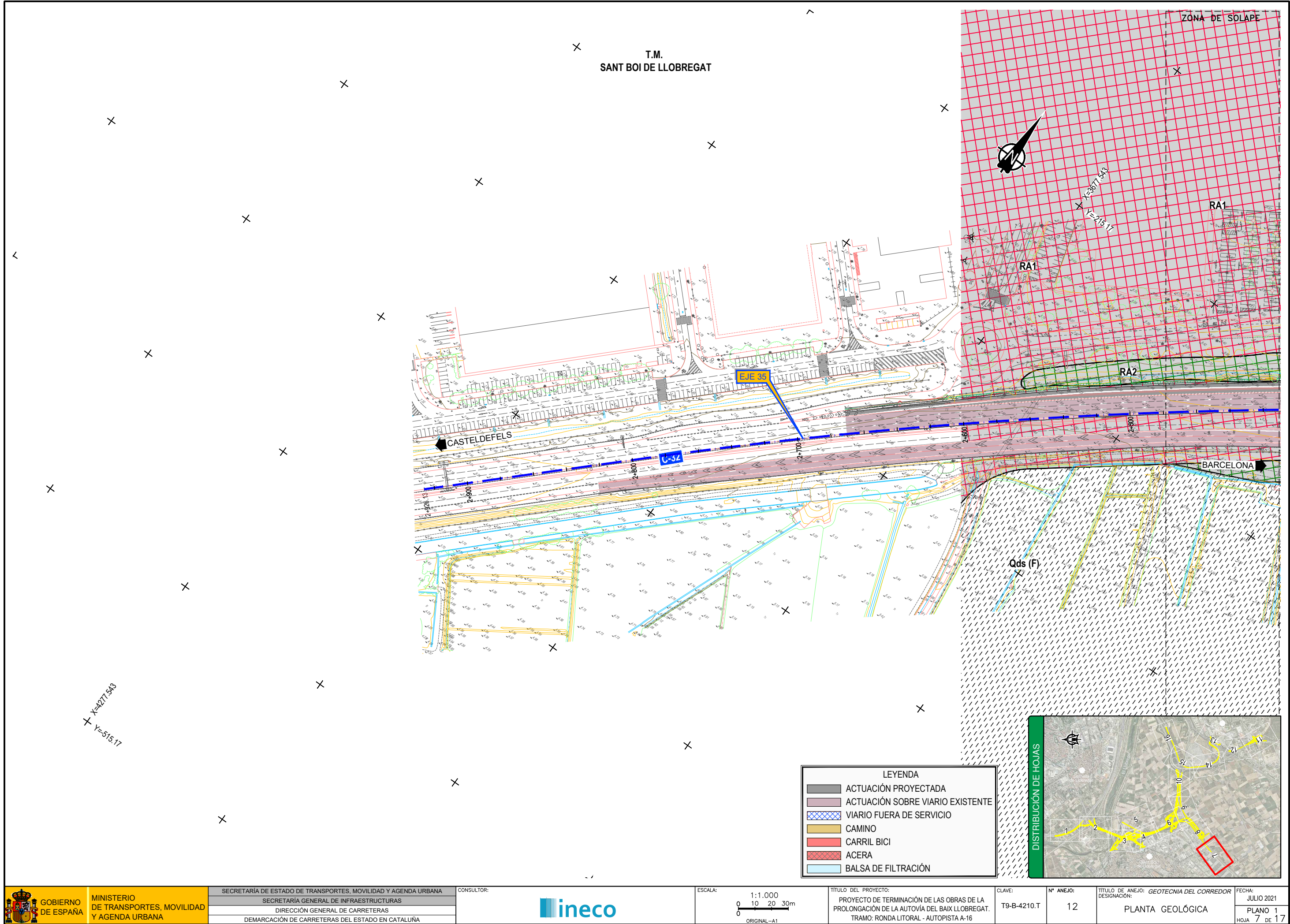




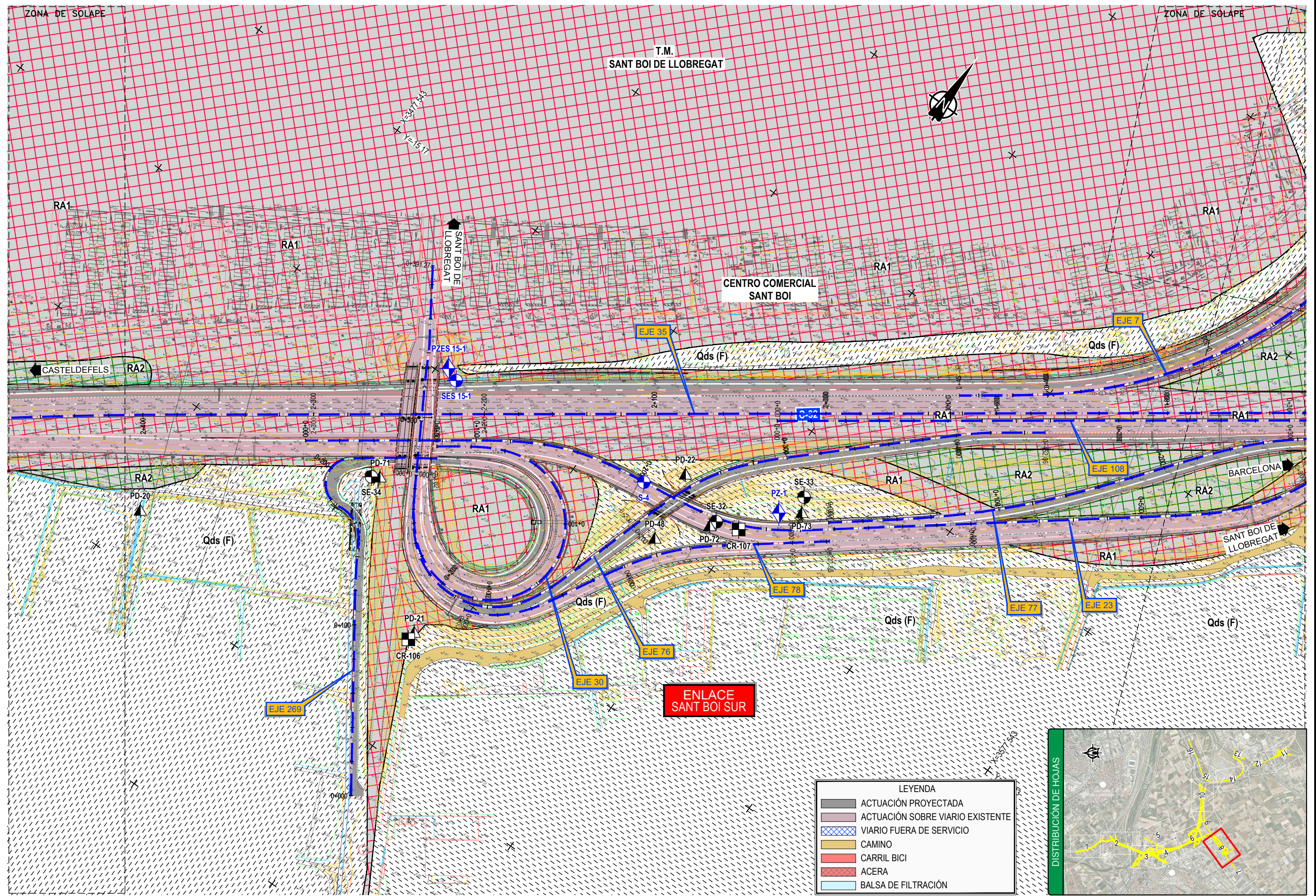
P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03_ejec\03_GRAFICOS\02_ProjTrazFase01_Rev\01_Anejos\12_Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg



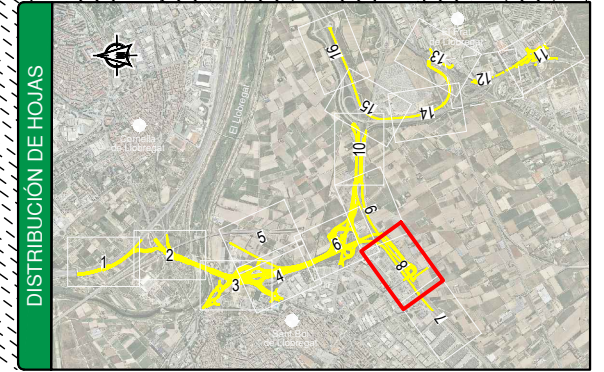
P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg



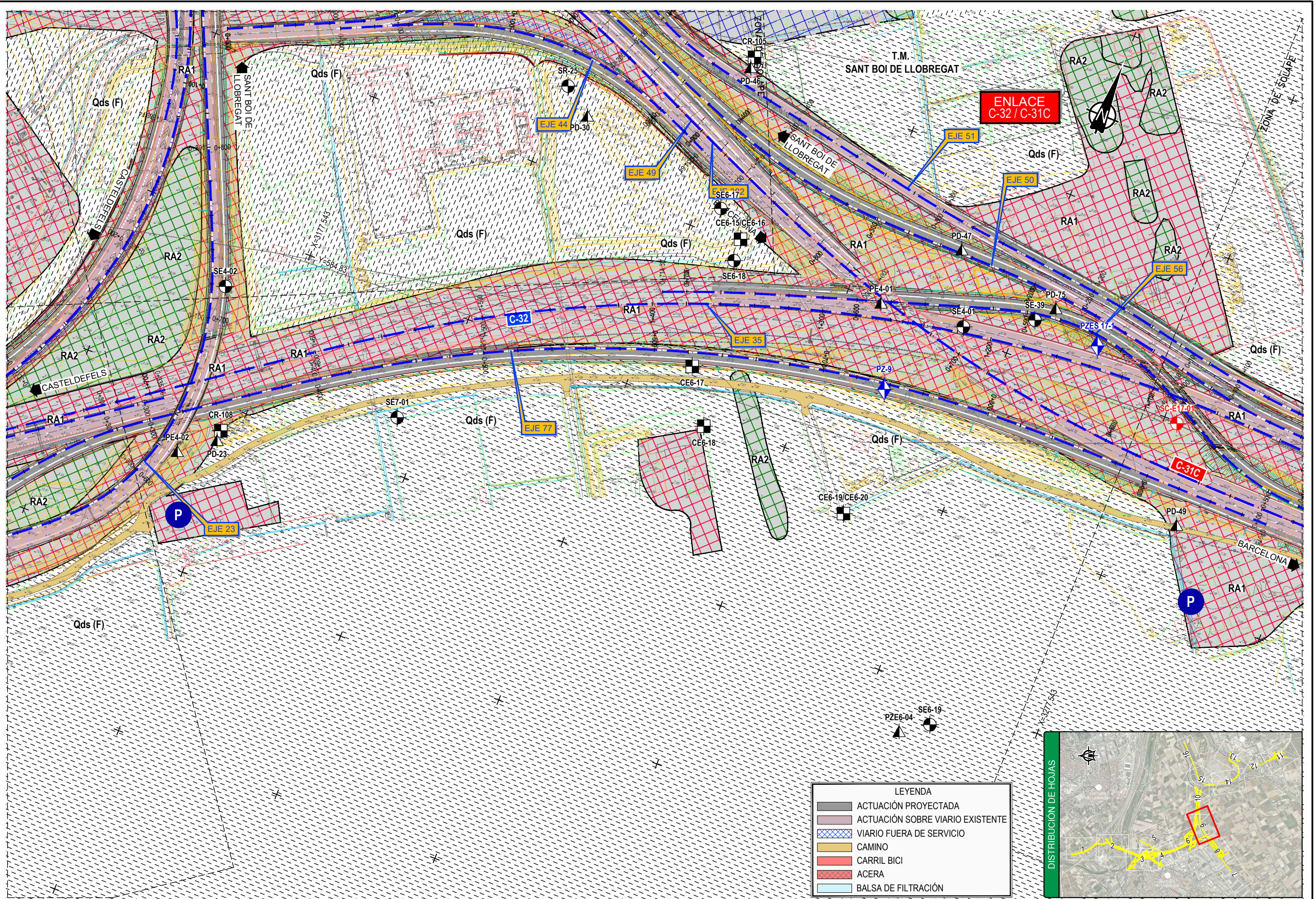
P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03_ejec\03_GRAFICOS\02_ProjTrazFase01_Rev\01_Anejos\12_Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg



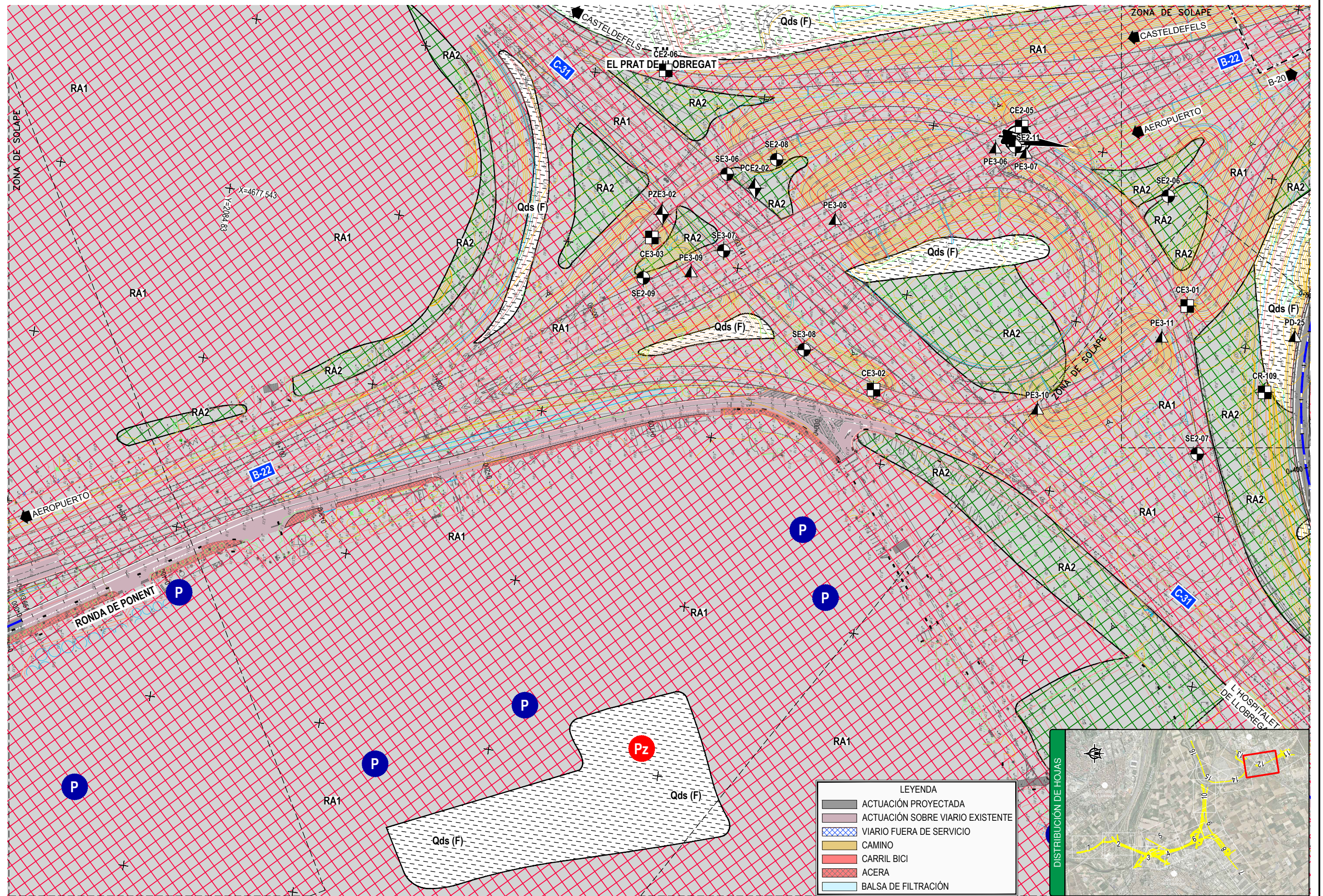
LEYENDA	
	ACTUACIÓN PROYECTADA
	ACTUACIÓN SOBRE VIARIO EXISTENTE
	VIARIO FUERA DE SERVICIO
	CAMINO
	CARRIL BICI
	ACERA
	BALSA DE FILTRACIÓN



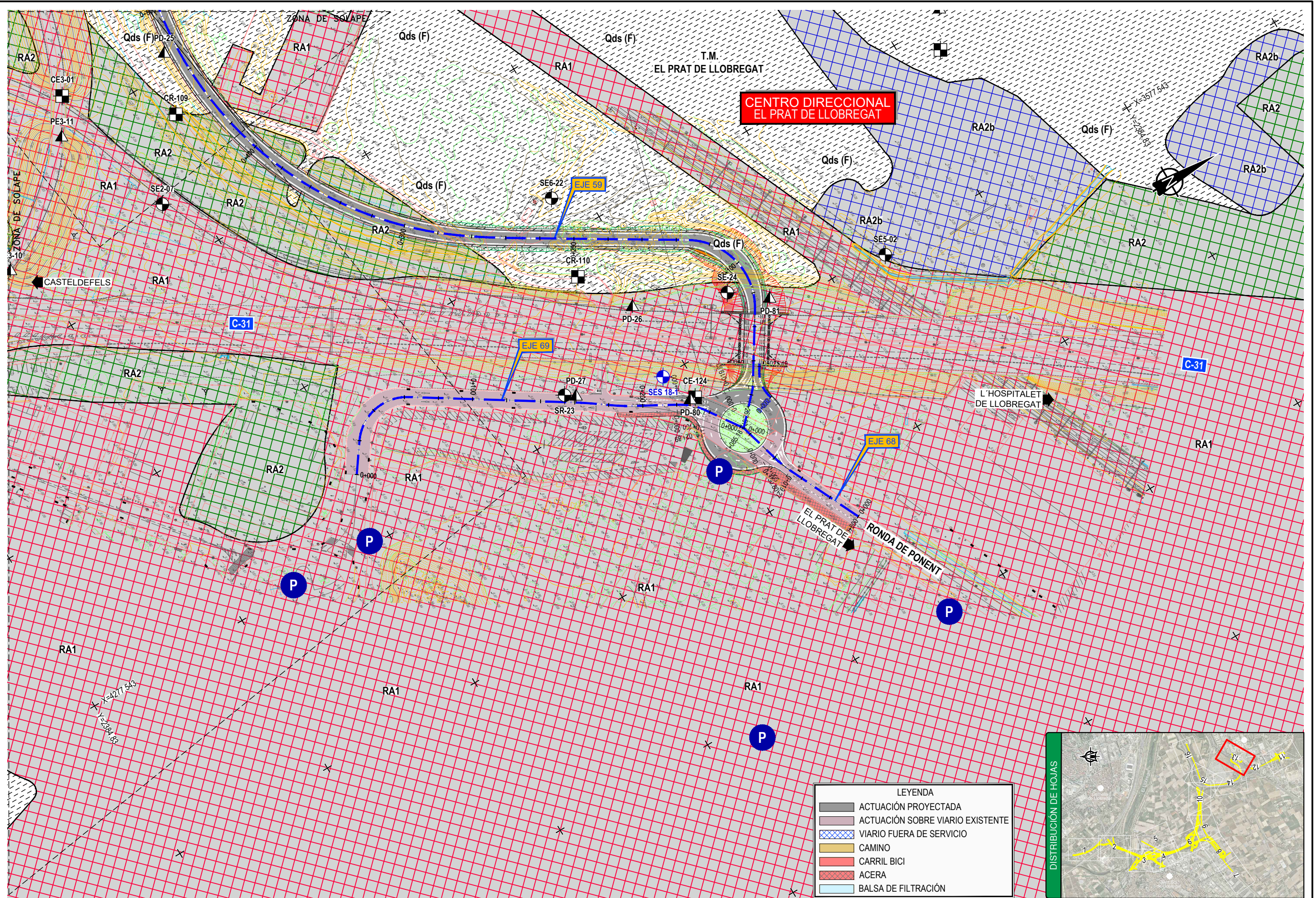
P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03_ejec\03_GRAFICOS\02_ProjTrazFase01_Rev\01_Anejos\12_Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg



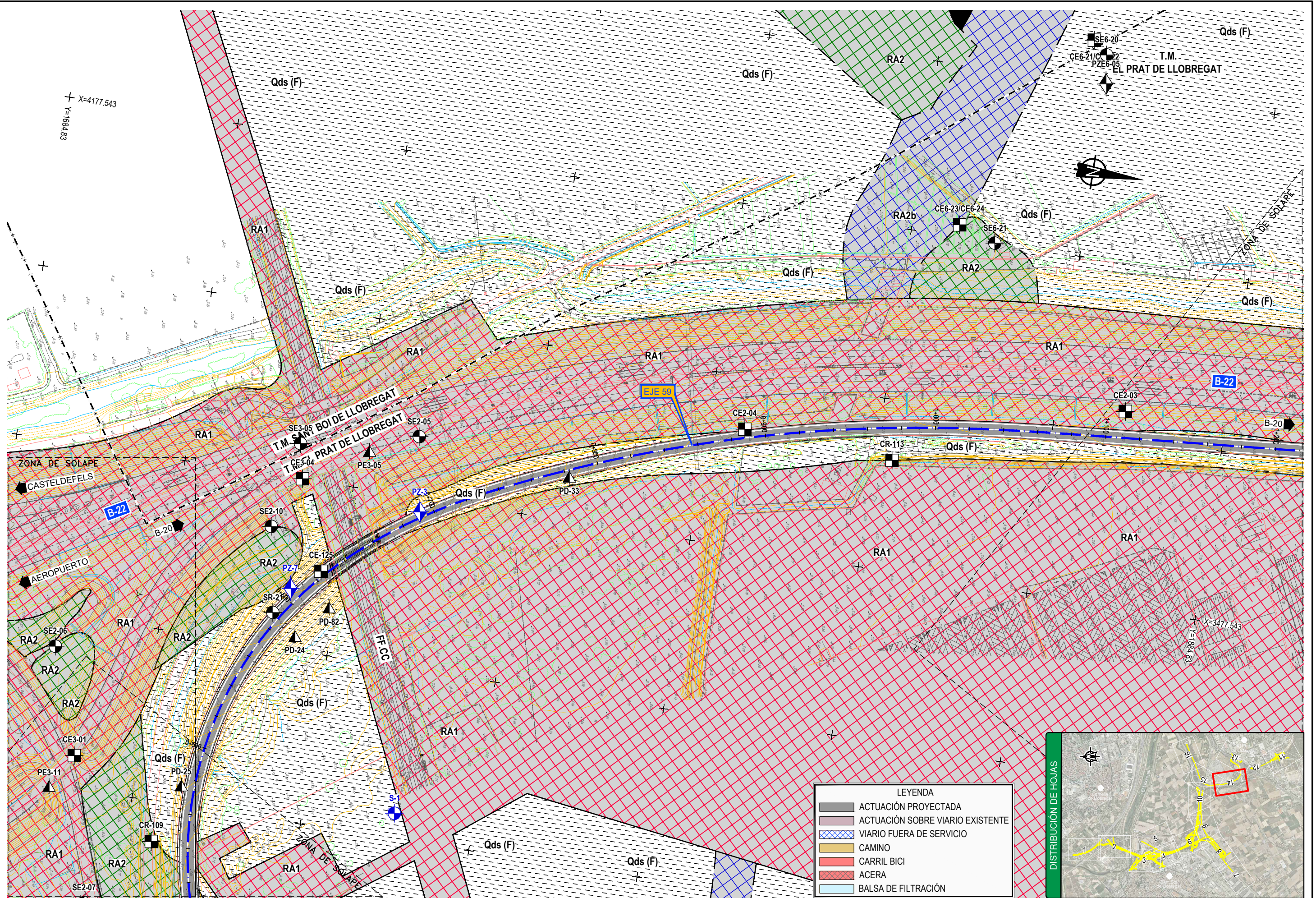
P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg



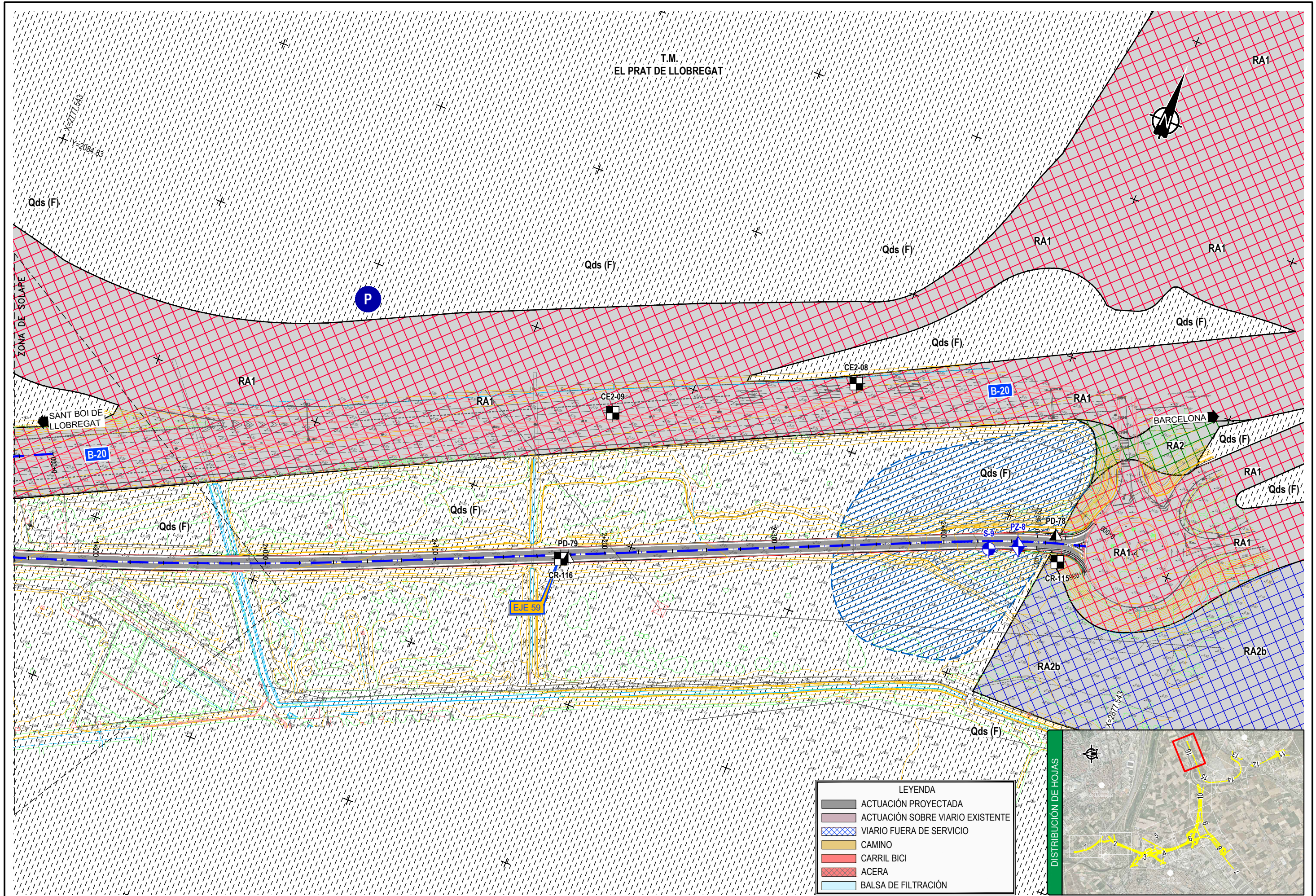
P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg



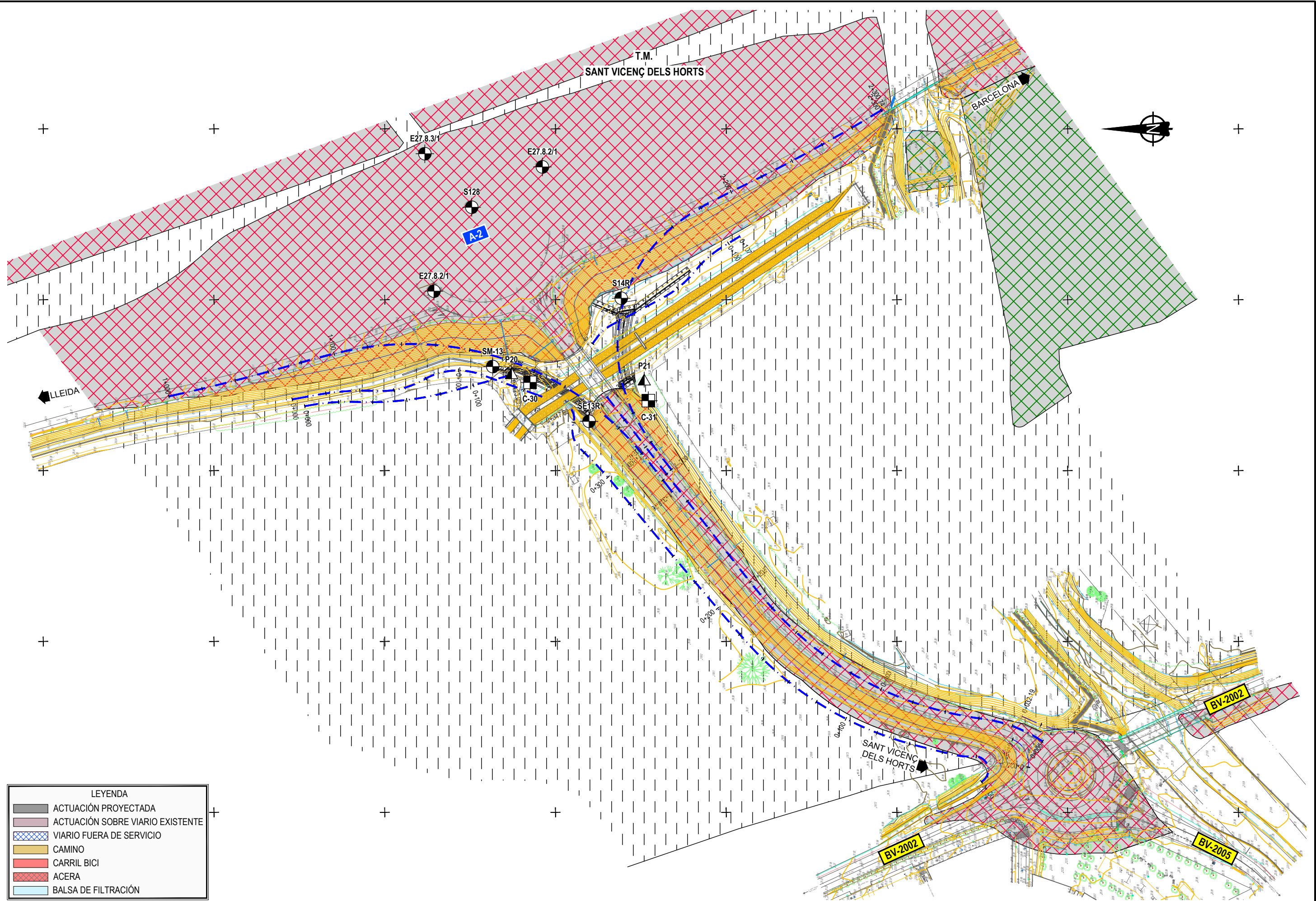
P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03_ejec\03_GRAFICOS\02_ProjTrazFase01_Rev\01_Anejos\12_Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg



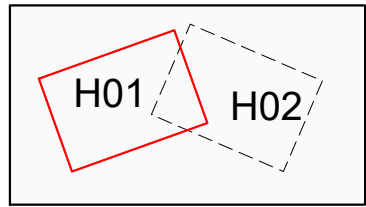
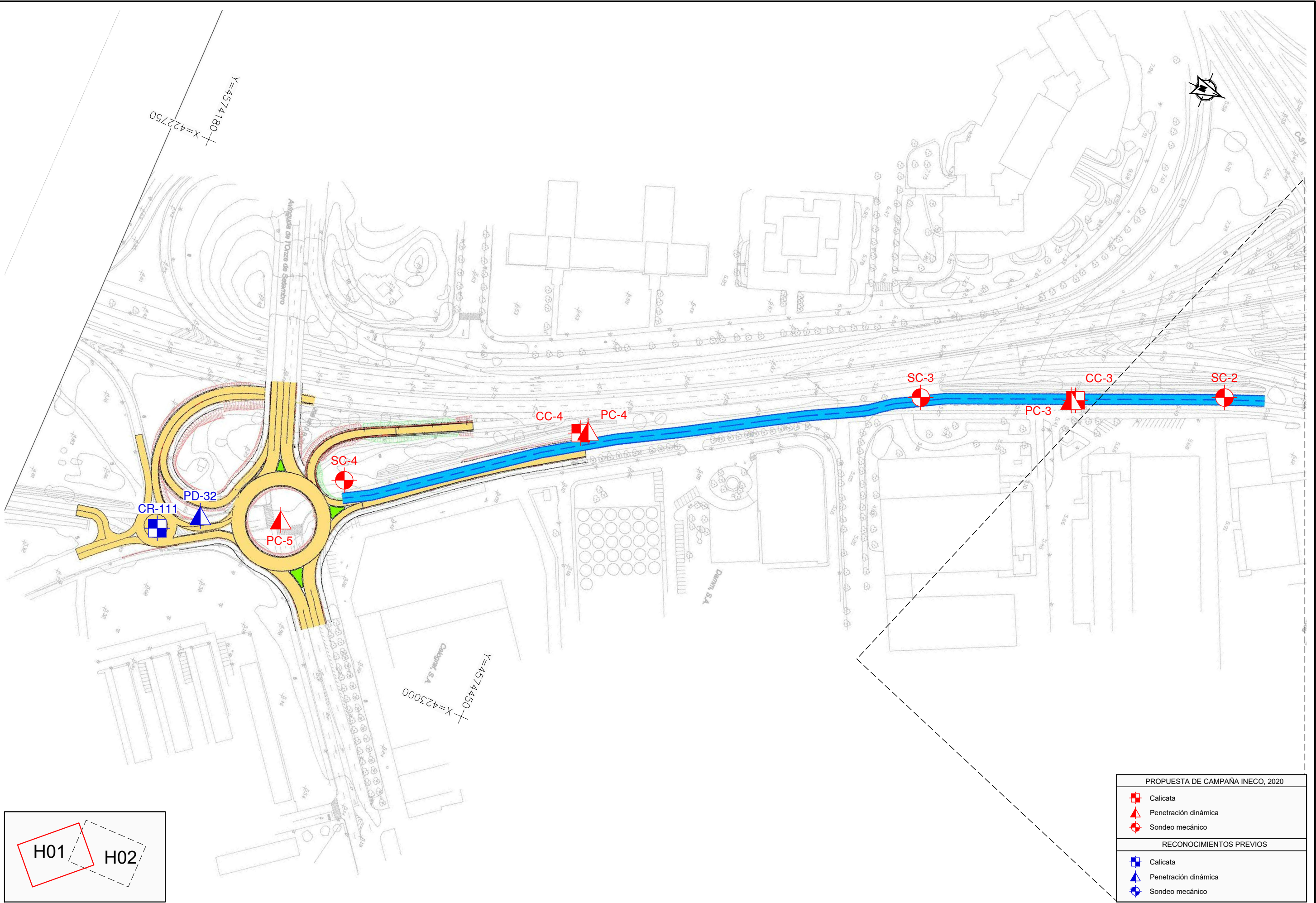
P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec_03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg



P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 1 PLANTA GEOLÓGICA.dwg

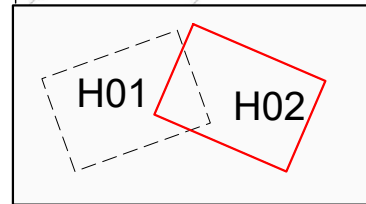
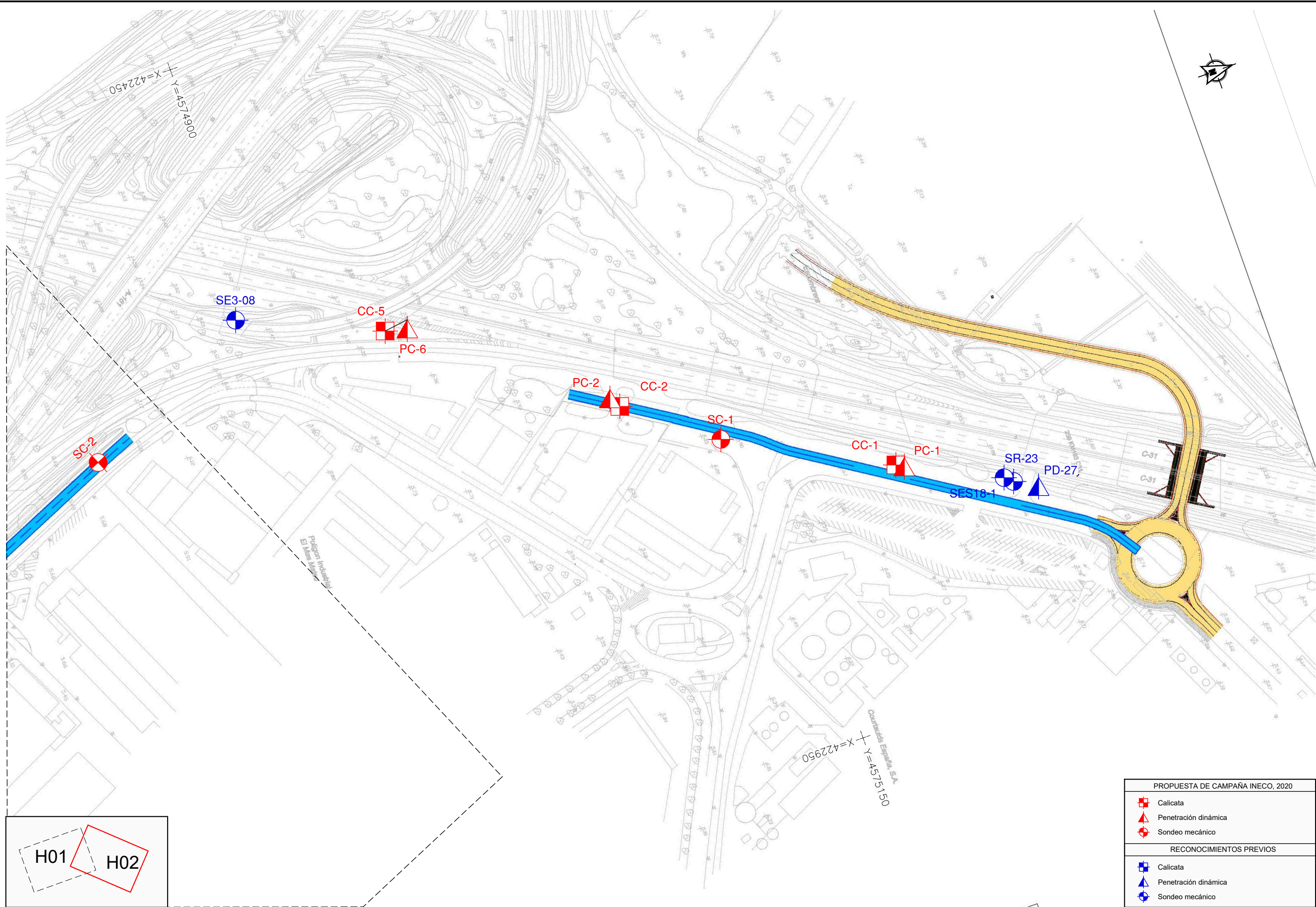


PLANO 2. PROPUESTA DE CAMPAÑA CANAL



PROPUESTA DE CAMPAÑA INECO, 2020	
	Calicata
	Penetración dinámica
	Sondeo mecánico
RECONOCIMIENTOS PREVIOS	
	Calicata
	Penetración dinámica
	Sondeo mecánico

P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\01 ProyTrazFase01\Varios\01 Reuniones\09 22-02-2021 Propuesta Campaña Geotécnica_Apendice_2H02.dwg



PROPUESTA DE CAMPAÑA INECO, 2020	
	Calicata
	Penetración dinámica
	Sondeo mecánico
RECONOCIMIENTOS PREVIOS	
	Calicata
	Penetración dinámica
	Sondeo mecánico

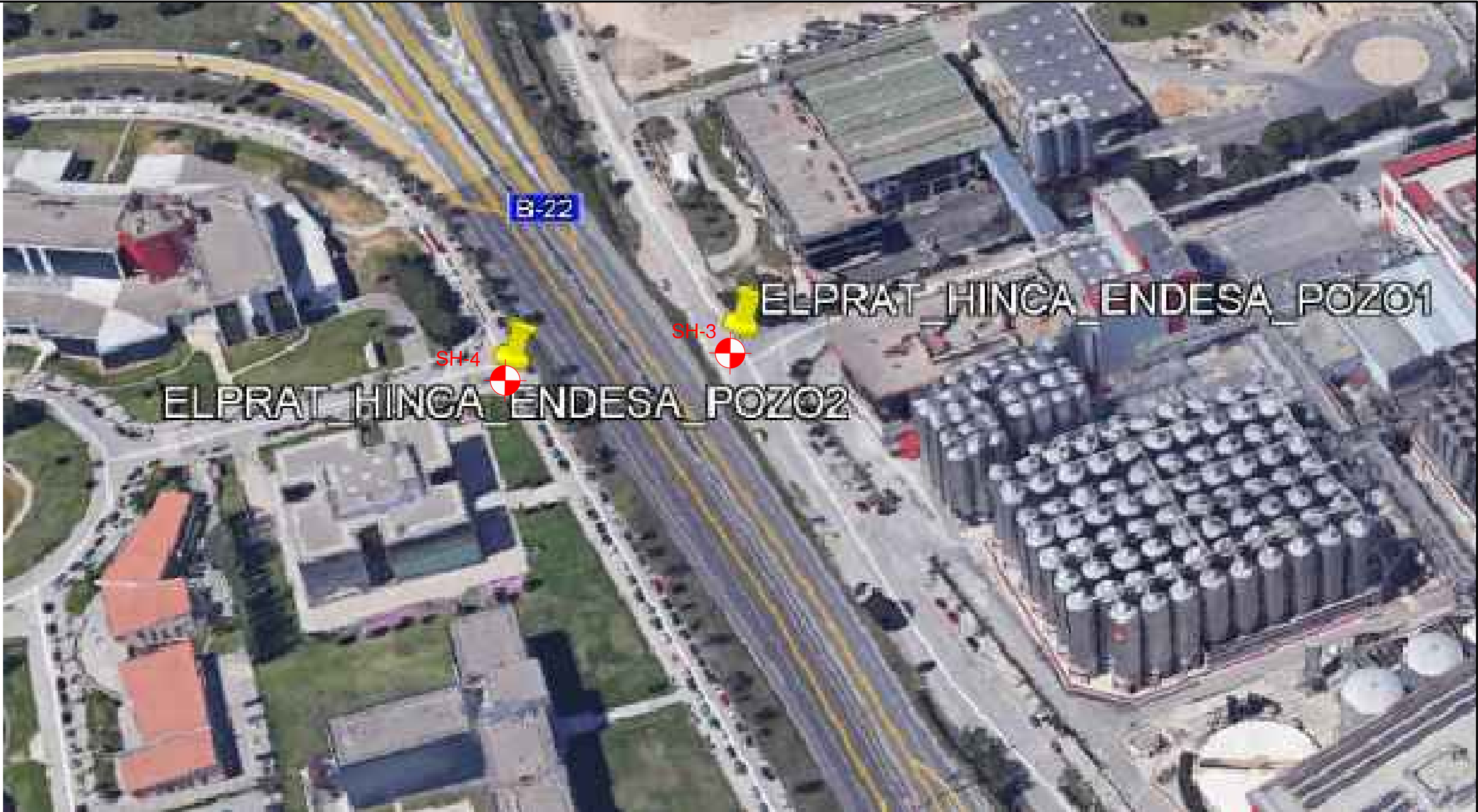
PLANO 3. PROPUESTA DE CAMPAÑA HINCAS

\\csm-b-flecha\PROYECTOS\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03_ejec\03_GRAFICOS\01_ProyTrazFase01\Varios\01 Reuniones\09 22-02-2021 Propuesta Campaña\ Campaña\ CampañaGeotecnica_Apendice_3H02.dwg



PROPUESTA DE CAMPAÑA INECO, 2021
 Sondeo mecánico

\\csm-b-flecha\PROYECTOS\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03_ejec\03_GRAFICOS\01_ProyTrazFase01\Varios\01 Reuniones\09 22-02-2021 Propuesta Campaña\ CampañaGeotecnica_Apendice_3H02.dwg



PROPUESTA DE CAMPAÑA INECO, 2021
 Sondeo mecánico

PLANO 4. PERFILES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS DE LAS ESTRUCTURAS

P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 2_HO LEYENDA.dwg

FORMACIONES LITOLÓGICAS

DEPÓSITOS RECIENTES (RELLENOS ANTRÓPICOS)

 **RA1** RELLENO ANTRÓPICO CONTROLADO Y COMPACTADO

CUATERNARIO (HOLOCENO)

GRUPO GEOTÉCNICO Q(F)

 **Qfd (F)** FACIE FINA SUPERIOR. ARENAS Y LIMOS, CON NIVELES DE CANTOS POLIMÍCTICOS Y PASADAS DE ARCILLAS

 **Qds (F)** FACIE FINA SUPERIOR. ARCILLAS Y LIMOS ARCILLOSOS CON PASADAS DE ARENAS DE GRANO FINO

 **Qdm** ARCILLAS Y LIMOS GRISES CON PASADAS DE ARENAS DE GRANO FINO

GRUPO GEOTÉCNICO Q(G)

 **Qfd (G)** FACIE GRUESA INFERIOR. ARENAS LIMOSAS Y CANTOS POLIMÍCTICOS CON PASADAS DE LIMOS Y ARCILLAS

 **Qds (G)** FACIE GRUESA INFERIOR. ARENAS DE GRANO FINO, ARENAS LIMOSAS Y GRAVAS MEDIAS-FINAS POLIMÍCTICAS CON PASADAS DE LIMOS ARENOSOS

 **Qdi** GRAVAS MEDIAS-FINAS, POLIMÍCTICAS REDONDEADAS Y ARENAS LIMO-ARCILLOSAS CON PASADAS DE ARCILLAS ANARANJADAS

 **QA** FACIE GRUESA (BARRAS DE GRAVAS). GRAVAS POLIMÍCTICAS Y ARENAS CON LIMOS: BARRAS DE GRAVAS. ARENAS LIMOSAS CON GRAVAS POLIMÍCTICAS Y LIMOS ARENOSOS: BARRAS DE ARENAS.

SIMBOLOGÍA

 CONTACTO LITOLÓGICO ENTRE FORMACIONES SIN ESPECIFICAR TIPO.

 CONTACTO LITOLÓGICO SUPUESTO ENTRE FORMACIONES SIN ESPECIFICAR TIPO.

 **N.F.** NIVEL FREÁTICO SUPUESTO (MARZO 2006)

CAMPAÑAS PREVIAS

TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO REALIZADOS EN ESTUDIOS ANTERIORES

SE-00  SONDEO MECÁNICO

PD-00  PENETRACIÓN DINÁMICA

CE2-00  CALICATA

PZ-00  ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁTICA Y PIEZOCONO

CAMPAÑA COMPLEMENTARIA 2009

SE-00  SONDEO MECÁNICO

PZ-00  PIEZOCONO

CAMPAÑA PROPUESTA

PROPUESTA DE CAMPAÑA. INECO. 2020

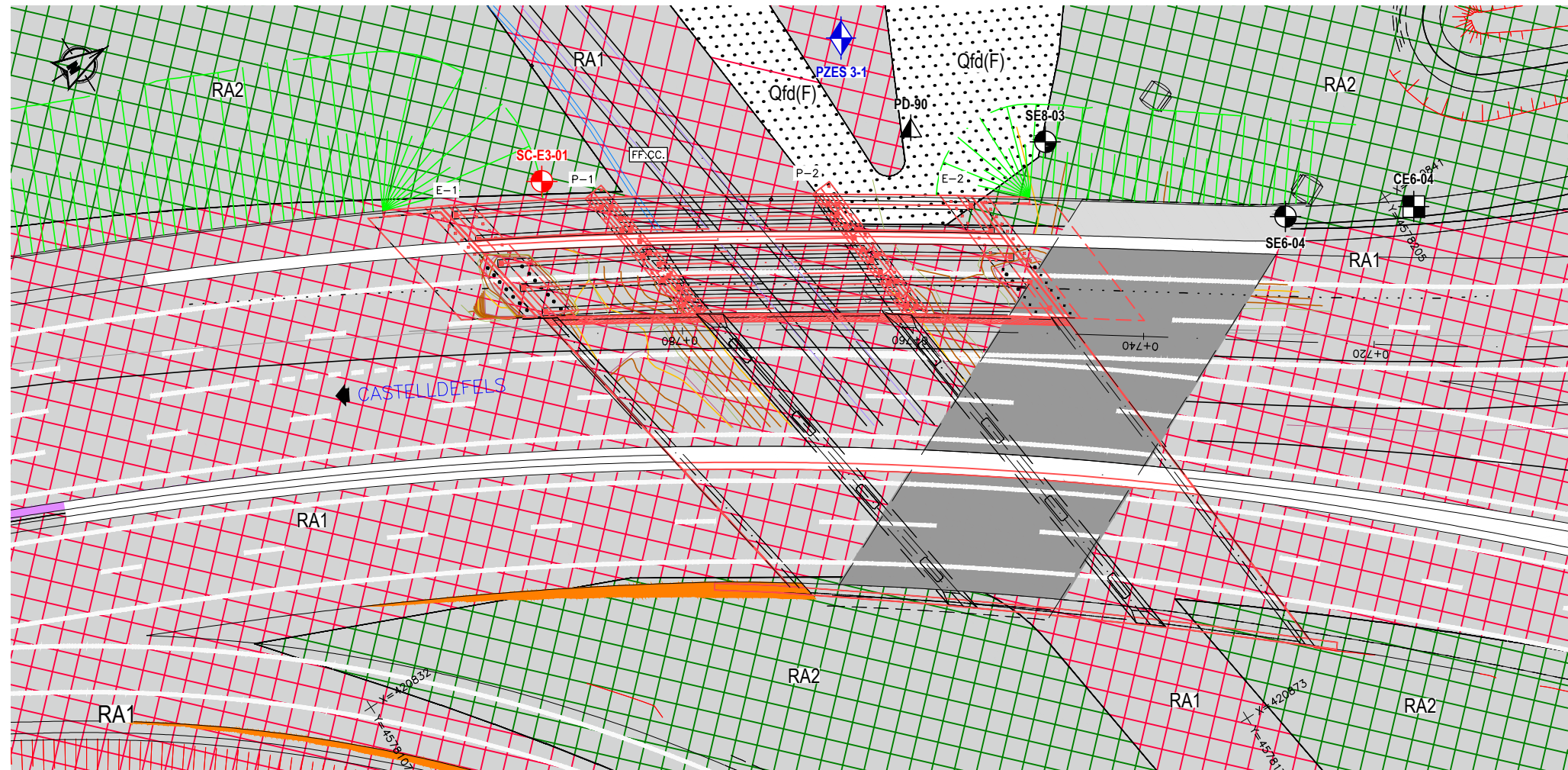
SC-E00-00  SONDEO MECÁNICO

PM-0-00  PENETRACIÓN DINÁMICA

CM-0-00  CALICATA

P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 2_H1 E-3.dwg

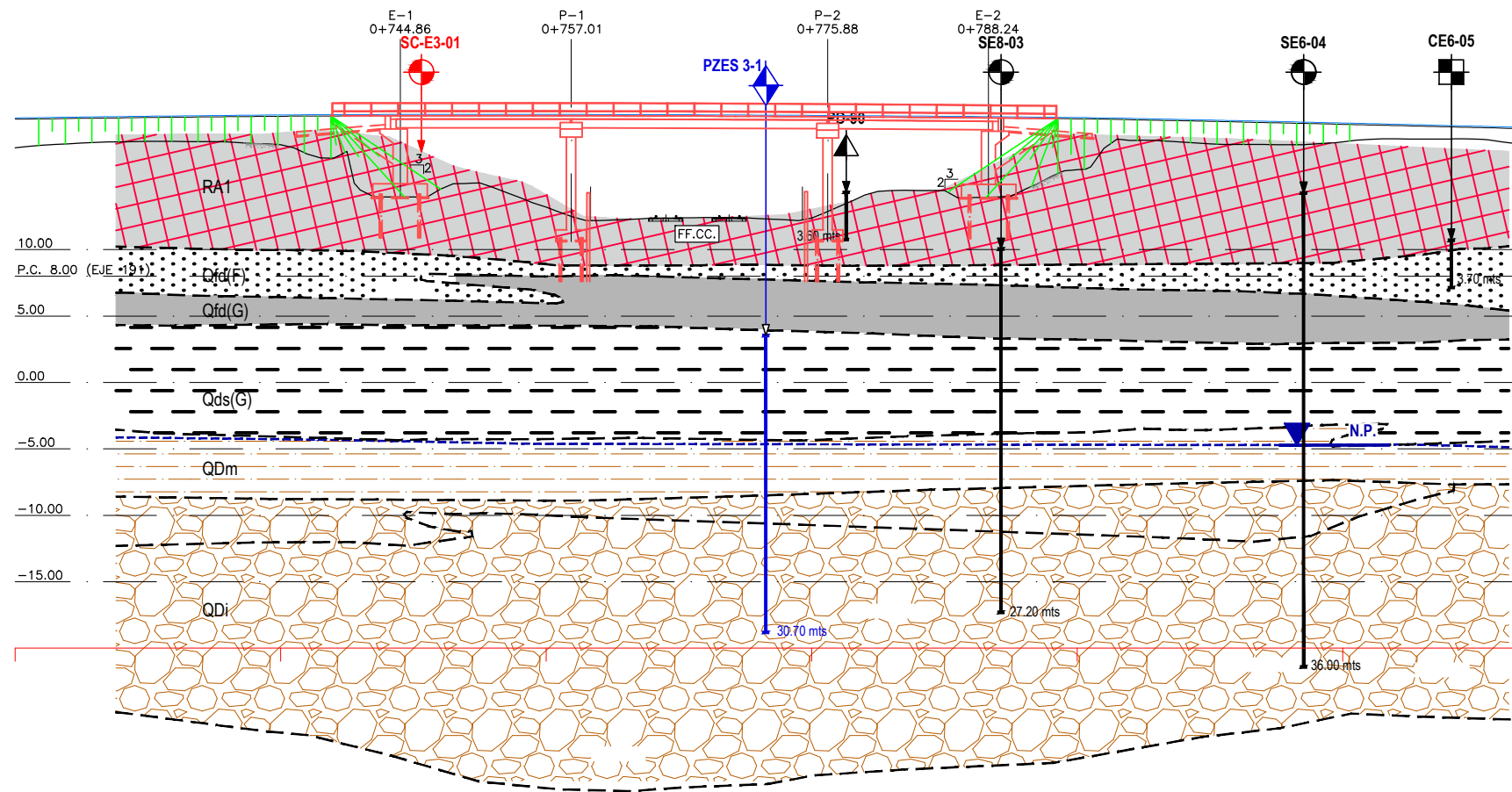
PLANTA
ESCALA 1:250



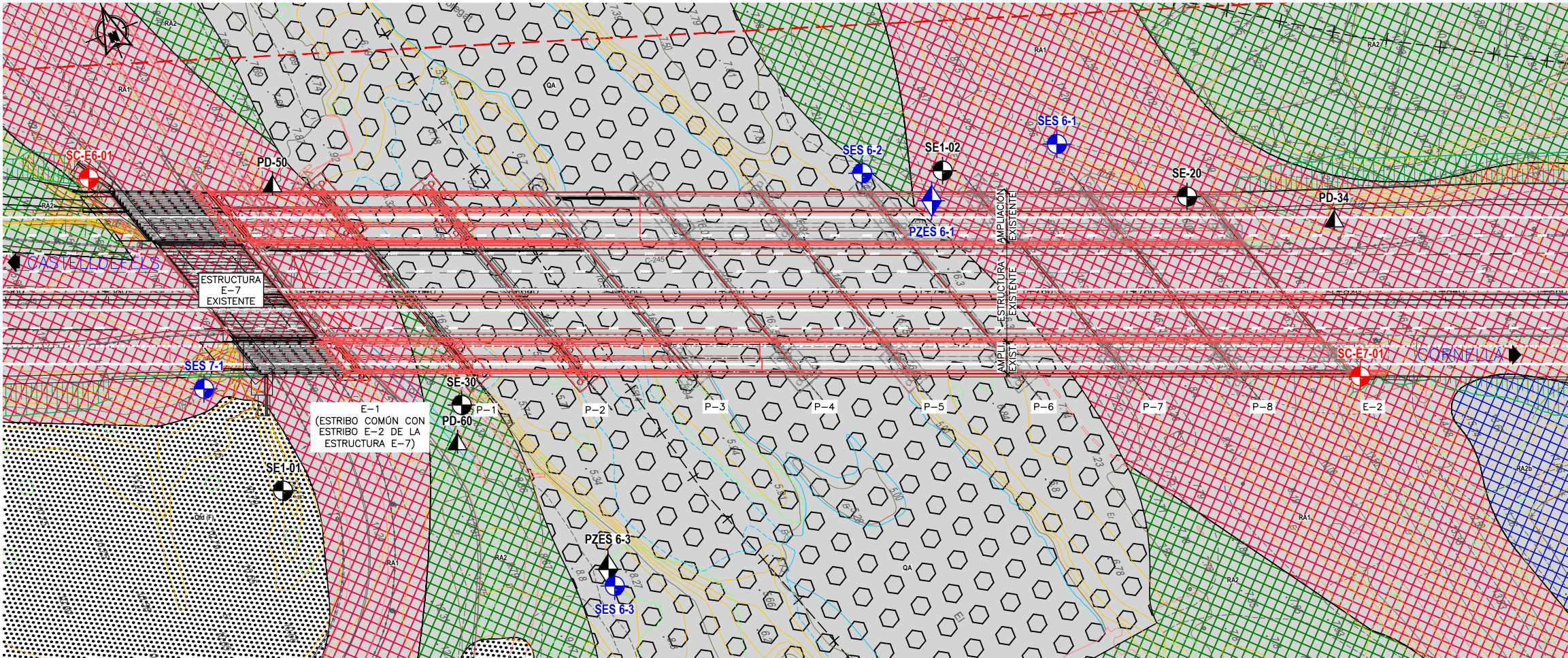
ALZADO FRONTAL

ESCALA 1:250

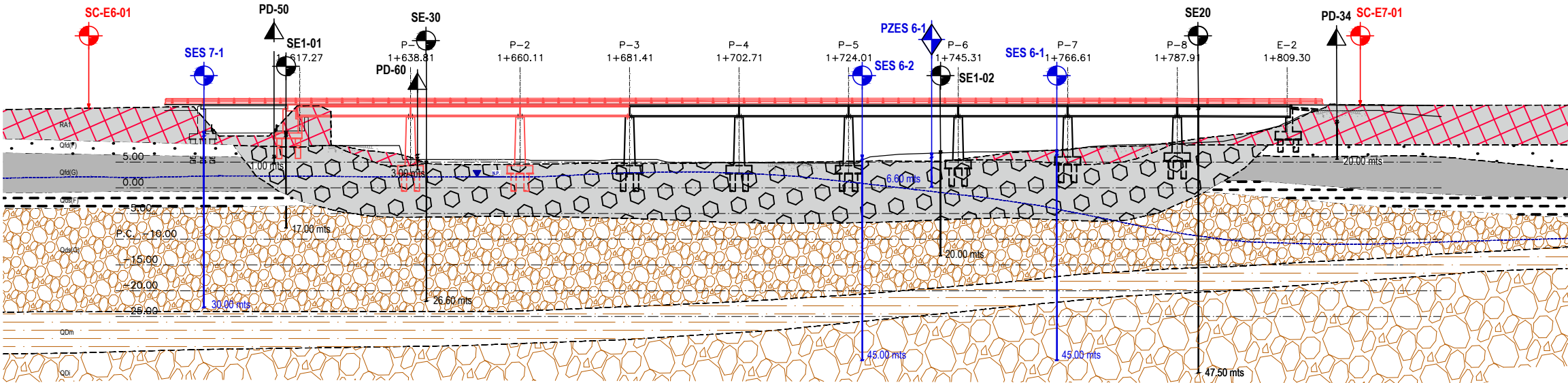
() LUZ MEDIDA EN DESARROLLO SOBRE EJE DE TRAZADO (EJE 191)



P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 2_H2 E-6.dwg

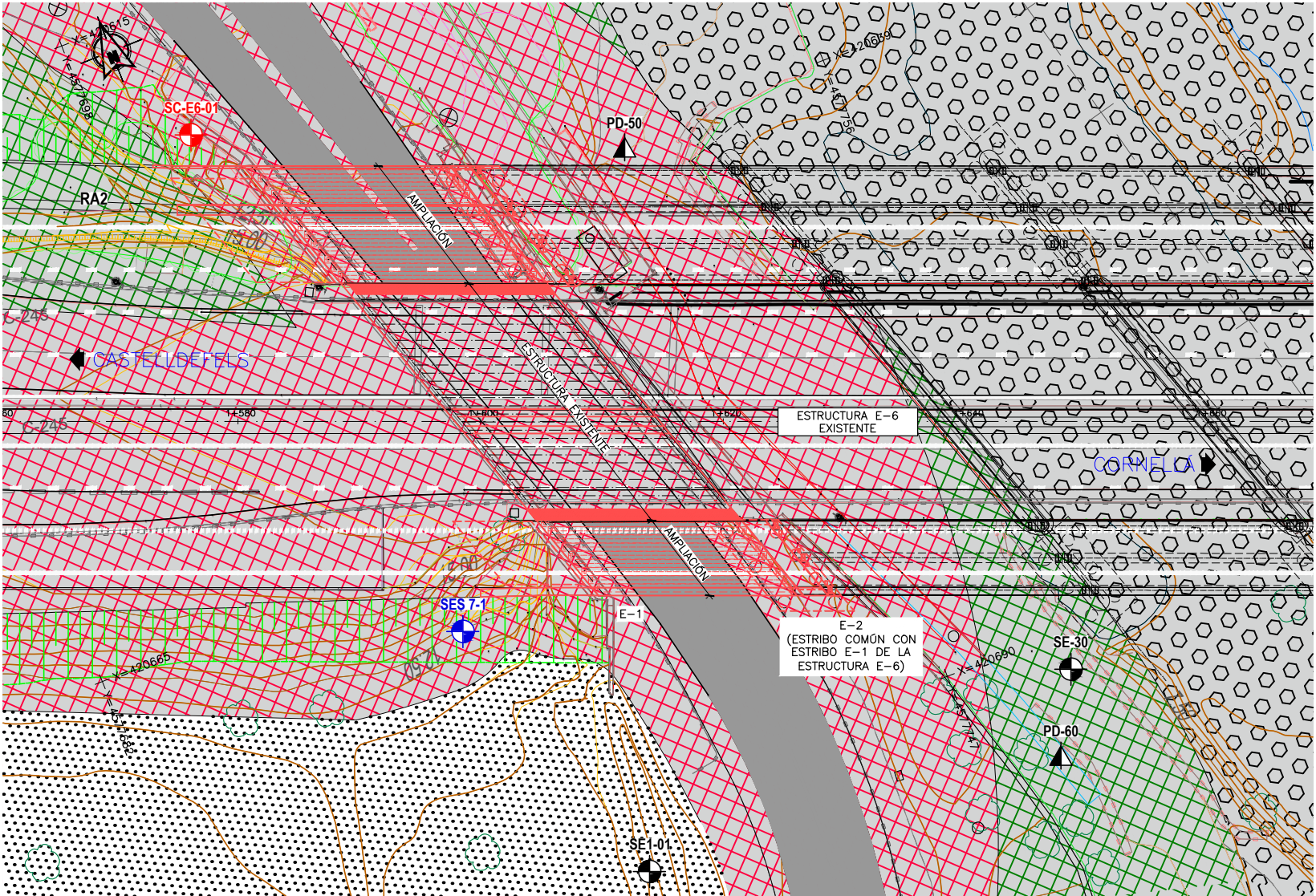


PLANTA SITUACIÓN ACTUAL
ESCALA 1:500

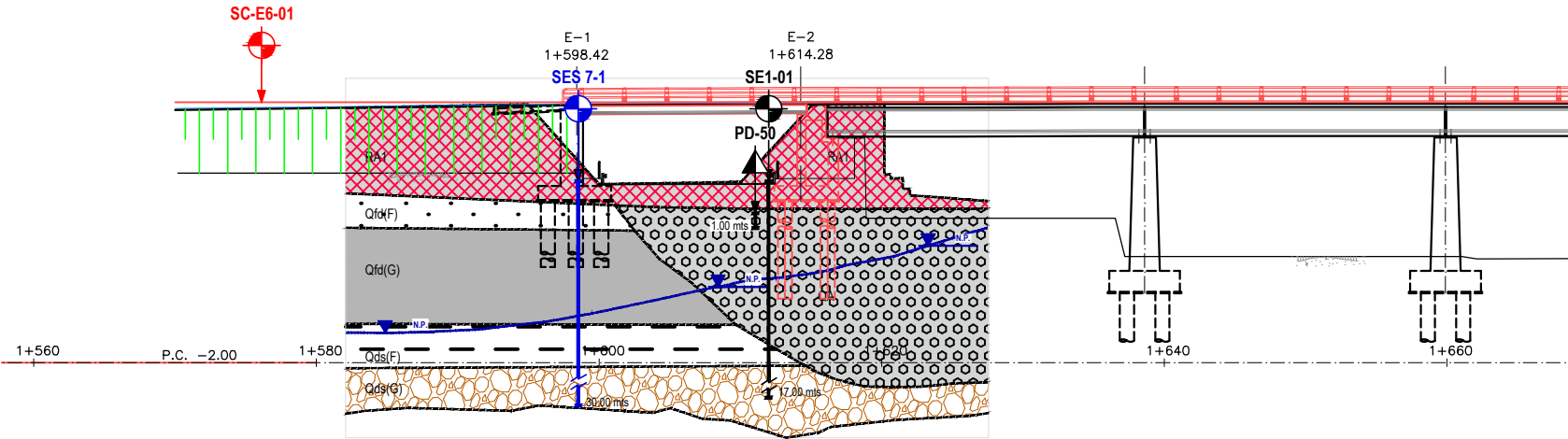


ALZADO FRONTAL
ESCALA 1:500

P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 2_H3 E-7.dwg



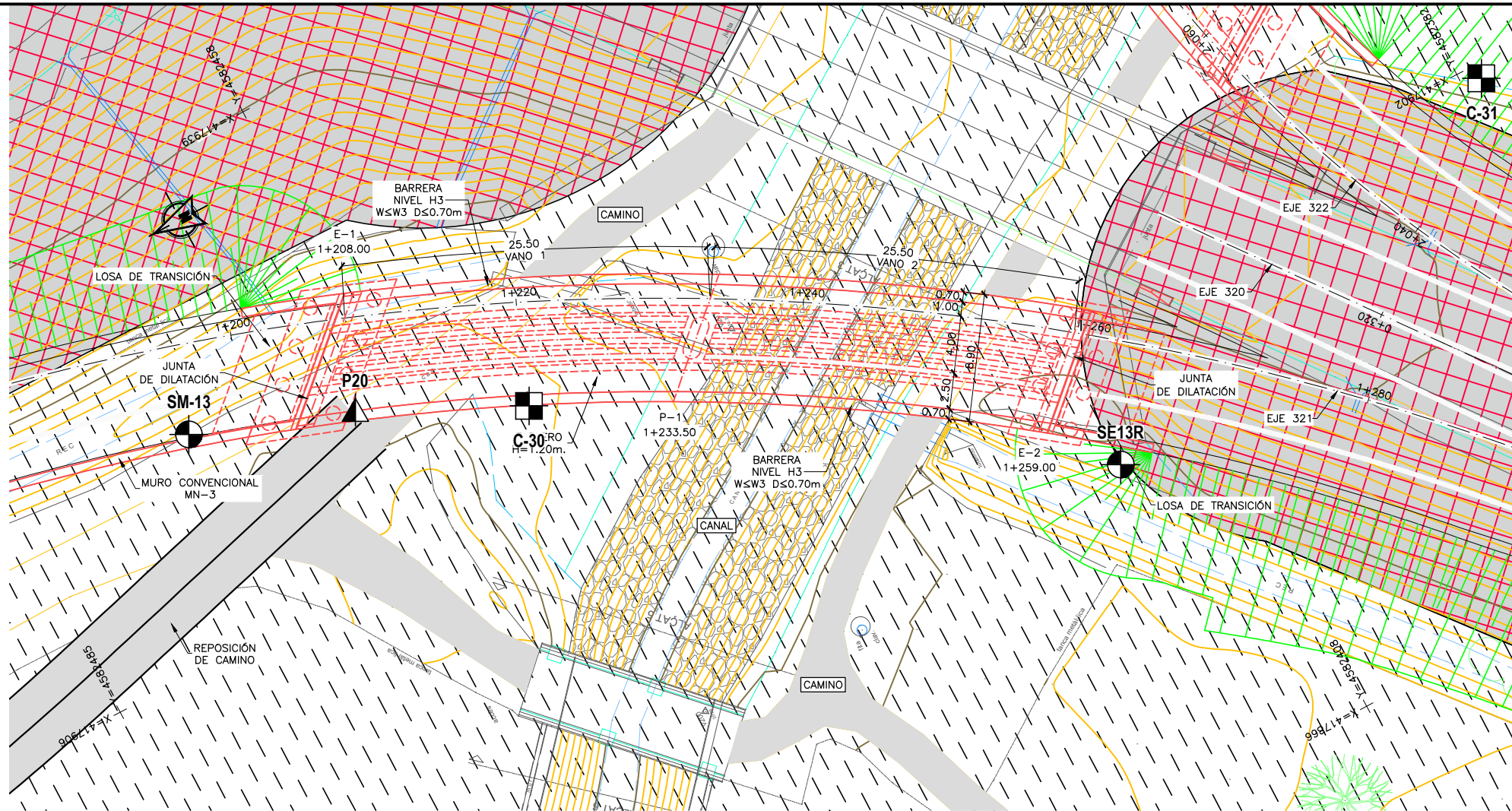
PLANTA SITUACIÓN ACTUAL
ESCALA 1:250



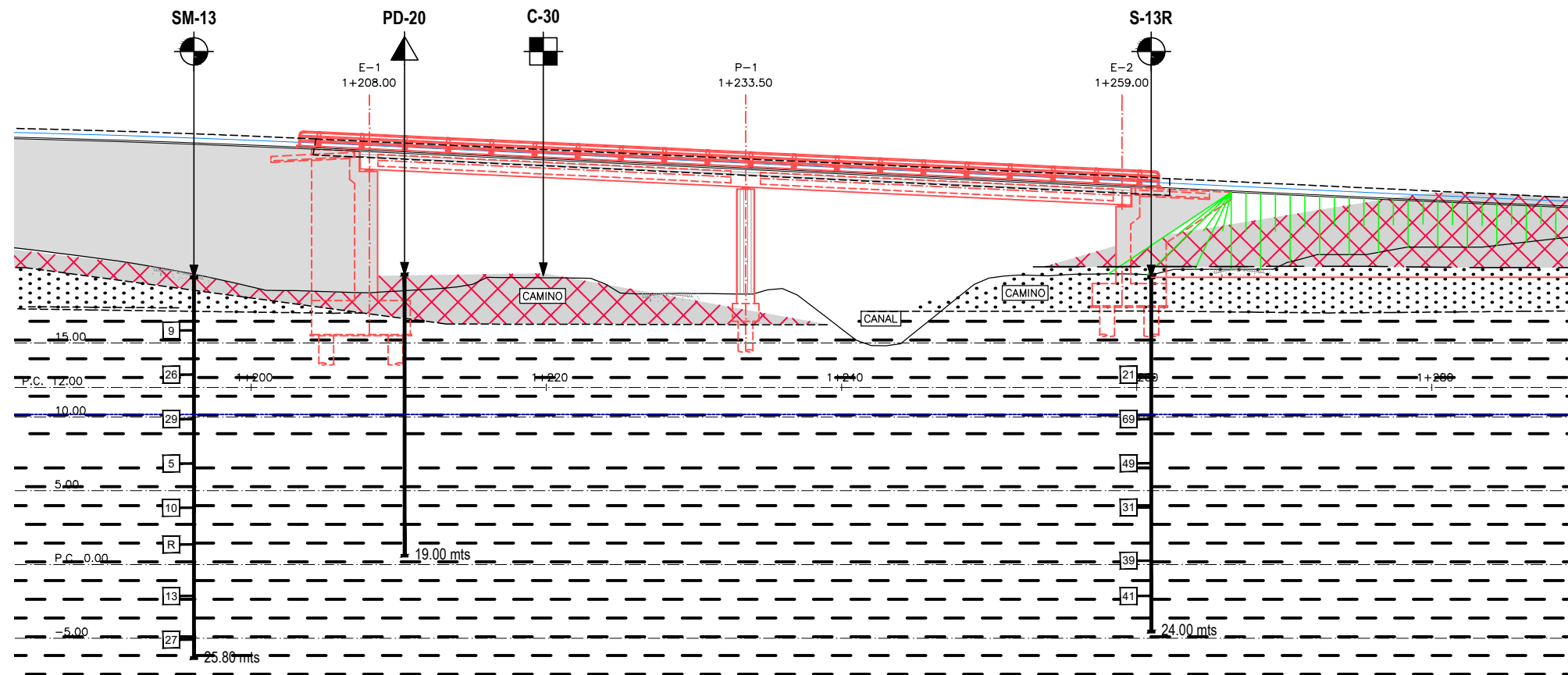
ALZADO FRONTAL
ESCALA 1:250

P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 2_H4 EN-6_Alter 1.dwg

PLANTA
ESCALA 1:200

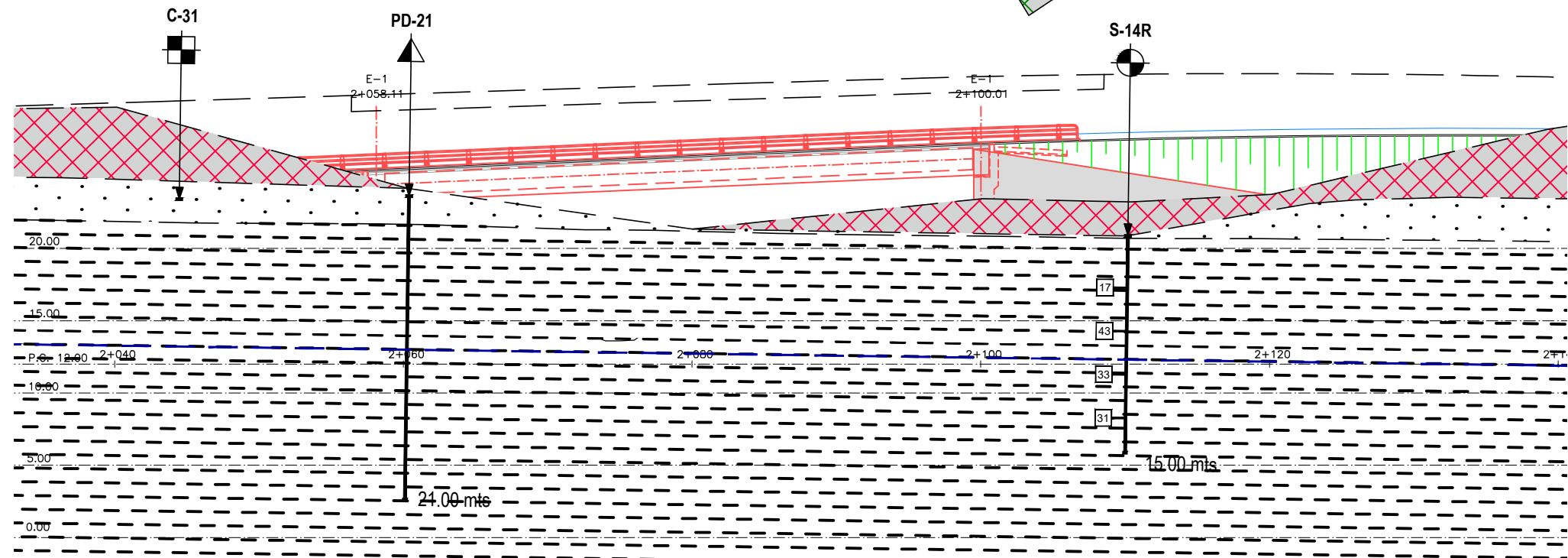
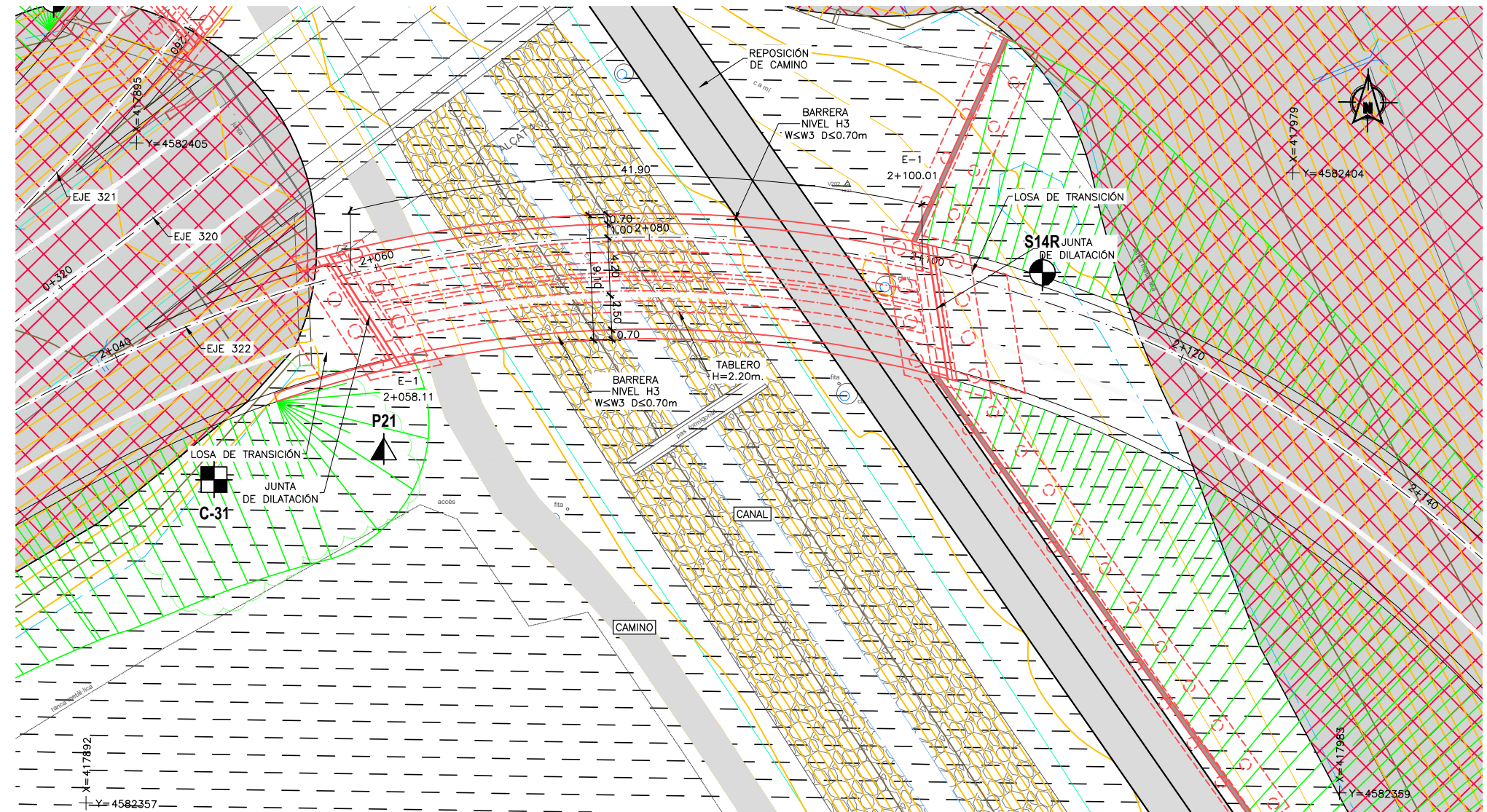


ALZADO FRONTAL
ESCALA 1:200



P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03 ejec\03_GRAFICOS\02 ProyTrazFase01_Rev\01 Anejos\12 Geotecnia del corredor\PLANO 2_H5 EN-7_Alter 1.dwg

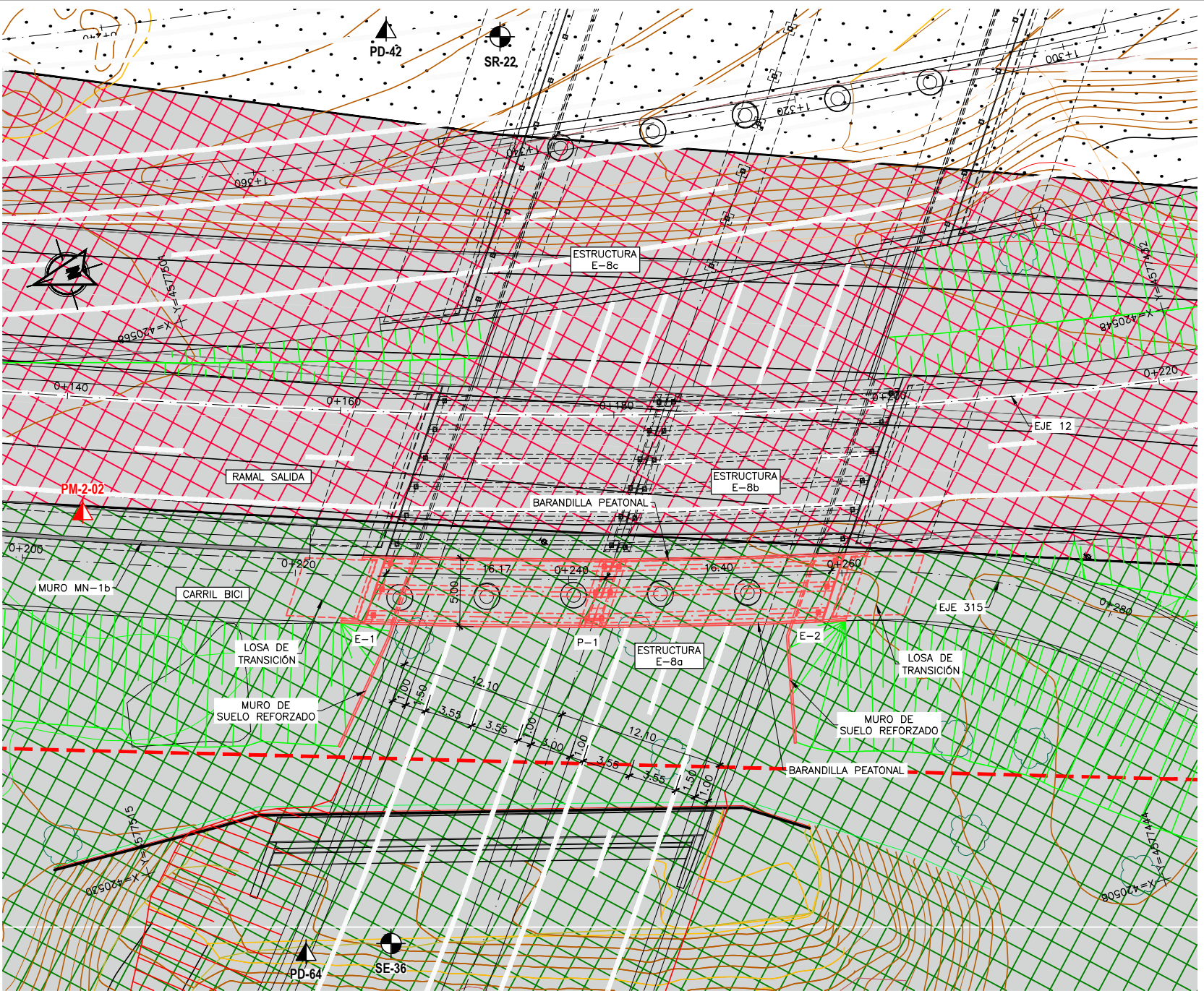
PLANTA
ESCALA 1:200



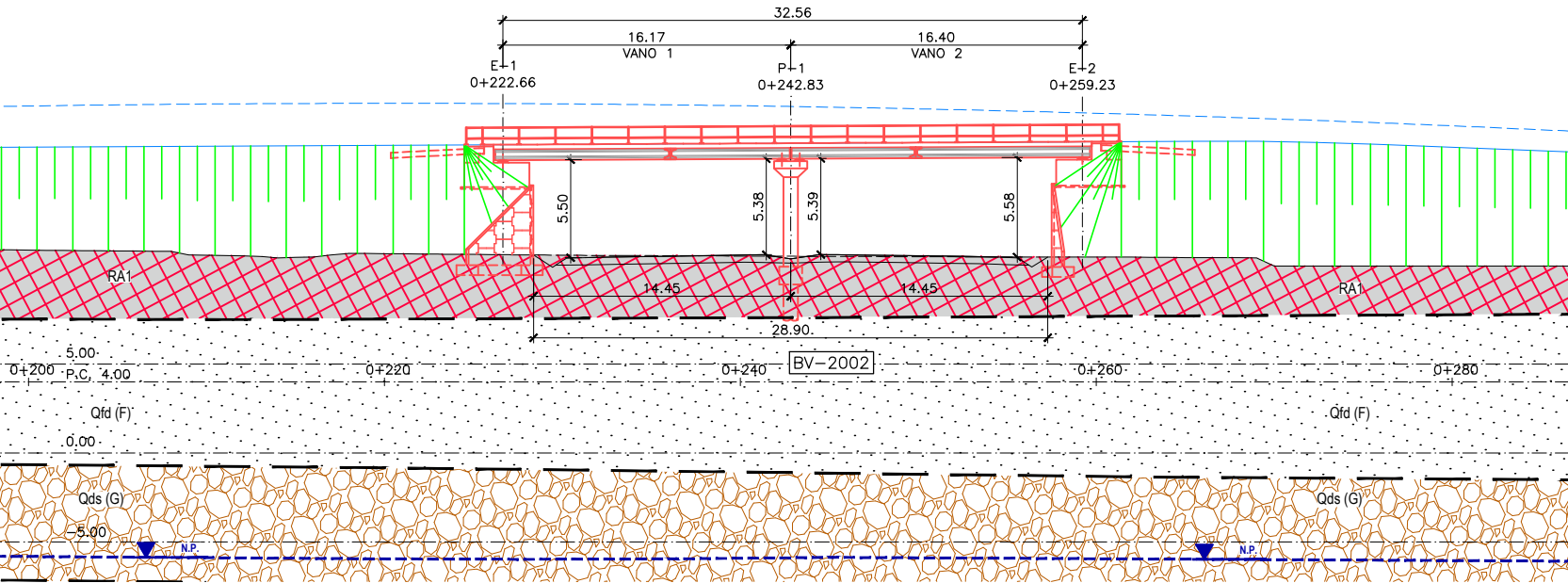
ALZADO FRONTAL
ESCALA 1:200

P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03_ejec\03_GRAFICOS\02_ProjTrazFase01_Rev\01_Anejos\12_Geotecnia del corredor\PLANO 2_H6 E-8a.dwg

PLANTA SITUACIÓN ACTUAL
ESCALA 1:200

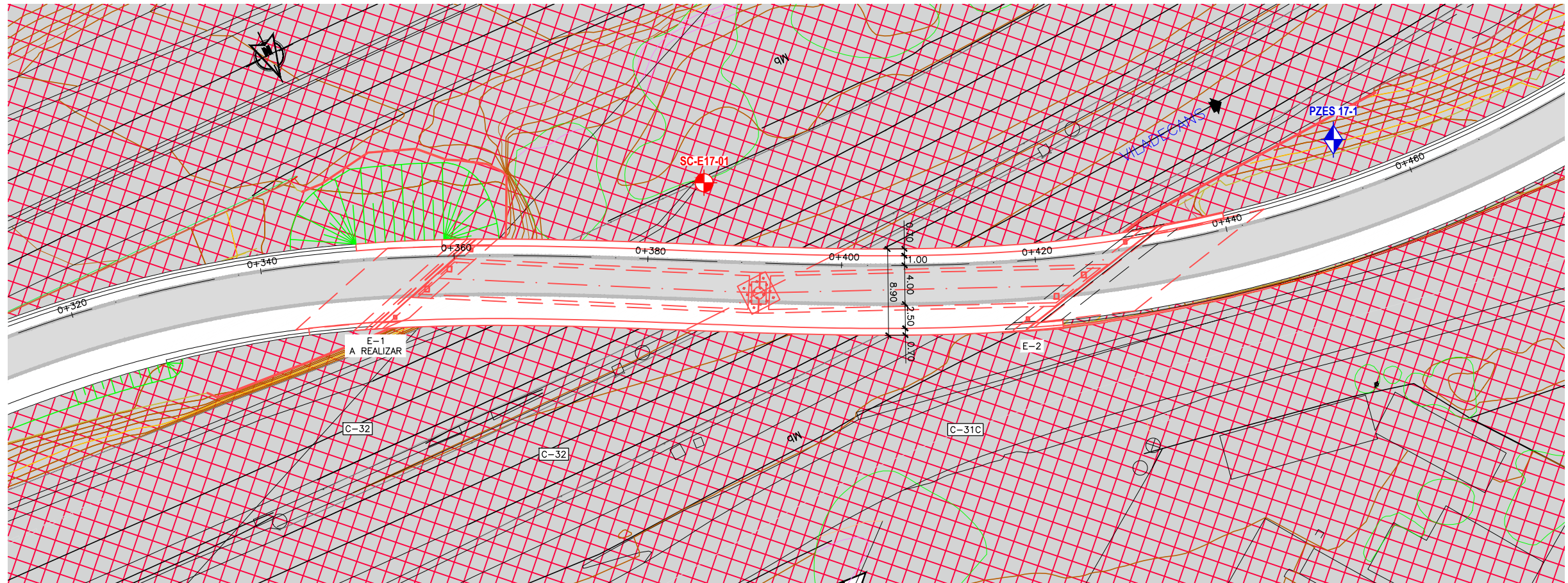


ALZADO FRONTAL
ESCALA 1:200

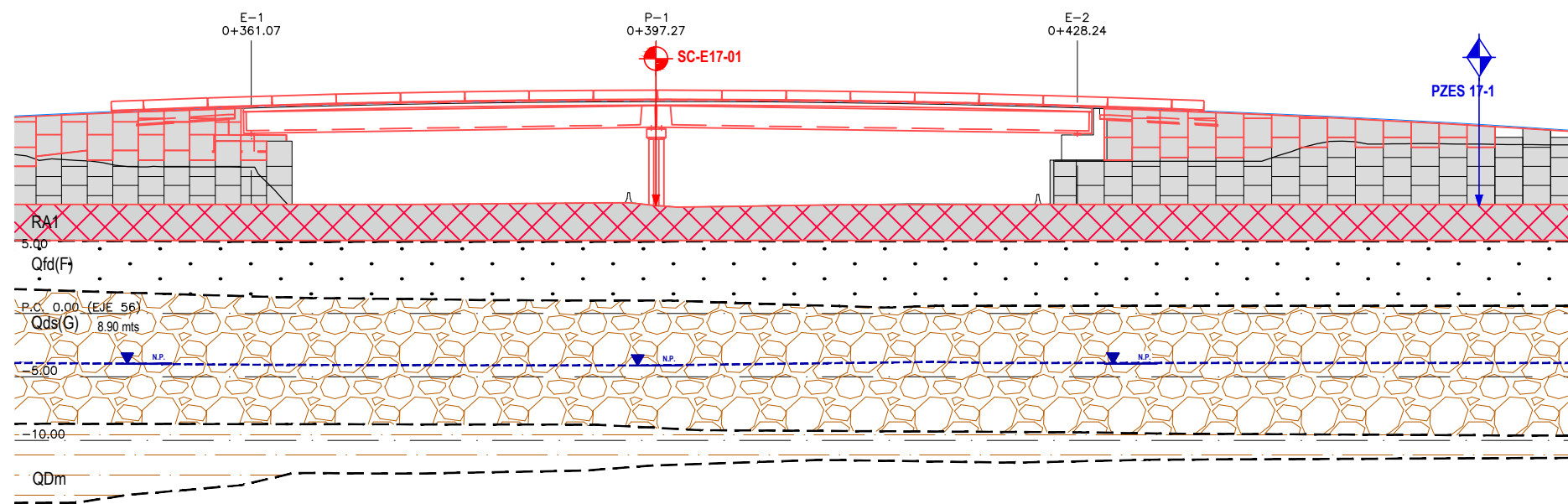


P:\2019\191603\02_doc_tecnica\02.03_ejec\03_GRAFICOS\02_ProjTrazFase01_Rev\01_Anejos\12_Geotecnia del corredor\PLANO 2_H7 E17.dwg

PLANTA
ESCALA 1:250



ALZADO FRONTAL
ESCALA 1:250
() LUZ MEDIDA EN DESARROLLO SOBRE EJE DE TRAZADO



APÉNDICE 1. PROPUESTA DE CAMPAÑA GEOTÉNICA

PROPUESTA DE CAMPAÑA PARA EL PROYECTO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS DE LA PROLONGACIÓN DE LA AUTOVÍA DEL BAIX LLOBREGAT. TRAMO: RONDA LITORAL - AUTOPISTA A-16 Y CANAL RONDA PONENT

PROPUESTA DE CAMPAÑA

01/03/21

ÍNDICE

I

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO..... 1

1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES 1

2 ANTECEDENTES..... 3

2.1 PROYECTO RONDA LITORAL Y AUTOPISTA A-16 3

2.2 CANAL RONDA PONENT..... 4

2.3 PROYECTO HINCAS..... 4

3 ENCUADRE GEOLOGICO / GEOTÉCNICO..... 4

4 CAMPAÑA GEOTÉCNICA PROPUESTA PARA EL PROYECTO RONDA LITORAL Y AUTOPISTA A-16 5

4.1 INTRODUCCIÓN 5

4.2 TRABAJOS DE CAMPO 5

4.3 PROPUESTA DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA POR ESTRUCTURA..... 6

4.4 JUSTIFICACIÓN CAMPAÑA DE PERMEABILIDAD EN LAS BALSAS Y EN LA PANTALLA ANTISOCAVACIÓN..... 8

5 CAMPAÑA GEOTÉCNICA PROPUESTA PARA EL PROYECTO CANAL RONDA PONENT..... 8

6 CAMPAÑA GEOTÉCNICA PROPUESTA PARA LAS HINCAS 8

7 MEDICIÓN..... 9

8 DESCRIPCIÓN DE LOS RECONOCIMIENTOS 9

8.1 SONDEOS 9

8.2 CALICATAS MECÁNICAS 9

8.3 PENETRACIONES DINÁMICAS CONTINUAS TIPO DPSH 10

8.4 ENSAYOS IN SITU 10

9 ENSAYOS DE LABORATORIO..... 11

10 CONDICIONES DE EJECUCIÓN PARA LOS TRABAJOS DE CAMPO..... 11

10.1 CONDICIONES GENERALES..... 11

10.2 SONDEOS CON RECUPERACIÓN DE TESTIGO..... 12

10.3 PIEZOMETRÍA, TESTIFICACIÓN Y MUESTREO 12

10.4 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA..... 13

10.5 CALICATAS MECÁNICAS 13

10.6 REFERENCIACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS 13

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

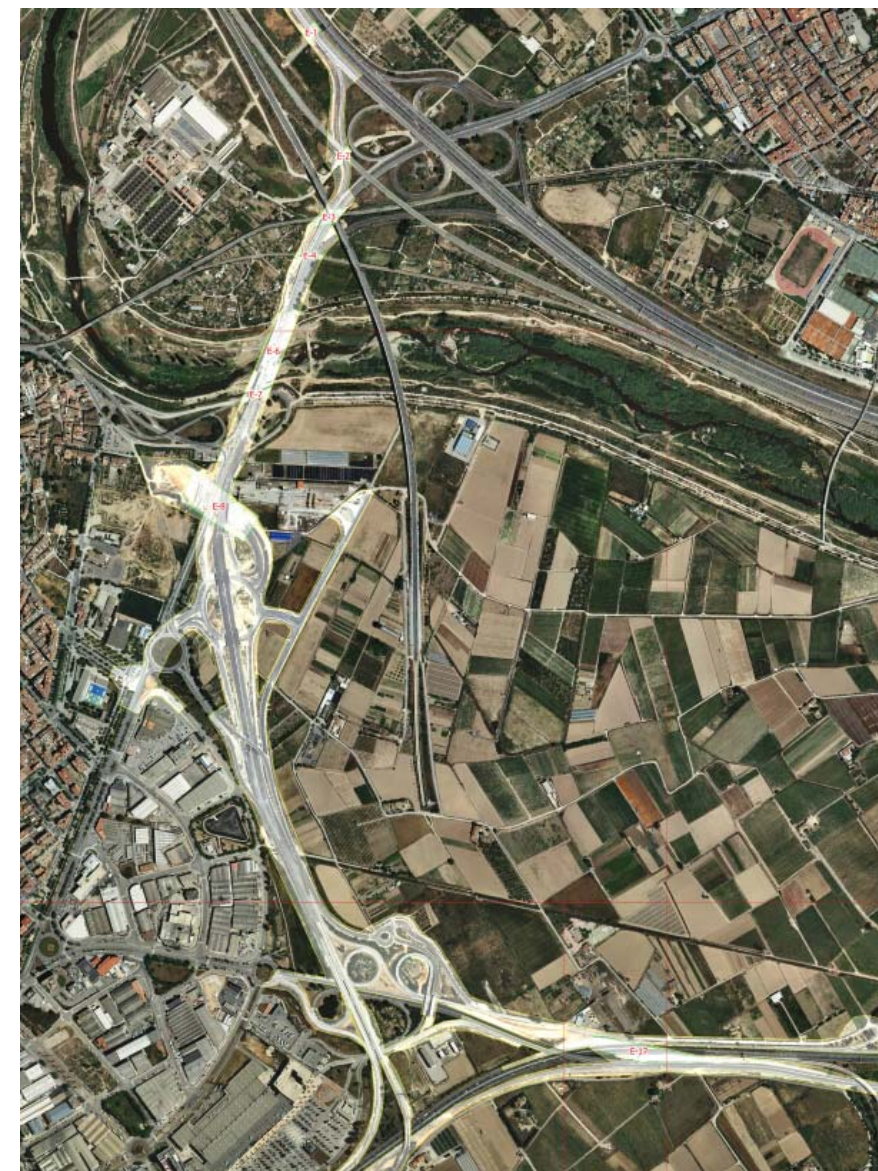
El objetivo del presente documento es el planteamiento de las prospecciones y los ensayos necesarios a ejecutar para el reconocimiento del subsuelo, determinación de la estratigrafía y caracterización de los suelos existentes bajo las actuaciones definidas en el “Proyecto de Terminación de las obras de la prolongación de la autovía del Baix Llobregat. Tramo: Ronda Litoral – Autopista A-16”; así como para las obras a realizar a lo largo del trazado del Canal Ronda Ponent y las dos posibles hincas a realizar en el ámbito de sant Boi y en la zona del Prat.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES

La primera de las actuaciones conecta la autopista A-2 con la actual autovía C-32 (antigua A-16) y mejora un total de 6 enlaces ubicados en el entorno del tronco: Nudo Cornellá, Nudo Sant Boi Norte, Nudo Sant Boi Sur, Nudo C-32 con B-201, Centro Direccional y Enlace de Mas Blau.

Las obras incluyen la construcción de 2 kilómetros de autovía, la mejora de 6 enlaces, la ejecución de 12 nuevas estructuras (5 pasos inferiores, 7 pasos superiores), la ampliación de 9 estructuras (actual viaducto sobre el Llobregat, 7 pasos inferiores, 1 paso superior) y la transformación en autovía de la C-245 desde el Nudo Cornellá hasta el cruce con la carretera BV-2002.

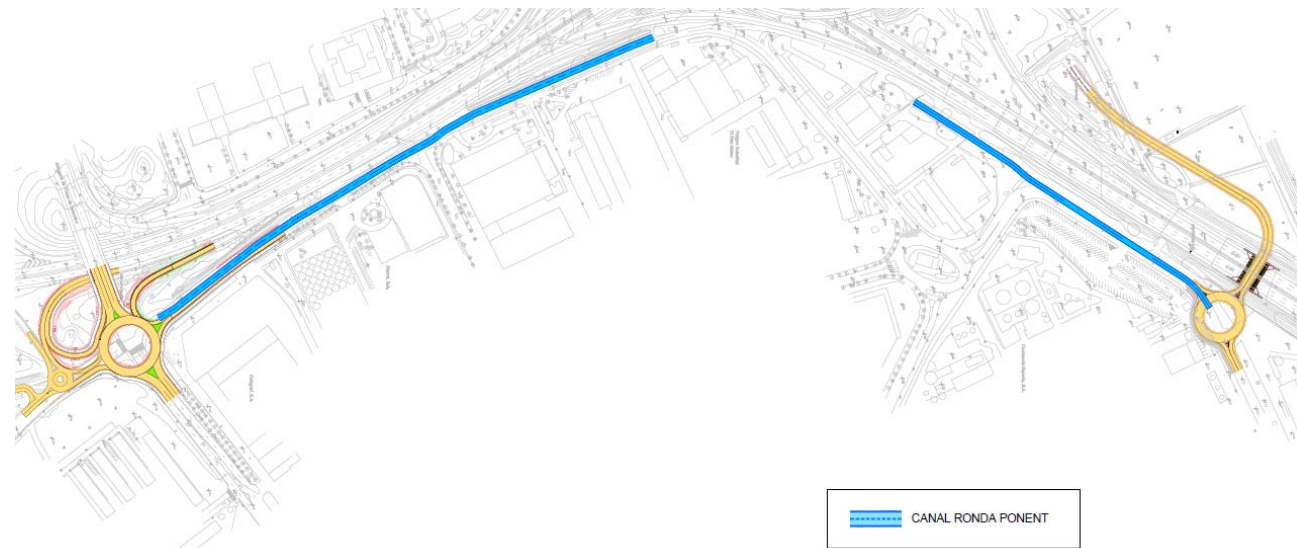
El trazado comienza en el Enlace de Cornellá en el cruce de la carretera C-245 con la A-2, discurre en dirección sur por el término municipal de Sant Boi de Llobregat al este de la población y finaliza en el enlace con la autovía C-32 (Antigua A-16). La sección transversal del tronco consta de doble calzada de 7 metros de ancho, con arcenes exteriores de 2,5 metros e interiores de 1 metro.



Esquema del Proyecto de Terminación de las obras de la prolongación de la autovía del Baix Llobregat.

Tramo: Ronda Litoral – Autopista A-16

Por otro lado, la segunda actuación implica la construcción de un canal de hormigón armado de 1,5 m de altura libre y ancho variable entre 4,0 y 5,5 m, con una longitud de unos 1.450 m.



Esquema del Proyecto del Canal Ronda Ponent.

Respecto a las posibles hincas a realizar, la primera de ellas se ubicaría en el ámbito de Sant Boi, mientras que la segunda estaría en la zona del Prat, tal y como puede apreciarse en las siguientes imágenes de satélite:



Posible ubicación de la hinca de Sant Boi.



Posible ubicación de la hinca del Prat.

Ambas hincas se proyectan para el paso de líneas eléctricas de MT de ENDESA.

En la primera de ellas (en el entorno de la estación de Sant Boi), la dificultad estriba en el cruce bajo el ferrocarril, junto al cual hay un canal de regantes de grandes dimensiones, por lo que la hinca ha de ser bastante profunda.

La segunda hinca, en la zona del polígono de El Prat, cruzaría la B22 a menor profundidad.

En función de las características de los proyectos objeto en estudio, y para una mejor comprensión de los mismos se presentarán, por separado, las propuestas de campaña de campo y ensayos de laboratorio para cada uno de ellos, con el objetivo de dar respuesta a todos los condicionantes geológico-geotécnicos de los proyectos, característicos de una obra de carácter lineal, completando la información existente, procedente de la recopilación de proyectos previos en la zona.

Estas campañas se definen atendiendo a los siguientes objetivos:

- Definir los parámetros resistentes y deformacionales del terreno necesarios para el dimensionamiento geotécnico de las cimentaciones de estructuras.
- Investigar la posición del nivel freático y la permeabilidad de los terrenos atravesados por el trazado.

- Analizar la posible agresividad del medio, suelos y aguas freáticas, con objeto de establecer los correspondientes ambientes de exposición según la actual normativa.

Para todo ello, se prevé también la realización de ensayos de laboratorio sobre muestras tomadas de los sondeos y calicatas, con objeto de caracterizar geotécnicamente los materiales afectados por el trazado.

A la hora de plantear los reconocimientos a realizar, se ha aplicado la “Nota de Servicio 3/2012. Recomendaciones sobre la campaña geotécnica en los proyectos de la Dirección General de Carreteras”, en los apoyos de estructuras no construidas en los que no se dispone de investigación. En lo que respecta a las obras del canal o las hincas, la Nota de Servicio 3/2012 no sería de aplicación si bien, la campaña propuesta para el canal, se ha asimilado a la que se definiría para un relleno en base a la citada Nota de Servicio; mientras que, para la campaña en la zona de las hincas, se ha seguido el siguiente documento: “*Criterios de valoración técnica a tener en cuenta en las resoluciones/informe de autorizaciones de cruces subterráneos (hincas) de la Demarcación de carreteras del Estado en Madrid*”, realizado por Ineco en 2014.

El número y posición de los puntos propuestos responde a criterios de representatividad del subsuelo y a la accesibilidad de la maquinaria y/o personal utilizado en cada uno de los casos considerando, en cualquier caso, los mínimos reconocimientos geotécnicos que se crean necesarios para poder caracterizar geotécnicamente el terreno.

Se prestará especial atención a la definición o confirmación de las características geotécnicas de aquellas unidades que, por su naturaleza, pudieran presentar algún tipo de condicionante geotécnico para la ejecución de las actuaciones previstas.

2 ANTECEDENTES

2.1 PROYECTO RONDA LITORAL Y AUTOPISTA A-16

Como antecedentes del tramo comprendido entre la Ronda Litoral y la Autopista A-16 perteneciente a la autovía del Baix Llobregat, se dispone una serie de proyectos de los que ha sido posible recopilar información geotécnica. Esta información ha servido de base para la propuesta de campaña que se presenta en este documento, la cual ha permitido optimizar el número y emplazamiento de las nuevas investigaciones.

Dichos proyectos se enumeran a continuación:

- Proyecto Modificado Nº1 “Prolongacion de la autovía del Baix Llobregat. Tramo: Ronda Litoral – Autopista A-16”, realizado en agosto de 2010.
- Proyecto Modificado de “Prolongacion de la autovía del Baix Llobregat. Tramo: Ronda Litoral – Autopista A-16”, realizado en febrero de 2008.
- “Proyecto de Construcción Prolongación Autovía del Baix Llobregat. Tramo: Ronda Litoral – Autopista A-16”, redactado en Julio de 2006.

Concretamente, en el Proyecto Modificado Nº1, se realizaron sendas campañas geotécnicas complementarias; en noviembre de 2009; tanto para el estudio de los terraplenes y como para el estudio de las estructuras. De ellas, se han recopilado un total de 14 sondeos y 15 ensayos de penetración estática, tipo CPTU. De los proyectos anteriores se ha contado con información procedente de 28 sondeos, 36 ensayos de penetración dinámica y 9 calicatas.

Se presenta, a continuación, una tabla con la distribución por cada estructura de los reconocimientos anteriormente indicados. Su ubicación, en planta, puede ser consultada en los planos adjuntos.

ESTRUCTURA	ESTRIBO	RECONOCIMIENTOS PREVIOS		
		CAMPAÑAS PREVIAS	CAMP. COMPL. TERRAPLÉN (2009)	CAMP. COMPL. ESTRUCT (2009)
E-1	Derecho	PD-91		PZES 1-1 (27,35m)
	Izq.	SE-8-01		
E-2	Derecho	SE-8-02		
	Izq.			
E-3	Derecho	SE-6-04, PD-90		PZES 3-1 (8,83 m)
	Izq.	SE-6-05		
E-4	Derecho	SE-7-02, PD-87		
	Izq.	PD-89		
E-5	Derecho	PD-86		
	Izq.	PD-88		
E-6 y E-7	Estribo 1	SE-30, SE 1-01, PD-60, PD-50		SES-7-1 (30 m)
	Pilas	SE 1-02, SE-6-01 al SE-6-22, SE-7-01 y 02		PZES 6-2, SES-6-3 (45 m), SES-6-2 (45 m), PZES 6-1, SES-6-1 (45 m)
	Estribo 2	SE-20 (47,5 m), PD-34		
E-8	Izq.	SR-36, PD-64		
	Derecho	SR-22, PD-42		
E-9				SES-9-1 (40,1 m), PZES 9-1
E-10		SE-35		
E-11 (NUDO SANT BOI-CORNELLÁ)	Derecho	SR-24, PD-41	S-2	
	Izq.	PD-66, PD-65	PZ-6	
E-12 (NUDO SANT BOI-CORNELLÁ)	Derecho	PD-38, PD-67, CE-123	S-3, PZ-4	
	Izq.	SE-37, PD-40	PZ-5	
E-13	Izq.	SR-26 (39 m), PD-51		SES 13-1
E-14	Derecho	CE-122, PD-68		
E-15	Izq.			SES 15-1 (30 m), PZES 15-1 (28,07 m)
	Derecho	SE-34, PD-71		
E-17	Izq.	SE-39, PD-75 (ceranos)		PZES 17-1 (14,12 m)
	Derecho			

ESTRUCTURA	ESTRIBO	RECONOCIMIENTOS PREVIOS		
		CAMPAÑAS PREVIAS	CAMP. COMPL. TERRAPLÉN (2009)	CAMP. COMPL. ESTRUCT (2009)
E-18	Izq.	SE-42, PD-81		
	Derecho	CE-124		SES-18-1
E-19	Izq.	SR-21, CE-125, PD-24, PD-82	PZ-7	
	Derecho		S-1, PZ-3	
E-20	Izq.	PD-22	S-4	
	Derecho	SE-32, PD-72, CR-107	PZ-1	
E-21	Izq.	SE-3-04, CE-126, PD-83	S-6, PZ-2	
	Derecho	SE-41, PD-84, PE-3-04		
E-22	Izq.	SE-38, PD-74, CE-6-13, CE-6-14		
	Derecho			
MUROS				
NUEVO MURO. P.K. 1+335-1+470		SR-22, PD-42		
NUEVO MURO. P.K. 1+350-1+470		SE-36, PD-64 (ceranos)		
MURO 1				
MURO 2				
MURO 3		PD-75		PZES 17-1 (14,12 m)
MURO 4		SE-39, SE-4-01, PD-75		
MURO 6				
MURO 7		-		-
MURO 11				
MURO 12		PD-44, CR-103		
MURO 14				
MURO 15		SR-22, PD-42		
MURO 16				SES-9-1, PZES 9-1
MURO 17				

Reconocimientos recopilados de proyectos anteriores.

2.2 CANAL RONDA PONENT

Como antecedentes del Proyecto del Canal Ronda Ponent, se dispone de los siguientes proyectos de los que ha sido posible recopilar información geotécnica:

- Proyecto Ampliación de la autovía del Baix Llobregat. Tramo: Ronda Litoral – Autopista A-16”, realizado en 2010.
- “Proyecto de Construcción Enlace Autovía Llobregat y AP-7 en Castellbisbal”.

- “Proyecto de Construcción Prolongación Autovía del Baix Llobregat. Tramo: Ronda Litoral – Autopista A-16 en Sant Boi”, redactado en 2006.

De todos ellos, para el Proyecto del Canal Ronda Ponent, se ha contado con información procedente de 3 sondeos, 2 ensayos de penetración dinámica y 1 calicata.

Su ubicación, en planta, puede ser consultada en los planos adjuntos.

2.3 PROYECTO HINCAS

Respecto a las hincas, no se dispone de información geotécnica previa.

3 ENCUADRE GEOLOGICO / GEOTÉCNICO

La zona de estudio está situada en la unidad geomorfológica del Delta del Llobregat, sobre los materiales depositados por el propio río en el delta, en su margen derecha, y relativamente cerca del mar.

Al igual que otros deltas mediterráneos, el Delta del Llobregat presenta una compleja estructura interna de cuerpos sedimentarios que se acúñan en diferentes direcciones. Morfológicamente hablando el Delta del Llobregat es una llanura costera de pendiente muy baja, sin elevaciones notables. A escala local la zona afectada por la traza objeto del presente Proyecto se puede considerar prácticamente llana, con una ligera pendiente hacia la línea de costa.

A lo largo de la traza estudiada para el presente proyecto se han delimitado una serie de Litotipos, dentro de las diferentes unidades definidas, cuyas características se exponen a continuación:

UNIDADES			LITOLOGÍA	NIVEL
RELLENOS ANTRÓPICOS			Controlados	R
			Incontrolados	
Complejo Detrítico Superior	Unidad Superior	Subunidad llanura deltaica	Arcillas y limos continentales	1
		Subunidad playa somera	Arenas amalgamadas	2
		Subunidad playa profunda	Arenas, limos y arcillas	3
	Unidad Intermedia	Prodelta	Arcillas y limos grises	4
Complejo Detrítico Inferior	Unidad Basal	Aluvial - playa	Arenas y gravas	5

Unidad Superior: Dentro de esta unidad se han diferenciado tres subunidades: de llanura deltaica, de playa somera y de playa profunda

- Litotipo 1: Subunidad de Llanura Deltaica: Materiales más superficiales con presencia de fauna continental. Presenta alternancias, tanto decimétricas como centimétricas, entre las distintas fracciones granulométricas, pudiendo caracterizarla como arcillas y limos.

- Litotipo 2: Subunidad de playa somera: Materiales de clara influencia marina, con fósiles marinos. Se trata de arenas limosas desarrolladas como dunas litorales y playas aéreas o sumergidas.
- Litotipo 3. Subunidad de playa profunda: Materiales de clara influencia marina profunda, representando todas las gradaciones posibles entre los litotipos precedentes y las arcillas de la Unidad Intermedia.

Unidad Intermedia, formada mayoritariamente por arcillas limosas de tonalidades grises con numerosas vacuolas de desgasificación.

Unidad Basal, perteneciente ya al Complejo Detrítico Inferior y alberga al acuífero profundo confinado. Constituyen rellenos de antiguos cauces o canales que atravesaban el delta del Llobregat, con lo que encontraremos las facies más groseras en la base y las más finas a techo.

La hidrogeología de la zona está condicionada principalmente por un subsuelo complejo a nivel regional, descrito anteriormente, que da lugar a varias formaciones acuíferas interrelacionadas en la vertical y en la horizontal.

El acuífero del delta Llobregat en la zona de estudio presenta entre los aluviales unas capas poco permeables, la Unidad Intermedia, que bifurcan el acuífero en un acuífero superior libre y en otro inferior o profundo cautivo.

- El acuífero superior o libre que ocupa toda la superficie del Delta y está soportado por la Unidad Superior, con espesores que oscilan entre 5 y 20 m, en términos generales.
- Cuña intermedia situada entre las arenas del acuífero superior y por encima del nivel de gravas inferior, compuesto por un depósito de limos, arcillas y arenas muy finas en forma de cuña, con un espesor máximo de unos 40 m, que en términos hidrogeológicos constituye un acuitardo.
- El acuífero inferior, cautivo o profundo que constituye el nivel basal del delta y está formado por gravas y arenas y cubre casi toda la superficie deltaica. Presenta unos 10-12 metros de espesor en la zona del Aeropuerto.

4 **CAMPAÑA GEOTÉCNICA PROPUESTA PARA EL PROYECTO RONDA LITORAL Y AUTOPISTA A-16**

4.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de este apartado se presenta y justifica la propuesta de campaña que se considera adecuada para la obra en cuestión.

Dado que gran parte del trazado y de las estructuras ya han sido construidas y no se han detectado problemas geotécnicos relevantes, se han adaptado las recomendaciones de la Nota de Servicio 3/2012 en aquellas estructuras que aún no se han finalizado, teniendo en cuenta la información previa existente y el estado de las obras.

4.2 TRABAJOS DE CAMPO

En función de lo anteriormente indicado y siguiendo, en la medida de lo posible, la “Nota de Servicio 3/2012. Recomendaciones sobre la campaña geotécnica en los proyectos de la Dirección General de Carreteras”, se plantea la siguiente campaña geotécnica:

- Cinco (5) sondeos mecánicos a rotación, con longitudes comprendidas entre 15,0 y 50, 0 m y un total de 200,0 m de perforación.

Se valorará, asimismo, la ejecución de ensayos presiométricos en función de la tipología de la cimentación y de las litologías a perforar.
- Veintitrés (23) ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH, tanto para el estudio de los nuevos muros, como para el estudio de las pantallas acústicas, de las que aún se desconoce su ubicación definitiva.
- Veintiuna (21) Calicatas mecánicas con pala retroexcavadora. La distribución de las mismas será muy parecida a la de los ensayos de penetración dinámica, esto es, para el estudio de los nuevos muros y para el estudio de las pantallas acústicas; de las que aún se desconoce su ubicación definitiva; así como como para el estudio de la permeabilidad en las posibles ubicaciones de balsas.
- Tres (3) Testigos en hormigón, con el objeto de estudiar el estado actual de la estructura E-6, con sus ensayos correspondientes.
- Ensayos de laboratorio.

La nomenclatura utilizada será “SC-E1-01” para denominar los sondeos, “C-E1-01” para las calicatas mecánicas y “P-E1-01” para los ensayos de penetración dinámica.

La propuesta de emplazamiento para las investigaciones realizadas ha estado condicionada por la existencia de accesos.

En la siguiente tabla se describen los reconocimientos propuestos, su localización y profundidad, para cada una de las estructuras del proyecto, así como la justificación del cumplimiento de la Nota de Servicio 3/2012. Además, se incluye un comentario acerca del estado de las estructuras.

Su ubicación en planta puede ser consultada en el Apéndice 1.

Esta propuesta de campaña será debidamente ajustada en función de los resultados que se vayan obteniendo durante su ejecución.

4.3 PROPUESTA DE CAMPAÑA GEOTÉCNICA POR ESTRUCTURA

ESTRUCTURA	ESTRIBO	RECONOCIMIENTOS PREVIOS			PROPUESTA CAMPAÑA 2021				
		CAMPAÑAS PREVIAS	CAMP. COMPL. TERRAPLÉN (2009)	CAMP. COMPL. ESTRUCT (2009)	SONDEOS	PROF. (m)	CALICATAS	DPSH	JUSTIFICACIÓN CAMPAÑA / ESTADO ESTRUCTURAS
E-1	Derecho	PD-91		PZES 1-1 (27,35m)					Estructura terminada.
	Izq.	SE-8-01							
E-2	Derecho	SE-8-02							Estructura parcialmente completada (únicamente estribos).
	Izq.								
E-3	Derecho	SE-6-04, PD-90		PZES 3-1 (8,83 m)	SC-E3-01	50			Estudio del estribo W, en el que únicamente se dispone de un piezocono que profundizó muy poco (previsiblemente dio falso rechazo en el nivel de gravas). Con este reconocimiento se cumple lo indicado en la Nota de Servicio .
	Izq.	SE-6-05							Se eliminaría si se localizasen las actas de los sondeos SE-6-04 y SE-6-05.
E-4	Derecho	SE-7-02, PD-87							Estructura ya ampliada por el W. A raíz de un pequeño incremento de la sección transversal de la carretera, probablemente será necesario re-ampliarla por esa margen (unos 2,00 m).
	Izq.	PD-89							Se considera que los reconocimientos disponibles son suficientes.
E-5	Derecho	PD-86							Estructura terminada.
	Izq.	PD-88							
E-6 y E-7	Estribo 1	SE-30, SE 1-01, PD-60, PD-50		SES-7-1 (30 m)	SC-E7-01	50			1 sondeo en el estribo aguas arriba y 1 sondeo en el estribo aguas abajo, para tratar de ensayar todos los apoyos accesibles cumpliendo, así, los requerimientos de la Nota de Servicio .
	Pilas	SE 1-02, SE-6-01 al SE-6-22, SE-7-01 y 02		PZES 6-2, SES-6-3 (45 m), SES-6-2 (45 m), PZES 6-1, SES-6-1 (45 m)					
	Estribo 2	SE-20 (47,5 m), PD-34			SC-E6-02	50			
E-8	Izq.	SR-36, PD-64							Posible demolición de la parte ejecutada de la estructura en la actualidad, y sustitución por un nuevo paso inferior (BV-2002 bajo B-25). Se considera que los reconocimientos disponibles son suficientes.
	Derecho	SR-22, PD-42							
E-9				SES-9-1 (40,1 m), PZES 9-1					Estructuras que desaparecen.
E-10		SE-35							
E-11	Derecho	SR-24, PD-41	S-2						Estructuras terminadas.
(NUDO SANT BOI-CORNELLÀ)	Izq.	PD-66, PD-65	PZ-6						
E-12	Derecho	PD-38, PD-67, CE-123	S-3, PZ-4						
(NUDO SANT BOI-CORNELLÀ)	Izq.	SE-37, PD-40	PZ-5						
E-13	Izq.	SR-26 (39 m), PD-51		SES 13-1					
E-14	Derecho	CE-122, PD-68							
E-15	Izq.			SES 15-1 (30 m), PZES 15-1 (28,07 m)					
	Derecho	SE-34, PD-71							
E-17	Izq.	SE-39, PD-75 (cercanos)		PZES 17-1 (14,12 m)					

ESTRUCTURA	ESTRIBO	RECONOCIMIENTOS PREVIOS			PROPUESTA CAMPAÑA 2021				
		CAMPAÑAS PREVIAS	CAMP. COMPL. TERRAPLÉN (2009)	CAMP. COMPL. ESTRUCT (2009)	SONDEOS	PROF. (m)	CALICATAS	DPSH	JUSTIFICACIÓN CAMPAÑA / ESTADO ESTRUCTURAS
	Derecho				SC-E17-01	35			Estudio del estribo derecho, en el que no se dispone de ningún reconocimiento cumpliendo, así, la Nota de Servicio .
E-18	Izq.	SE-42, PD-81							Estructura terminada
	Derecho	CE-124		SES-18-1					
E-19	Izq.	SR-21, CE-125, PD-24, PD-82	PZ-7						Estribos totalmente ejecutados. Solo faltaría el tablero
	Derecho		S-1, PZ-3						
E-20	Izq.	PD-22	S-4						Estructuras terminadas.
	Derecho	SE-32, PD-72, CR-107	PZ-1						En E-22 falta la losa de transición
E-21	Izq.	SE-3-04, CE-126, PD-83	S-6, PZ-2						
	Derecho	SE-41, PD-84, PE-3-04							
E-22	Izq.	SE-38, PD-74, CE-6-13, CE-6-14							
	Derecho								
MUROS									
NUEVO MURO. P.K. 1+335-1+470		SR-22, PD-42					CM-1-01	PM-1-01	En función de la tipología de estos muros, se considera suficiente la ejecución de calicatas y ensayos DPSH.
NUEVO MURO. P.K. 1+350-1+470		SE-36, PD-64 (ceranos)					CM-2-01	PM-2-01 PM-2-02	Para cumplir con la Nota de Servicio , se propone 1 reconocimiento cada 30 m, aproximadamente, contando con los reconocimientos previos.
MURO 1									Muros ya ejecutados
MURO 2									
MURO 3		PD-75		PZES 17-1 (14,12 m)					
MURO 4		SE-39, SE-4-01, PD-75							
MURO 6									
MURO 7		-		-					
MURO 11									
MURO 12		PD-44, CR-103							
MURO 14									
MURO 15		SR-22, PD-42							
MURO 16				SES-9-1, PZES 9-1					Muros que desaparecen.
MURO 17									
Módulos de hormigón prefabricado en "L"	E-4 y E-5						CM- CM-	PM- PM- PM- PM-	Se proponen unos módulos de hormigón prefabricado en "L" que contengan los derrames de los terraplenes entre las estructuras E-4 y E-5.
Campaña pantallas acústicas							13	16	Partida alzada. Se desconoce la futura ubicación de las pantallas.
Estudio de permeabilidad					1		4		Partida alzada

Propuesta de campaña para las estructuras.

En la tabla anterior se han incluido, además, una serie de reconocimientos adicionales tanto para el estudio de las pantallas acústicas (aún sin confirmar su ubicación), como de la permeabilidad del terreno en las zonas de ubicación de las balsas. Para el estudio de la pantalla antisocavación del Viaducto del Llobregat, se aprovecharán los reconocimientos propuestos en las estructuras E-6 y E-7, tal y como se justifica en el siguiente apartado.

4.4 JUSTIFICACIÓN CAMPAÑA DE PERMEABILIDAD EN LAS BALSAS Y EN LA PANTALLA ANTISOCAVACIÓN

Dada la ausencia de prospecciones en el ámbito donde está previsto que se ubiquen las balsas, se propone la perforación de un sondeo de 15 m a efectos de disponer de un elemento que nos permita acceder a la zona saturada en el área de los trabajos, y que posibilite la toma de datos de nivel freático y/o la toma de muestras de agua (en caso necesario).

Asimismo, la perforación de dicho sondeo permitirá también la realización de ensayos de permeabilidad in situ, además de la toma de muestras de testigo, para su análisis granulométrico. Esto está encaminado a determinar los parámetros hidrogeológicos del entorno concreto de la balsa y completar su caracterización hidrogeológica.

Para el estudio de la permeabilidad en la zona de la pantalla antisocavación, se aprovecharán las prospecciones previstas en las estructuras E-6 y E-7 para disponer de elementos de medida para un seguimiento piezométrico, así como para la determinación de los parámetros hidrogeológicos del entorno concreto de la pantalla (permeabilidad, coeficiente de almacenamiento, etc.) y completar su caracterización hidrogeológica. La cuantificación de dichos parámetros resulta imprescindible para alimentar de datos el modelo matemático 2D propuesto para la zona.

5 CAMPAÑA GEOTÉCNICA PROPUESTA PARA EL PROYECTO CANAL RONDA PONENT

Para la propuesta de campaña geotécnica del Canal Ronda Ponent, la Nota de Servicio 3/2012 no sería de aplicación. No obstante, la campaña propuesta se ha asimilado a la que se definiría para los rellenos, en base a la citada Nota de Servicio, lo que se considera del lado de la seguridad.

A la hora de plantear la campaña, se han seguido las siguientes premisas:

- 1 sondeo de 15,0 m de profundidad cada 200 m de trazado, aproximadamente.
- 1 ensayo de penetración dinámica tipo DPSH y 1 calicata mecánica entre los sondeos.

En base a lo anteriormente indicado, se plantea la siguiente campaña geotécnica:

- Cuatro (4) sondeos mecánicos a rotación, con longitudes de 15,0 m y un total de 60,0 m de perforación.
- Seis (6) ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH, incluyendo 1 DPSH en la zona intermedia del trazado.

- Cinco (5) Calicatas mecánicas con pala retroexcavadora, incluyendo 1 calicata en la zona intermedia del trazado. Asimismo, se han planteado una partida alzada de 5 calicatas para la ubicación del canal de drenaje existente.
- 200 ml de prospección mediante geo-radar, para localizar el canal existente.
- Ensayos de laboratorio.

La nomenclatura utilizada será “SC-1” para denominar los sondeos, “CC-1” para las calicatas mecánicas y “PC-1” para los ensayos de penetración dinámica.

La propuesta de emplazamiento para las investigaciones propuestas ha estado condicionada por la existencia de accesos.

Su ubicación en planta puede ser consultada en el Apéndice 2.

6 CAMPAÑA GEOTÉCNICA PROPUESTA PARA LAS HINCAS

Tal y como se indicó en apartados previos, para la propuesta de campaña geotécnica en la zona de las hincas, se han seguido los “*Criterios de valoración técnica a tener en cuenta en las resoluciones/informe de autorizaciones de cruces subterráneos (hincas) de la Demarcación de carreteras del Estado en Madrid*”, realizado por Ineco en 2014.

Así, a partir de las recomendaciones incluidas en el citado documento, se ha planteado la siguiente campaña geotécnica:

- Cuatro (4) sondeos mecánicos a rotación (uno en cada pozo de entrada/salida de las hincas), con longitudes de 18,0 a 20,0 m y un total de 76,0 m de perforación, a confirmar cuando se disponga de las características de cada hinca.

La nomenclatura utilizada será “SH-1” para denominar los sondeos pudiéndose consultar, su ubicación en planta, en los planos adjuntos.

7 MEDICIÓN

A modo de resumen, se presenta la medición de los reconocimientos propuestos para el todo el ámbito del proyecto:

	Sondeos	m de perforación	Catas	DPSH
MEDICIÓN CAMPAÑA ESTRUCTURAS:	4	185,0	4	7
MEDICIÓN CAMPAÑA PANTALLAS ACÚSTICAS:			13	16
MEDICIÓN ESTUDIO PERMEABILIDAD BALSAS:	1	15,0	4	
MEDICIÓN CANAL DEL PRAT:	4	60,0	10	6
MEDICIÓN HINCAS (ESTACIÓN DE SANT BOI Y POLÍGONO DEL PRAT)	4	76,0		
TOTALES:	13	336,0	31	29

Medición de la campaña geotécnica propuesta.

8 DESCRIPCIÓN DE LOS RECONOCIMIENTOS

En este apartado se recogen y describen la totalidad de los reconocimientos propuestos para ambos proyectos.

8.1 SONDEOS

Los sondeos geotécnicos se caracterizan por su pequeño diámetro, y por su ligereza, versatilidad y fácil desplazamiento de las máquinas.

La extracción de testigo es continua y el porcentaje de recuperación de testigo con respecto a la longitud perforada puede ser muy alto, Los sondeos deberán alcanzar el nivel del sustrato más profundo que pudiera verse afectado por la actuación a realizar.

Se realizarán ensayos de resistencia del terreno en el interior de los sondeos, con su correspondiente toma de muestra (SPT, Muestras Inalteradas y Testigos parafinados).

Sobre las muestras del terreno obtenidas en los reconocimientos propuestos, se realizarán una serie de ensayos de laboratorio que permitan la correcta comprensión geológica-geotécnica del área de estudio.

Los sondeos propuestos para esta campaña son los siguientes:

Sondeo	Profundidad (m)	Coordenadas		Objetivo
		X	Y	
SC-E3-01	50,0	420801,17	4578143,66	Estudio de la cimentación de la estructura E-3. Realización de perfiles geotécnicos.
SC-E6-01	50,0	420625,71	4577705,24	Estudio de la cimentación del estribo aguas debajo de la estructura E-6. Realización de perfiles geotécnicos.
SC-E7-01	50,0	420751,81	4577921,41	Estudio de la cimentación del estribo aguas arriba de la estructura E-7. Realización de perfiles geotécnicos.

Sondeo	Profundidad (m)	Coordenadas		Objetivo
		X	Y	
SC-E17-01	35,0	421568,01	4576134,04	Estudio de la cimentación del estribo derecho de la estructura E-17. Realización de perfiles geotécnicos.
SB-1	15,0	En función de la ubicación final de las balsas		Estudio de la permeabilidad en la zona de ubicación de las balsas.
SC-1	15,0	422759,05	4575129,95	Sondeos para el estudio de la cimentación del Canal Ronda Ponent
SC-2	15,0	422650,94	4574784,42	
SC-3	15,0	422721,88	4574621,67	
SC-4	15,0	422900,84	4574332,18	
SH-1	20,0	420000,00	4577877,00	Hinca estación de sant Boi: 1 sondeo de 20 m en cada pozo, dado que se prevé que la hinca sea profunda (paso bajo ferrocarril y canal de regantes). No se contemplan reconocimientos intermedios, dado que se trata de vía de ferrocarril.
SH-2	20,0	420000,00	4577828,00	
SH-3	18,0	422747,00	4574586,00	Hinca polígono del Prat: 1 sondeo de 18 m en cada pozo.
SH-4	18,0	422687,00	4574572,00	

Tabla resumen de los sondeos propuestos en el ámbito de proyecto.

8.2 CALICATAS MECÁNICAS

Las calicatas consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ.

Tienen la ventaja de que permiten acceder directamente al terreno, pudiéndose observar las variaciones litológicas, estructura, discontinuidades, etc., así como tomar muestras de gran tamaño para la realización de ensayos y análisis.

Las calicatas son uno de los métodos más utilizados en las investigaciones geotécnicas debido a su bajo coste y rapidez de realización. Sin embargo, cuentan con varias limitaciones, como son la profundidad a alcanzar, que no puede exceder de unos 4 m, la excavabilidad del terreno con medios mecánicos y la presencia de agua, que limita su utilidad.

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de las calicatas a propuestas para los muros y las balsas del proyecto Ronda Litoral, así como las propuestas para el estudio del terreno bajo el canal, junto con su objetivo. No se han incluido las calicatas de las pantallas acústicas, por desconocerse su ubicación.

Calicata	Profundidad (m)	Coordenadas		Objetivo
		X	Y	
CM-1-01	≥ 3,0	420602,00	4577520,97	Estudio Nuevo Muro. P.K. 1+335-1+470
CM-2-01	≥ 3,0	420572,99	4577563,95	Estudio Nuevo Muro. P.K. 1+350-1+470
CM-3-01	≥ 3,0	420766,73	4576577,47	Estudio Nuevo Muro. P.K. 0+265-0+420
CM-3-02	≥ 3,0	420805,44	4576491,12	
CP-01	≥ 3,0	420628,20	4577349,16	Estudio posibles ubicaciones de balsas de infiltración con el fin de analizar el material y conocer su coeficiente de permeabilidad, necesario para el diseño del drenaje.
CP-02	≥ 3,0	420626,72	4577233,09	
CP-03	≥ 3,0	420669,92	4577029,73	
CP-04	≥ 3,0	420662,35	4577424,02	
CC-1	≥ 3,0	422806,98	4575220,87	Estudio de la cimentación del Canal Ronda Ponent
CC-2	≥ 3,0	422721,41	4575080,96	
CC-3	≥ 3,0	422687,23	4574705,25	
CC-4	≥ 3,0	422820,35	4574447,87	
CC-5	≥ 3,0	422634,64	4574967,09	Estudio de la zona de ampliación del proyecto.

Tabla resumen de las calicatas propuestas en el proyecto.

Además de las calicatas anteriormente indicadas, de las que se conoce su ubicación, se han planteado las siguientes partidas alzadas, con su consiguiente justificación:

Calicata	Número	Profundidad (m)	Objetivo
CPA-	13	≥ 3,0	Partida alzada para el estudio de cimiento de las pantallas acústicas, cuando se conozca su ubicación.
CC-	5	≥ 3,0	Partida alzada para ubicación del canal de drenaje existente.

Tabla resumen de las partidas alzadas de calicatas.

8.3 PENETRACIONES DINÁMICAS CONTINUAS TIPO DPSH

Estos ensayos sencillos, permiten estimar la resistencia a la penetración de los suelos en función de la profundidad. Cuando se dispone información geológica (sondeos o calicatas en zonas próximas) se pueden correlacionar las diferentes capas de suelos.

El método consiste en la hinca en el terreno de una puntaza metálica, unida a un varillaje, mediante golpeo. Existen varios tipos de ensayos en función de la energía de golpeo. En este caso, se ha previsto penetrómetros del tipo DPSH.

Este tipo de penetrómetros permiten alcanzar profundidades de hasta 25 metros, La maza es de 63,5 kg, siendo la altura de caída de 0,75 m, Los golpes necesarios para la hinca se registran cada 20 cm.

Como se ha indicado en los apartados anteriores, se ha propuesto la ejecución de penetrometros dinámicos en las zonas de ubicación de los nuevos muros y en las proximidades de las calicatas mecánicas previstas para el

estudio de las pantallas acústicas (aunque estas ubicaciones aún están por definir) del Proyecto Ronda litoral; así como para el estudio del terreno en la zona de construcción del Canal Ronda Ponent.

A continuación, se recogen los ensayos de penetración propuestos para los nuevos muros y el canal Ronda Ponent. Como en el caso de las calicatas, no se han incluido los penetros de las pantallas acústicas, por desconocerse su ubicación.

DPSH	Profundidad (m)	Coordenadas		Objetivo
		X	Y	
PM-1-01	Hasta rechazo	420622,42	4577583,07	Estudio Nuevo Muro. P.K. 1+335-1+470
PM-2-01	Hasta rechazo	420589,60	4577600,63	Estudio Nuevo Muro. P.K. 1+350-1+470
PM-2-02	Hasta rechazo	420551,52	4577511,88	
PM-	Hasta rechazo	Ubicación por definir		Estudio del cimiento en la zona donde está previsto ubicar los módulos de hormigón prefabricados en "L", que contengan los derrames de los terraplenes entre las estructuras E-4 y E-5
PM-	Hasta rechazo			
PM-	Hasta rechazo			
PM-	Hasta rechazo			
PC-1	Hasta rechazo	422804,59	4575226,86	Estudio de la cimentación del Canal Ronda Ponent
PC-2	Hasta rechazo	422710,29	4575078,85	
PC-3	Hasta rechazo	422683,39	4574700,83	
PC-4	Hasta rechazo	422812,68	4574449,22	
PC-5	Hasta rechazo	422932,13	4574305,33	
PC-6	Hasta rechazo	422632,75	4574981,39	

Tabla resumen de las penetraciones dinámicas propuestas

Además de los ensayos de penetración anteriormente indicados, se ha planteado la siguiente partida alzada, con su consiguiente justificación:

Calicata	Número	Profundidad (m)	Objetivo
PPA-	16	Hasta rechazo	Partida alzada para el estudio de cimiento de las pantallas acústicas, cuando se conozca su ubicación.

8.4 ENSAYOS IN SITU

En los suelos granulares se efectuarán ensayos de penetración estándar (S.P.T.), a intervalos no mayores de 2,0 m y siempre que cambie la naturaleza del terreno. En los suelos cohesivos se tomarán muestras inalteradas a intervalos no mayores de 3,0 m mediante tomamuestras de pared delgada o gruesa, intercaladas con ensayos de penetración estándar y/o testigos parafinados, de modo que se obtenga una muestra o se realice un ensayo como mucho cada 2,0 m.

En los casos en que la elevada dureza del terreno no permita tomar muestras inalteradas convencionales, se parafinarán porciones representativas del testigo obtenido.

Es muy importante tomar muestras inalteradas de todas las litologías observadas. En caso de aparecer rellenos muy heterogéneos y caóticos (restos de botellas, latas, etc.), no se considera necesario tomar muestras, debido a que no serían representativas de las características generales de los rellenos.

En el interior de los sondeos está prevista, además, la ejecución de ensayos presiométricos. Estos ensayos se realizarán a los 2,00 metros de la aparición del techo roca o, si no se llegase a la roca, a 2,00 m de alcanzar un terreno con un índice SPT equivalente superior a 40, es decir, en un suelo de compacidad densa en caso de ser granular o de consistencia muy firme en caso de terreno cohesivo. Posteriormente se realizará otro al cambiar la litología, manteniendo al menos una separación de 4 m entre ambos ensayos, o al llegar a los 7 m de perforación en el dicho terreno, si no hay cambio de litología, es decir, a 5 m de separación del ensayo presiométrico anterior.

No obstante, el Jefe de Proyecto podrá cambiar la metodología de toma de muestras o ensayos si lo consideran oportuno, en función de las características del terreno y/o profundidad de las prospecciones.

9 ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras del terreno obtenidas en los reconocimientos ejecutados, con motivo del presente proyecto, se realizarán una serie de ensayos de laboratorio que permitan la correcta caracterización geológico – geotécnica del área de estudio.

Se prevé que, al menos, se realicen los siguientes ensayos, si bien el número y tipología definitiva dependerá de las características de los materiales finalmente perforados y excavados en los sondeos y calicatas que se ha previsto realizar:

ENSAYOS DE LABORATORIO	
Unidad	Concepto
Ensayos de identificación y estado	
Ud.	Preparación, apertura y descripción de muestras M.I., S.P.T. y T.P.
Ud.	Determinación de humedad natural.
Ud.	Determinación de la densidad aparente.
Ud.	Determinación de límites de Atterberg.
Ud.	Granulometría por tamizado.
Ud.	Granulometría por sedimentación.
Ensayos de resistencia	
Ud.	Ensayo de compresión simple en suelos.
Ud.	Ensayo de corte directo, (cualquier tipo) sobre muestra inalterada.
Ud.	Ensayo de compresión triaxial, (cualquier tipo) sobre muestra inalterada.
Ud.	Ensayo edométrico con al menos siete escalones de carga y tres de descarga, y curvas de consolidación-tiempo.
Ensayos de deformabilidad y cambios de volumen	
Ud.	Ensayo de colapsabilidad.

ENSAYOS DE LABORATORIO	
Unidad	Concepto
Ud.	Ensayo de consolidación unidimensional (edómetro).
Ud.	Ensayo presión de hinchamiento.
Ud.	Ensayo de hinchamiento libre.
Ensayos de compactación	
Ud.	Ensayo Próctor normal.
Ud.	Ensayo Próctor modificado.
Ud.	Ensayo Proctor modificado con cal
Ud.	Determinación C.B.R. de laboratorio, sin incluir Próctor.
Ensayos químicos	
Ud.	Determinación cuantitativa de sulfatos.
Ud.	Determinación del contenido en yesos.
Ud.	Determinación cuantitativa de materia orgánica.
Ud.	Determinación del contenido de sales solubles de los suelos.
Ud.	Determinación de la Acidez Bauman-Gully.
Ud.	Ud. de ensayo de análisis químico completo del agua para determinar su agresividad a los hormigones, de acuerdo con la EHE.
Ensayos de durabilidad y desgaste	
Ud.	Determinación de la durabilidad, Slake Durability Test
Ud.	Ensayo de desgaste de Los Ángeles
Otros ensayos	
Ud.	Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca
Ud.	Granulometría de áridos por tamizado
Ud.	Equivalente de arena (UNE EN 933-8) y, en su caso, azul de metileno (UNE EN 933-9)
Ud.	Índice de lajas (UNE EN 933-3), sólo para zahorras artificiales
Ud.	Determinación del porcentaje de caras de fractura (UNE EN 933-5), sólo para zahorras artificiales

10 CONDICIONES DE EJECUCIÓN PARA LOS TRABAJOS DE CAMPO

10.1 CONDICIONES GENERALES

Los trabajos se ejecutarán siguiendo las normas de buena práctica, en orden a conseguir una satisfactoria identificación de los terrenos encontrados y la recuperación de muestras representativas.

Se localizará a los propietarios de los terrenos afectados por las labores de prospección, solicitándoles el oportuno permiso para la realización de las mismas.

Se elaborará el Plan de Seguridad y Salud, proponiéndose un Coordinador que posea la titulación adecuada para desempeñar dicha función, para su aprobación y designación por el Promotor. Se prestará apoyo a INECO en los trámites legales, previos a la iniciación de la campaña, previstos en el RD 1627/1997, especialmente en lo referente al Aviso Previo, aprobación del Plan de Seguridad y Salud y Evaluación de Riesgos.

Previo al comienzo de la campaña, se investigarán los servicios afectados, Se realizará una detallada inspección de campo, observándose todas las arquetas, zanjas, puntos de luz, canalizaciones etc, que denotan la presencia de servicios enterrados. Si se sospechase la afección a algún servicio, antes de ejecutar los reconocimientos se realizará una calicata con medios manuales con una profundidad no inferior a 1,50 m.

La posición final de los reconocimientos se ajustará en lo posible a la propuesta, Los puntos donde se van a realizar las investigaciones se estaquillarán. Si alguna labor no pudiese realizarse en el punto previsto, se comunicará antes de comenzar la prospección. No se podrá comenzar ésta sin el permiso de cambio de emplazamiento.

10.2 SONDEOS CON RECUPERACIÓN DE TESTIGO

Los sondeos que aparecen rotulados en la propuesta se perforarán a rotación, con recuperación de testigo continuo y con batería doble para sustrato rocoso, con objeto de conseguir una menor alteración del testigo. Se procurará que la recuperación del testigo de los sondeos sea lo más completa posible, Siempre que sea posible, se perforará en seco.

El diámetro mínimo de las muestras de suelo obtenidas en sondeo será de 84 mm. El testigo se sacará del tubo testiguero cuidadosamente y se depositará en una canaleta para medir inmediatamente la recuperación. La recuperación puede ser >100% en el caso de terrenos expansivos. En este caso, el testigo sobrante no se desechará. Después se troceará dejando los fragmentos en cajas de plástico convenientemente identificadas. Se identificarán en las cajas todas las maniobras mediante tablillas o cartulina plástica, rotuladas con tinta indeleble.

Se prestará especial atención a la localización del agua, por lo que las perforaciones se harán en seco o con escasa adición de agua.

Al terminar un sondeo para el que se ha empleado adición, se achicará el mismo de agua, con cuchara, mini-bomba o purgándose con aire comprimido y se dejará instalado un tubo de PVC ranurado de diámetro interior mínimo 60 mm y se cementará el fondo del sondeo y el anular comprendido entre la tubería y el taladro, en los 2 metros más superficiales del sondeo. Se instalará también una arqueta o tapa metálica con la correspondiente cerradura, cementada firmemente al terreno de forma que no sea posible levantarla con las manos una vez fraguado. La tapa de la arqueta no sobresaldrá más de 5 cm del terreno o vial donde se haya ejecutado, Se tomarán sus coordenadas y se nivelará topográficamente, indicándose mediante una marca indeleble el punto que se nivela. Antes de darse el visto bueno a cada sondeo para su abono, se comprobarán todos estos aspectos.

Durante la perforación del sondeo se realizará un control estricto de la variación del nivel piezométrico de la perforación, apuntándose las pérdidas y ganancia de agua, así como otros fenómenos: sifonamientos, subidas súbitas del nivel, etc.

Además, se ha contemplado la ejecución de ensayos presiométricos en el interior de los sondeos.

La situación de los sondeos se determinará preferentemente por métodos topográficos, debiendo quedar localizados por referencias a puntos fijos bien identificados, en coordenadas UTM. La cota será determinada por nivelación geométrica. En el caso de utilizarse sistemas de posicionamiento por satélite GPS el error en coordenadas deberá ser inferior a 5 m. Los puntos investigados serán fotografiados antes, durante la realización de los sondeos y después de finalizados éstos.

10.3 PIEZOMETRÍA, TESTIFICACIÓN Y MUESTREO

Se deberá prestar especial atención a la profundidad a la que se corte el nivel piezométrico durante las labores de perforación, registrándose de manera adecuada en el parte de perforación del sondeo, calicata y ensayo DPSH (en caso de observarse claramente en el varillaje). El nivel piezométrico se medirá en los sondeos una vez achicados al día siguiente de su finalización, y posteriormente, una vez a la semana mientras duren los trabajos de campo. Cuando se observe que el nivel piezométrico se estabiliza, se tomarán muestras de agua en todos los sondeos.

La testificación continua de los sondeos se hará lo más rápidamente posible, antes de que se seque el testigo. Para la testificación, el geólogo contará con unos medios materiales mínimos, que son: cinta métrica, lupa de mano, ácido clorhídrico diluido al 10%, martillo, espátula o cuchillo y cámara fotográfica. Es recomendable disponer también de un recipiente grande con agua y un cepillo fuerte para limpiar los testigos.

Como primer paso, el testigo se limpiará exteriormente con un cepillo fuerte y agua o se raspará con la espátula o cuchillo, para quitarle la pátina exterior arcillosa que suele formarse durante la perforación y que impide muchas veces observar la naturaleza del terreno. Se volverán a colocar en las cajas y éstas se fotografiarán, a ser posible en condiciones homogéneas: todas al sol o todas a la sombra, el testigo todo húmedo o todo seco etc. Las fotografías han de ser de buena calidad y en ellas debe figurar la identificación del sondeo, el número de caja y las profundidades inicial y final (se repetirán las fotografías que no cumplan estas especificaciones, incluso aunque la campaña de trabajos de campo ya haya terminado).

La descripción del testigo incluirá los términos habituales (indicios, algo, blando, consistente, denso, muy denso), siguiendo las recomendaciones de la USCS. Si se considera conveniente, se tomarán fotografías de detalle de algunos testigos.

Terminada la testificación, se retirarán las muestras necesarias para su envío al laboratorio. En el fondo de la caja se anotará con tinta indeleble, en el hueco dejado, la identificación de la muestra que se retira. Lo mismo es válido si se toma alguna muestra de mano del testigo.

10.4 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Los ensayos de penetración dinámica serán de tipo DPSH, Se empleará una puntaza maciza de 20 cm² de sección circular y un ángulo de 90° acoplada al extremo inferior de una barra de 32 mm. La maza de golpeo deberá pesar 63,5 kg y la altura de caída será 75 cm.

Este ensayo se ajustará a lo establecido en la Norma UNE-103 801/94.

Las puntazas a utilizar en cualquiera de los ensayos de penetración dinámica deberán estar homologadas en base a la normativa correspondiente. En ambos ensayos se contará y anotará el número de golpes necesarios para cada 20 cm de avance, Los ensayos de penetración se realizarán con el equipo DPSH. En caso de producirse rechazo a menos de 1 m de profundidad o cuando lo considere preciso el Jefe de Proyecto por la duda razonable de la representatividad del ensayo, de acuerdo con las características del terreno, se realizará otro intento desplazando el equipo a un punto próximo al anterior. A efectos de medición no se considerará el abono de estos ensayos si, sumando las profundidades alcanzadas en ambos intentos, no se superan los 5 m de longitud.

Los resultados se adjuntarán en gráficos o curvas de penetración (número de golpes obtenido para cada avance de 20 cm) suficientemente claros. En cada ensayo, se reflejará la localización, cota de boca, fecha de ejecución, nivel freático en caso de apreciarse en el varillaje (seco en caso contrario) y cuantas observaciones puedan ayudar a interpretar los resultados, sobre todo si se estima que ha podido producirse falso rechazo por golpear sobre algún bolo u otro obstáculo aislado. Una vez efectuados, se deberán tomar las coordenadas del punto en el que se hayan realizado los ensayos, con el fin de situarlo correctamente en la planta y el perfil, y que se adjuntarán en la ficha correspondiente.

10.5 CALICATAS MECÁNICAS

Para el caso de las calicatas, éstas se realizarán mecánicamente, con las dimensiones en planta apropiadas para permitir su inspección y toma de muestras inalteradas o realización de otros ensayos. Se tomarán siempre fotografías a color de la calicata, del material extraído y del estado de la reposición de la misma. En cualquier caso, se adjuntará una memoria descriptiva del corte estratigráfico del terreno, así como del estado del mismo en cuanto a humedad y dureza o compacidad de cada estrato (excavabilidad y estabilidad de las paredes). Su profundidad no será inferior a 3 m salvo que se encuentre roca.

10.6 REFERENCIACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS

La situación de los sondeos se determinará preferentemente por métodos topográficos, debiendo quedar localizados por referencias a puntos fijos bien identificados, en coordenadas UTM. La cota será determinada por nivelación geométrica. En el caso de utilizarse sistemas de posicionamiento por satélite GPS el error en coordenadas deberá ser inferior a 5 m. Los puntos investigados serán fotografiados antes, durante la realización de los sondeos y después de finalizados éstos.