



APÉNDICE 2

INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Paseo de la Habana, 138
28036 Madrid. España
Tel.: +34 91 452 12 00
Fax: +34 91 452 13 00
www.ineco.es

1.	TRABAJOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO	2
1.1	CONDICIONES GENERALES.....	2
1.2	SONDEOS MECÁNICOS.....	2
1.2.1	Situación de sondeos.....	2
1.2.2	Prescripciones generales.....	3
1.2.3	Ensayos de penetración estándar	4
1.2.4	Toma de muestras y testigos parafinados.....	4
1.2.5	Toma de muestras de agua	5
1.2.6	Observaciones del nivel freático	5
1.2.7	Ensayos de presiometría y dilatometría	5
1.2.8	Finalización de sondeos.....	6
1.2.9	Envase, protección y transporte de muestras	6
1.3	CALICATAS.....	6
1.3.1	Toma de muestras en saco	7
1.4	ENSAYOS DE PENETRACIÓN	7
1.4.1	Ensayos de penetración dinámica tipo DPSH	7
1.5	INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA.....	7
1.5.1	Tomografía eléctrica 2D	7
1.5.2	Sondeos eléctricos verticales SEV y SEDT	8
1.5.3	Perfiles sísmicos.....	8
1.5.4	Testificación geofísica de sondeos	8
1.5.5	Prospecciones con geo-radar	9
1.6	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	9
1.7	PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO	11
1.7.1	Sondeos	11
1.7.2	Calicatas.....	11
1.7.3	Ensayos de penetración dinámica	12
1.7.4	Investigación geofísica.....	12
1.7.5	Presentación de ensayos de laboratorio	13

1. TRABAJOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO

1.1 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. En cualquier caso el Consultor seguirá las indicaciones que reciba por parte del Jefe de Proyecto.

Para la ejecución de los trabajos de campo deberá disponerse de autorización del titular del terreno. El Adjudicatario enviará puntualmente copia al Jefe de Proyecto de todos los permisos solicitados con el registro de entrada del organismo correspondiente, así como de todas las contestaciones recibidas.

Todo el equipo de trabajo deberá estar en buenas condiciones durante el transcurso de la campaña. Si a juicio del Jefe de Proyecto, el equipo suministrado es inadecuado, deberá ser reemplazado a costa del Consultor por otros equipos adecuados.

El Consultor, en todos los trabajos que se le encomienden, deberá utilizar sus propios equipos materiales y humanos ofertados, con prioridad respecto a los equipos de sus colaboradores o subcontratistas. Estos equipos no podrán ser sustituidos por otros distintos sin la aprobación expresa previa del Jefe de Proyecto.

Los trabajos de campo se efectuarán en el emplazamiento previsto en la propuesta de campaña geotécnica aprobada. No serán de abono aquellas investigaciones desplazadas de su posición que no hayan sido aprobadas previamente por INECO, que no hayan sido realizadas siguiendo las especificaciones de este documento o cuyos resultados sean incorrectos o dudosos por causas imputables al Adjudicatario. En dicho caso INECO podrá mandar repetir dichos trabajos a costa del Adjudicatario.

Los equipos de perforación estarán formados al menos por un sondista experto (oficial) y un ayudante. Deberán contar con todos los medios necesarios para la correcta ejecución de los sondeos, tales como depósito de agua, bombas, mangueras, varillaje de longitud homogénea (se prohíbe expresamente utilizar varillas de diferentes longitudes en el mismo equipo, ya que frecuentemente da origen a errores en el cálculo de la profundidad), borriquetas, canaleta de al menos 3 m de longitud, martillo de nailon, herramientas varias. Dispondrá también de una bomba-lápiz eléctrica de diámetro inferior a 60 mm, u otro dispositivo capaz de vaciar totalmente el sondeo de agua a su finalización, o cuando el Jefe de Proyecto lo requiera, así como sonda piezométrica eléctrica (hidronivel) para medir la profundidad del agua, de longitud suficiente para poder medir en el sondeo que se esté perforando.

Cada equipo de trabajos de campo (sondeos, calicatas, etc.) deberá tener a pie de obra, determinados medios de ayuda para la clasificación y descripción del terreno. Entre éstos, se consideran como imprescindibles los siguientes: martillo y brújula de geólogo, lupa, metro de carpintero, cámara fotográfica, sonda piezométrica eléctrica que permita alcanzar la máxima profundidad perforada y ácido clorhídrico diluido para la determinación cualitativa del contenido de carbonatos. Asimismo, dispondrá de los planos de planta y perfil de la propuesta de campaña y la fotografía aérea/ortofoto facilitados por Ineco. Con objeto de aumentar la confidencialidad de la documentación manejada en campo, en ningún plano figurará el nombre o logotipo del Ineco o del Adjudicatario ni se hará alusión alguna a la denominación del Contrato.

La situación de los sondeos, calicatas y penetrómetros se determinará preferentemente por métodos que permitan obtener un error en coordenadas (X,Y) inferior a 1 m y menor de 0,05m en la Z.

El Consultor se compromete a acometer los trabajos encomendados por el Jefe de Proyecto en un plazo máximo de TRES (3) días a contar desde la fecha de encargo.

1.2 SONDEOS MECÁNICOS

1.2.1 Situación de sondeos

Los sondeos se llevarán a cabo en los puntos previstos en el proyecto de reconocimiento, en donde los datos obtenidos permitan asegurar el cumplimiento del objeto de su perforación, cuidando de minimizar la ocupación de viales, la afección al tráfico y la perturbación del entorno.

En los lugares a sondear en que deban ser tenidas en cuenta medidas de seguridad para protección de servicios urbanos o instalaciones enterradas, se hará previamente la preparación del terreno con los medios auxiliares necesarios.

Las perforaciones tendrán señalizada el área de trabajo y dispondrán de las medidas de seguridad para los viandantes, la circulación de vehículos, el mobiliario urbano, el arbolado y, en definitiva, el entorno en que se lleva a cabo.

Las bocas de los sondeos terminados quedarán protegidas con tapas metálicas y enrasadas con el vial, disponiendo sistemas de apertura con herramientas específicas que permitan la medida regular del nivel freático.

La situación de los sondeos será determinada topográficamente, debiendo quedar localizados por referencias a puntos fijos bien identificados. La cota será determinada por nivelación geométrica.

Los puntos investigados serán fotografiados durante la realización de los sondeos y después de finalizados.

1.2.2 Prescripciones generales

Los sondeos mecánicos se realizarán a rotación, con recuperación continua de testigo. Puntualmente, si las circunstancias lo requieren, y siempre a indicación del Jefe de Proyecto, se podrían emplear otros sistemas de perforación.

Ocasionalmente el Jefe de Proyecto podrá ordenar o autorizar la perforación a rotoperCUSión, con o sin recuperación del detritus y con la entubación que se precise para otras operaciones o ensayos posteriores.

Para estabilizar los sondeos, cuando se perfore con adición de agua, si fuera preciso, se utilizará entubación metálica de diámetro no inferior a 98 mm. En ningún caso la entubación penetrará en el terreno a mayor profundidad que la prevista para la ejecución de ensayos o toma de muestras.

En todos los casos el fondo de la perforación deberá limpiarse convenientemente antes de realizar cualquier operación de toma de muestras o ensayos, no admitiéndose en el fondo del sondeo un espesor de sedimentos mayor de 5 cm. La limpieza del fondo se efectuará de forma que se asegure que el suelo a ensayar no resulta alterado por la operación.

En suelos, salvo condiciones especiales de dureza u otras circunstancias, se hará la perforación en seco. En cualquier caso, en suelos cohesivos se deberá obtener no menos del 95% de recuperación, y en suelos granulares no menos del 90%.

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 4,0 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.

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

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.

Cuando se perfore con adición de agua, el nivel de la misma en el sondeo se mantendrá en todo momento a la altura del nivel freático o ligeramente por encima del mismo. Tanto la herramienta de perforación, como el tomamuestras de ensayos S.P.T., se retirarán lentamente, manteniendo una aportación continua de agua a fin de evitar el posible aflojamiento del suelo.

Cuando se trate de sondeos para la investigación de la cimentación de estructuras y se encuentre un estrato potente de roca, se penetrará en ella un mínimo de cinco (5) metros, salvo autorización expresa en contrario.

En roca, se perforará a rotación, utilizando batería doble y con extracción de testigo continuo. El diámetro interior mínimo del tubo batería será de setenta (70) milímetros. Las coronas de perforación serán las más adecuadas a las características del terreno.

Si las recuperaciones obtenidas fueran suficientes y la calidad del testigo adecuada, a juicio del Jefe de Proyecto, ésta podrá autorizar al Consultor la utilización de batería sencilla.

El Consultor deberá controlar la velocidad y la presión de la perforación, caudal y presión de agua y longitud de carrera, con vistas a conseguir la máxima recuperación de testigo posible. A este respecto, si el Jefe de Proyecto lo ordenara, se procederá al registro continuo de los principales parámetros de perforación, tanto analógica como digitalmente. Los parámetros a registrar serán principalmente los siguientes: velocidad de avance, revoluciones por minuto, par de rotación, carga sobre la corona, presión de inyección, caudal de inyección, etc.

Si se encontraran formaciones blandas o muy fracturadas, el Consultor tomará las precauciones necesarias para mantener el testigo tan inalterado como sea posible y conseguir su recuperación. En suelos metaestables, muy sensibles a la adición de agua, deberá limitarse la aportación de agua al sondeo, realizando en seco la maniobra anterior a la toma de muestras o ensayos de penetración.

En algunas condiciones de especial dificultad de recuperación de testigo, el Jefe de Proyecto podrá ordenar la utilización de baterías especiales, refrigeradas por aire, y/o la utilización de baterías triples, dotadas de camisa de fibra de vidrio.

En roca, la longitud de carrera no será en ningún caso mayor de tres (3) metros. En formaciones blandas o fracturadas, esta longitud no deberá exceder de un metro y medio (1,5 m), reduciéndose incluso a medio (0,5) metro si fuera aconsejable.

Una vez extraído el tubo portatestigos del sondeo, se sacará el testigo del mismo cuidadosamente, colocándolo en una caja madera o de cartón parafinado, preparada al efecto suministrada por el Consultor.

El testigo se clasificará, midiéndose la recuperación obtenida, y se situará en la caja portatestigos siguiendo la secuencia en que fue obtenido, disponiendo separadores entre las diferentes maniobras realizadas y delimitando las cotas de toma de muestras (S.P.T., muestras inalteradas, testigos parafinados, etc.).

Además del porcentaje de recuperación, se determinará para todos los testigos obtenidos el índice de calidad de roca (RQD). Este índice, expresado como tanto por ciento, se obtendrá como cociente entre la longitud total del testigo, considerando solamente aquellas partes del mismo de al menos diez (10) centímetros de longitud, y la longitud de perforación en cada maniobra. Aquellas fracturas que evidencien haber sido producidas durante la perforación o manipulación de los testigos, no se considerarán como tales a los efectos de determinar el índice RQD.

El Consultor deberá llevar un registro o parte de campo continuo de la ejecución de cada sondeo, en el que el sondista haga constar como mínimo los siguientes datos: maquinaria y equipos utilizados, fechas de ejecución, coordenadas y cota de boca, operaciones realizadas, columna estratigráfica y descripción de los terrenos encontrados indicando en qué tramos se ha perforado en seco y cuáles con adición de agua u otros fluidos autorizados. También se incluirán los resultados de los ensayos de penetración realizados, situación y características de las muestras obtenidas, ganancias y/o pérdidas del líquido de perforación, cotas del nivel freático y de otros niveles acuíferos, recuperaciones obtenidas y diámetro del sondeo y cuantas incidencias se hubieran producido durante la perforación.

Este registro o parte de campo deberá estar a disposición del Director del Estudio en cualquier momento, como comprobación de la marcha del sondeo y de la ejecución de dicho parte en tiempo real. Una vez terminado el sondeo, se entregará al menos una copia del parte de campo al Jefe de Proyecto o a quien éste indique.

La clasificación y descripción de los suelos y rocas se realizará según criterios de las Sociedades Españolas de Mecánica de Suelo e Ingeniería Geotécnica.

A petición expresa del Jefe de Proyecto podrá procederse al sellado total o en parte de los sondeos. Dicha operación se realizará con bentonita en pellets o lechada de cemento, en este último caso se ejecutará siempre de abajo a arriba.

1.2.3 Ensayos de penetración estándar

Tanto el equipo utilizado como el procedimiento operativo del ensayo se ajustarán a lo establecido en la Norma UNE 103-800-92.

1.2.4 Toma de muestras y testigos parafinados

El tomamuestras de pared delgada, para reconocer los suelos blandos, tendrá de 1 a 2 mm de espesor, longitud mínima de 45 cm y diámetro mínimo interior de 70 mm. No podrán utilizarse tomamuestras de diámetros inferiores sin la aprobación del Jefe de Proyecto. Este tipo de tomamuestras, en número razonable, con los complementos necesarios para su uso, estará permanentemente en obra como dotación básica del equipo de sondeos. Antes de proceder a la toma de una muestra, se retirarán todos los materiales sueltos o alterados del fondo del sondeo, como se indica en el apartado 6.2.1. La toma de la muestra se efectuará a velocidad constante, hincando lentamente el tomamuestras en el terreno mediante presión.

El tomamuestras seccionado, para reconocer el resto de suelos, será de pared gruesa de 4 mm de espesor, longitud mínima 60 cm y diámetro mínimo interior de 70 mm. La secuencia y demás condiciones de hincado de estos tomamuestras serán las mismas que para la realización del ensayo SPT con idea de facilitar la correlación del golpeo con dicho ensayo SPT. Una vez hincado el tomamuestras, la muestra se cortará del terreno por rotación, sacándose seguidamente el tomamuestras con las debidas precauciones.

Extraído el tomamuestras y separado el varillaje, se eliminarán cuidadosamente al menos 3,0 cm de la muestra por ambos extremos y se rellenarán inmediatamente los huecos con parafina líquida. Los extremos del tubo que aloja a la muestra deberán protegerse con tapas cuidadosamente ajustadas. Los tubos que contengan las muestras se etiquetarán para su identificación, almacenándose cuidadosamente para su envío al laboratorio.

Cuando la resistencia del terreno sea elevada impidiendo la toma de muestras inalteradas de longitud suficiente para su posterior ensayo en el laboratorio y el terreno sea cohesivo, se sustituirá la toma de muestra inalterada por el parafinado de un trozo del testigo obtenido de la mayor longitud posible (> 35 cm). Estas porciones, previa limpieza superficial, se recubrirán con material no absorbente, y el conjunto se protegerá con un baño de parafina, de espesor

suficiente para asegurar la invariabilidad de sus condiciones de humedad. En circunstancias especiales, el Jefe de Proyecto podrá autorizar otros sistemas de protección de las muestras, siempre que se garantice su inalterabilidad. El diámetro mínimo de las muestras parafinadas será de 70 mm. Cada porción de testigo seleccionado se etiquetará para su correcta identificación.

Las Normas de aplicación para la toma de muestras inalteradas en sondeos serán la ASTM D-3550/84 y ASTM D-1587/94.

1.2.5 Toma de muestras de agua

Cuando se encuentra agua en el terreno en alguno de los puntos de reconocimiento (sondeos, calicatas, etc.), se procederá a la toma de muestras para el estudio de su agresividad y/o potabilidad. Si se hubiese perforado con adición de agua, además de la muestra de agua del propio terreno, se adjuntará una muestra del agua utilizada para perforar.

Las muestras de agua se envasarán en recipientes limpios de plástico o vidrio, dotados de cierre hermético, precediéndose al llenado de los mismos después de enjuagarlos con el agua a muestrear. Cada una de las muestras se etiquetará correctamente indicando su procedencia.

La toma de muestra de agua para análisis químicos se ejecutará de acuerdo a lo establecido en la Norma UNE 41.122/95.

1.2.6 Observaciones del nivel freático

El Consultor deberá llevar un registro del nivel freático en todos los sondeos, no sólo durante la perforación, sino también tras su finalización, al menos hasta la terminación de la campaña. Si durante la ejecución del sondeo se utilizaran lodos bentoníticos, o geles especiales de perforación, se limpiará éste una vez finalizado mediante circulación de agua limpia. La utilización de lodos bentoníticos o geles especiales precisará la aprobación previa del Jefe de Proyecto, en especial si se pretende realizar posteriores ensayos de permeabilidad.

Tras la terminación de cada sondeo, se introducirá en éste un tubo perforado o ranurado, de PVC o galvanizado, para la medición del nivel freático y posibles comprobaciones de la profundidad del sondeo. Estos tubos tendrán un diámetro útil comprendido entre 60 y 100 mm y las uniones serán soldadas o roscadas. Los extremos de estos tubos se deben tapar y proteger adecuadamente. Los tubos piezométricos se nivelarán cuidadosamente, dejando en el extremo libre una referencia de nivel. El Consultor tomará las medidas necesarias para evitar el enterramiento del sondeo antes de la colocación del tubo piezométrico. Si fuera necesario, el tubo se colocará antes de retirar completamente la entubación. Los tubos, además de permitir el control diferido del nivel freático, podrán ser utilizados en su momento para el rellenado u obturación de los sondeos. Si estuviera previsto realizar algún ensayo especial en el interior del sondeo, se podrá ordenar la colocación de un revestimiento provisional de las características que se precisen.

En los sondeos en curso se controlará la posición del agua en los mismos, indicando la profundidad a que se encuentra el sondeo, y la fecha y hora de las lecturas.

Durante la realización de cada campaña de campo el Consultor efectuará mensualmente como mínimo dos mediciones del nivel freático en todos los sondeos.

Cuando se perfore en seco, se anotará el nivel al que se detectó por primera vez el agua y la posterior evolución de los niveles de ésta. Si se perfora con agua, se realizarán al menos dos achiques de la misma, controlando los niveles de achique y las posibles recuperaciones de nivel, de modo que se garantice la comprobación y posición del nivel freático. Por tanto, el Consultor deberá proponer y en su caso tener, a pie de obra, el adecuado equipo para realizar estos achiques (cacillo, minibomba, aire comprimido, etc.).

El Consultor llevará un registro de estos niveles, en el que se hará constar junto a cada medición, la fecha y hora en que fue efectuada, así como todas las incidencias que a su juicio puedan tener influencia en los niveles medidos, tales como mareas, lluvias, etc.

En caso de que fuera preciso o conveniente, se instalarán piezómetros de modo que puedan aislarse los distintos acuíferos interceptados en cada sondeo.

1.2.7 Ensayos de presiometría y dilatometría

El equipo a utilizar para estos ensayos deberá reunir las condiciones adecuadas al tipo de terreno a ensayar, principalmente por los diferentes rangos de presiones a alcanzar. En el caso de rocas los equipos deberán poder alcanzar hasta 200 kg/cm² (caso del ensayo dilatómetro). Estas presiones deben aplicarse en varios ciclos de carga-descarga, realizándose al menos doce (12) escalones por ciclo hasta alcanzar la estabilización de las deformaciones. La

utilización de lamas de protección de la célula de carga sólo será autorizada en el caso de que el terreno contenga gravas abundantes.

En suelos excepcionalmente blandos y con dificultades para mantener estable la perforación previa, necesaria para un ensayo presiométrico, puede realizarse un ensayo con célula plana (DMT), que no precisa perforación. Esta célula se sitúa a la cota de ensayo mediante hinca por empuje hidráulico, preferentemente o por golpeo.

1.2.8 Finalización de sondeos

Una vez instalada la tubería piezométrica y arqueta de protección de la boca, y retirada la maquinaria, se procederá al adecuado cierre y compactación de las pozas de decantación de lodos inmediatamente, así como a la recogida de todos los materiales de desecho, incluidos los fragmentos de testigo procedentes de las maniobras de limpieza. La restitución del entorno debe ser lo más completa posible, dentro de lo razonable, reponiendo el pavimento y replantando especies vegetales en zona urbana, si fuese necesario, limpiando las manchas de grasas y aceite y cuidando de no dejar ningún resto.

El emplazamiento del sondeo se fotografiará finalmente desde varios ángulos para poder comprobar estos extremos

1.2.9 Envase, protección y transporte de muestras

Todas las muestras y testigos se envasarán convenientemente para evitar su alteración durante el transporte o almacenamiento, y se enviarán a la mayor brevedad posible al laboratorio. Las cajas deberán estar siempre protegidas de la intemperie.

Las muestras inalteradas deberán conservarse en el laboratorio en un ambiente de temperatura y humedad controladas. Únicamente se procederá a la apertura de los envases de las muestras que vayan a ensayarse, y sólo en el momento de la realización de los ensayos correspondientes. El resto de las muestras deberán conservarse en condiciones óptimas de humedad y temperatura, al menos durante seis meses desde la fecha de finalización contractual en el laboratorio del Consultor o donde éste proponga previa notificación y visto bueno del Jefe de Proyecto. Este periodo de "archivo" de muestras será aplicado a las cajas portatestigos, con todos los testigos obtenidos y no destinados a ensayo. Antes de la eliminación definitiva de las cajas, se deberá notificar por escrito tal circunstancia al Jefe de Proyecto con una antelación mínima de una semana a la fecha de eliminación.

1.3 CALICATAS

Las calicatas se realizarán mecánicamente hasta una profundidad no inferior a 3,0 m, salvo que aparezca roca o que las características del suelo o la presencia de agua lo impidan. Las calicatas tendrán las dimensiones necesarias en planta para permitir su inspección y descripción, la realización de fotografías en color, la obtención de eventuales tomas de muestras en saco o inalteradas ó la realización de otros ensayos.

En caso de alcanzarse una profundidad inferior a 1,50 metros por imposibilidad de seguir excavando debido a la existencia de bolos o encostramientos carbonatados o de otra naturaleza, se repetirá la calicata en un punto próximo. A efectos de medición y abono se computará una sola calicata. Ineco podrá requerir el empleo de martillo neumático.

La toma de muestras se efectuará siempre en la pared de la calicata, seleccionando con precisión el nivel que se quiere muestrear e indicándose exactamente la profundidad del muestreo. En ningún caso se tomarán muestras del material existente en el fondo de la calicata ni a profundidad inferior a medio metro.

Si el fin de la calicata es el de acceder a una cota o estrato de interés para la realización de un ensayo de carga con placa, el fondo de la misma se dejará ligeramente por encima de la cota de ensayo, de modo que este exceso se elimine en el momento de la realización del ensayo para evitar o disminuir la posible descompresión del terreno, sobre todo si la profundidad fuese superior a 1,0 m. Así mismo se darán las dimensiones adecuadas en planta para permitir la correcta realización del ensayo y asegurar la estabilidad de las paredes.

Antes de proceder a la restitución del terreno extraído, si se observase la existencia de humedad o un rezume de agua, se mantendrá abierta la excavación durante unos 30 minutos con el fin de valorar y estimar en lo posible la permeabilidad del terreno.

Se procederá al adecuado cierre y compactación de las calicatas abiertas de manera que se restituya la totalidad del terreno extraído.

Todas las calicatas serán descritas por un geólogo, adjuntando un corte estratigráfico del terreno, así como el estado del mismo en cuanto a humedad, dureza o compacidad de cada estrato.

El registro de la calicata, contendrá además las coordenadas x,y,z de la calicata y la posición del nivel freático, si este apareciese.

Se realizará un reportaje fotográfico de las calicatas realizadas, con fotografías de la situación previa a la excavación, durante el desarrollo de esta y, por último, de la zanja excavada y del montón o montones generados por el apile del material excavado, así como de detalle del material o materiales.

1.3.1 Toma de muestras en saco

En las calicatas se tomarán muestras en saco para la realización de ensayos en el número y cuantía que se determinen. La cantidad por cada muestra será la suficiente para poder realizar al menos granulometría completa, un ensayo Proctor modificado y un CBR. Dicha cantidad será determinada en función del tamaño máximo de los granos del material. Se considera que el peso de cada muestra deberá ser de al menos unos 60 kg para los materiales más finos.

El envasado de las muestras se realizará en sacos de plástico de suficiente consistencia para su transporte y de modo que se evite durante el mismo la pérdida de finos. De cada muestra en saco se tomará una fracción suficiente para la determinación de la humedad natural. Esta fracción se recogerá en un envase hermético. Cada envase será etiquetado correctamente para su identificación utilizando al menos dos (2) etiquetas adhesivas, una de las cuales, se colocará en el interior del saco como medida de seguridad.

Este tipo de muestras se podrá tomar bien en superficie o de cortes de taludes, calicatas o sondeos con barrera helicoidal.

La toma de muestras de canteras debe ser al menos de 50 kg. y permitirá tener la cantidad necesaria para la realización de los ensayos de laboratorio correspondientes.

1.4 ENSAYOS DE PENETRACIÓN

1.4.1 Ensayos de penetración dinámica tipo DPSH

Para el ensayo 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 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.

1.5 INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA

1.5.1 Tomografía eléctrica 2D

Para la realización de la Tomografía Eléctrica 2-D se empleará un dispositivo multielectródico que dispondrá al menos de 16 electrodos, y preferiblemente 24 o 48, cuyo cableado permita una separación máxima entre electrodos de 10 m. La elección del dispositivo electródico a utilizar dependerá del objetivo a investigar en cada caso en función de la adecuada combinación entre resolución lateral y profundidad de penetración.

Para el estudio de elementos puntuales tales como contactos subverticales, zonas de falla o accidentes kársticos, se emplearán únicamente dispositivos electrónicos focalizados, tipo polo-dipolo, polo-polo o dipolo-dipolo. El espaciado entre electrodos y el número de niveles de medida se establecerán en cada caso. En general, se usarán espaciados de 5 a 10 m con, al menos, 10 niveles de medida.

Para la interpretación de los datos tomados en campo y obtención del modelo bidimensional se utilizará un programa de inversión de datos eléctricos. El resultado es la obtención en forma de sección de la resistividad real de las diferentes capas del subsuelo y su profundidad.

El equipo de medida que se utilizará será un resistivímetro de corriente alterna de baja frecuencia que llevará incorporado un sistema de adquisición, filtrado y almacenaje de datos para su posterior procesamiento. Este equipo permitirá trabajar con toda garantía en zonas de ruidos o parásitos.

Para la elaboración del modelo unidimensional se utilizará un programa de inversión en una dirección y para la obtención del modelo bidimensional se empleará un programa que efectúe la inversión completa 2-D de perfiles eléctricos de superficie para los diferentes dispositivos de medida utilizados.

Todas las investigaciones que se realicen se reflejarán en un plano de planta, que formará parte del informe final, donde se incluirán los perfiles realizados, las curvas de resistividad, cortes geoelectrónicos y las tablas resúmenes de los datos obtenidos con el procesamiento de los datos.

El informe de tomografía eléctrica deberá presentarse en inglés y en A4 y deberá incluir, al menos, los siguientes documentos:

- Pseudosecciones de resistividad aparente con los datos numéricos de campo, representadas conjuntamente con las secciones de resistividad obtenidas a partir de su inversión.
- Secciones con la distribución de la resistividad real del terreno en las que se exprese de forma clara su interpretación geológico-geotécnica, señalando expresamente la posición de los sondeos ejecutados.
- Ficheros digitales con los datos originales de campo.

1.5.2 Sondeos eléctricos verticales SEV y SEDT

El equipo de instrumentación estará formado por un milivoltímetro de estado sólido con lectura mínima de 0,1 mV y escalas de medida de 1 mV a 100 V, un miliamperímetro con lectura mínima de 0,3 mA y un rango de medidas hasta 300 mA, un acumulador de batería de 400 V y electrodos impolarizables de material poroso y cobre.

Los datos obtenidos en campo deberán interpretarse en gabinete. Una vez interpretadas las curvas de resistividades, se presentarán los resultados con los valores de resistividad natural en Ohmios y los valores de espesor en metros, confeccionándose perfiles geoelectrónicos que han de correlacionarse de una forma lógica con la geología de la zona. El error entre los valores de resistividad obtenidos en campo y los calculados en gabinete no superará el 5%.

En el caso de que la expansión lateral de las capas sea menor que la apertura del dispositivo de medida o bien si existen contrastes laterales de resistividad, se podrán sustituir los SEV por sondeos electromagnéticos en el dominio del tiempo (SEDT). Estos aportan una mayor focalización de las medidas según el tamaño del bucle que se emplee, a su vez función de la penetración requerida. Los equipos de SEDT habrán de tener las características adecuadas al rango de profundidades a investigar (tiempos de muestreo, etc).

Todas las investigaciones realizadas se reflejarán en un plano de planta, que formará parte del informe final, donde se incluirán los perfiles realizados, las curvas de resistividades, etc.

1.5.3 Perfiles sísmicos

Los trabajos geofísicos mediante la técnica de sismica de refracción se realizarán con un equipo capaz de trabajar con registros analógico y digital y con geófonos de 10 Hz, tanto horizontales como verticales. Cada equipo tendrá un mínimo de seis canales independientes con resolución de ganancias, amplificación de la señal recibida y con memoria independiente para cada canal. Deberá observarse la señal en pantalla CRT y obtenerse los registros mediante fotografía o registro analógico o impresora incorporada de papel autosensible.

El número mínimo de disparos a efectuar por línea será de tres (uno central y dos extremos) en el caso de seis geófonos; cinco en el caso de doce geófonos (uno central, dos extremos y dos exteriores), y siete de 24 geófonos (tres centrales, dos extremos y dos exteriores).

Se proporcionará el registro digital de cada disparo y las curvas dromocrónicas del conjunto de la línea. Con los datos obtenidos en campo, se elaborarán unos perfiles con la velocidad sísmica y el espesor de cada capa.

Se redactará un informe indicando las conclusiones sobre presencia de discontinuidades, zonas fracturadas o constantes elásticas del terreno. Se incluirá un plano de planta con la situación de los reconocimientos efectuados.

1.5.4 Testificación geofísica de sondeos

Se define como un conjunto de técnicas que conducen al conocimiento de diferentes características de los materiales atravesados por un sondeo mecánico mediante la interpretación de un registro continuo o diagráfia. Las diagráfias que se realizarán pueden ser combinaciones de los siguientes: gamma natural, gamma-gamma, neutrón-neutrón, parámetros eléctricos (resistividad-potencial eléctrico), sónica de onda completa y térmica.

Los registros se realizarán, tanto en el descenso como en el ascenso de la sonda por el interior del sondeo, considerándose ambos como un único perfil. Las medidas se realizarán utilizando cada una de las sondas correspondientes con un equipo electrónico que interprete adecuadamente las señales enviadas por la sonda y que

sea capaz de indicar en cada momento la posición de la sonda, con una precisión de centímetros y la velocidad de la misma.

Con los datos obtenidos se elaborará un informe final que contenga las diagráfias correctamente representadas, la interpretación litológica de las mismas y las distintas características de los materiales atravesados, los datos del sondeo mecánico que pudieran ser de interés para su interpretación y un plano de situación en planta con las investigaciones realizadas. Se indicará cual es el software y/o el método a aplicar para la interpretación litológica o paramétrica de las diagráfias.

1.5.5 Prospecciones con geo-radar

El geo-radar se basa en la emisión de impulsos electromagnéticos, de muy corta duración, en la banda UHF/VHF, que se repiten con una determinada frecuencia.

La frecuencia a emplear será la adecuada para estudiar los niveles superiores del terreno, con la resolución adaptada al espesor de la capa más fina. En consecuencia las antenas y conjuntos de los equipos a utilizar serán capaces de operar en el rango de frecuencias más adecuado a la profundidad y resolución a alcanzar.

Se indicará el método de procesado de la señal y el software a emplear, así como las constantes dieléctricas estimadas para obtener la escala de profundidades. Esta escala debe estar avalada y correlacionada mediante los datos de espesores obtenidos de calicatas manuales o mecánicas, previamente realizadas, situadas en el perfil geofísico.

El Jefe de Proyecto podrá exigir la ejecución posterior de alguna calicata en puntos de perfil elegidos al azar y/o sobre puntos de anomalías geofísicas, para comprobar la precisión de los espesores suministrados por el geo-radar. Esta precisión en la medida o determinación de espesores estará comprendida en el intervalo de (+3% y -3%).

1.6 ENSAYOS DE LABORATORIO

La petición de ensayos de laboratorio corresponde únicamente al Jefe de Proyecto de Ineco, por lo que el Consultor debe enviar cuanto antes las relaciones de muestras extraídas para que el responsable designado por Ineco realice la petición de ensayos y la envíe al Consultor para comenzar su ejecución.

En el Plan de Trabajos, el Consultor debe incluir el cronograma completo de ejecución de los ensayos de laboratorio incluidos en el Presupuesto, especificando el plazo de ejecución de los mismos.

El procedimiento de ejecución será el regulado por las Normas vigentes o bien, caso de no existir éstas, según las reglas de la buena práctica establecidas:

Denominación	Norma
Apertura y descripción de muestras	ASTM-D2488
Preparación de cada muestra para cualquier número de ensayos	NLT- 101/72
Determinación de humedad natural	NLT- 102/91
Determinación de la densidad aparente	NLT- 156/72
Determinación de peso específico de las partículas de un suelo	NLT-2 11/91
Denominación	Norma
Determinación de Límites Atterberg.	NLT- 105/9 8 NLT- 106/98
Comprobación de la no plasticidad.	NLT- 106/98
Determinación del límite de retracción.	-
Granulometría por tamizado en suelos.	NLT- 104/91
Granulometría por tamizado en zahorras.	NLT- 150/89
Granulometría del material que pasa por el tamiz 0,080 UNE (sedimentación o lavado).	NLT- 152/89
Equivalente de arena.	NLT- 11 3/87
Compresión simple en suelos.	NLT-202/91

Denominación	Norma
Corte directo en suelos.	ASTM D-3080
Triaxial en suelos.	UNE 103 402/98
Consolidación unidimensional (ensayo edométrico).	UNE 103 405/94
Colapsabilidad en edómetro según norma.	NLT-254/99
Presión máxima de hinchamiento, en muestra inalterada o remoldeada.	ASTM D-3877
Hinchamiento libre, en muestra inalterada o remoldeada en edómetro.	ASTM D-3877
Ensayo de dispersión o erosión interna (Pin-hole).	NLT-207/91
Proctor normal	NLT- 107/98
Proctor modificado.	NLT- 108/98
CBR de laboratorio.	NLT-1 11/78
Determinación del coeficiente de desgaste de Los Ángeles	NLT- 149/91
Compresión simple en roca, incluso tallado y refrentado.	NLT-250/91
Compresión simple en roca con bandas extensométricas, incluso tallado y refrentado.	ASTM D-3 148
Corte sobre discontinuidades rocosas.	ISRM
Triaxial en roca.	UNE 229 504/92
Ensayo a tracción indirecta (brasileño)	NLT-253/91
Determinación de la dureza Schmidt.	NVR 3-400
Determinación del desmoronamiento de rocas blandas.	NLT-251/91
Porcentaje de absorción de agua.	ASTM-C97
Carbonatas (cuantitativo).	NLT-1 16/91
Determinación del contenido de sulfatas solubles.	NLT- 120/72
Determinación de la materia orgánica.	NLT- 11 8/98
Análisis químico completo de agua para calificar su agresividad al hormigón.	EHE
Análisis petrográfico mediante lámina delgada, incluyendo preparación y fotografías en color.	NVR 3-4-00
Medida de la velocidad de propagación de ondas en probetas cilíndricas, incluida la preparación (velocidad sónica).	ASTM-D2845
Determinación de la estabilidad de los áridos frente a la acción de las soluciones de sulfato sódico o magnésico.	NLT-158/94
Determinación de la estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de desmoronamiento en agua.	NLT-255/99

Otros ensayos que no se hayan incluido en esta tabla deberán realizarse de acuerdo con la normativa vigente. Todos los ensayos se realizarán en un laboratorio acreditado para la realización de ensayos de Mecánica del Suelo (SE). El nombre y datos de dicho laboratorio se incluirán en la documentación técnica que se acompañará a la proposición. Cualquier variación deberá ser aceptada previamente por el Jefe de Proyecto.

1.7 PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

El informe deberá entregarse en DIN-A4 y en inglés.

En el Informe deberán quedar recogidos todos los datos que se indican a continuación:

1.7.1 Sondeos

Por cada sondeo se adjuntará una ficha técnica, en formato **DIN-A4 y en inglés**, que contenga lo siguiente:

- Consultor
- Denominación contractual.
- Identificación del sondeo y referencia a los datos de levantamiento.
- Cota del terreno.
- Fecha de comienzo y de terminación.
- Identificación de la máquina utilizada.
- Tabulación de los resultados y detalles de todos los sondeos, tipo de batería, corona, útiles de perforación, diámetro del testigo y datos de revestimiento con información completa de la disposición vertical y clasificación de los materiales atravesados.
- Para cada muestra obtenida, las cotas del principio y del fondo, tipo, longitud y número (todas las muestras se numerarán consecutivamente).
- Número de golpes necesarios para cada 15 cm de penetración de los tomamuestras.
- Cota del nivel freático y observaciones sobre el agua freática.
- Observaciones sobre variaciones en la pérdida del líquido de perforación.
- Método y cuantía de presión utilizada para introducir el tomamuestras de pared delgada y longitud y diámetro de cada una de las muestras obtenidas.
- Fotografía en color de todas las cajas portatestigos y de la zona donde se hayan realizado todos y cada uno de los sondeos incluyendo la sonda posicionada durante su ejecución y la boca del sondeo finalizado.
- Resultados de la testificación geotécnica, de acuerdo con los requisitos marcados por el Jefe de Proyecto, tanto en cuanto a las unidades geológicas diferenciadas como a la información incluida en dicha testificación (determinación del origen de los materiales, edad, estado, compacidad y/o consistencia, etc.).
- Resultados de los ensayos de laboratorio.

Además, en los sondeos en roca se incluirá también:

- Longitud y porcentaje de testigo obtenido para cada maniobra longitud perforada. Numeración correlativa de las muestras.
- Tipo de roca y buzamiento de las capas, estratificación, juntas y esquistosidad).
- Cota de cada cambio de tipo de roca.
- Cotas en las que se observa cambios en la velocidad de sondeo, con las observaciones precisas.
- Parámetros de perforación (velocidad de avance, presión, par, r.p.m. etc.), cuando se soliciten expresamente; en caso contrario, sólo se anotarán observaciones cualitativas de dichos parámetros.

1.7.2 Calicatas

Para cada calicata se adjuntará una ficha técnica que contenga al menos la siguiente información:

- Identificación de la calicata y referencia a los datos de levantamiento (coordenadas x,y,z). Se indicará también el PK y la distancia al eje.
- Nombre del técnico supervisor.
- Fecha de ejecución.
- Identificación de la maquinaria utilizada.
- Profundidad alcanzada en la calicata.
- Se indicará en un apartado denominado “observaciones” toda la información sobre condiciones de excavabilidad del terreno, estabilidad de las paredes y posición del nivel freático. Asimismo, se indicará el tiempo en que la excavación ha permanecido abierta desde su finalización.
- Descripción geológico-geotécnica del corte del terreno visualizado en la calicata. En terrenos tipo suelo la descripción seguirá el orden siguiente: litología, indicando el componente principal seguido del componente secundario mediante sufijos indicativos del porcentaje que representa, color y consistencia/compacidad. A continuación y aparte se incluirán también los datos adicionales que se consideren relevantes, tales como

tamaño de grano, textura, componentes accesorios, cambios composicionales, grado de cementación, contenido en materia orgánica, observaciones organolépticas, etc.

En terrenos tipo roca se indicará la litología, resistencia y color y a continuación otros datos relevantes tales como naturaleza y tamaño de los clastos de la matriz, componentes accesorios, tipo de cemento, signos de oxidación, niveles nodulares intercalados, reacción al CIH, etc.

Pueden tomarse como referencia las nomenclaturas recomendadas en la Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras (Ministerio de Fomento, 2003), Código Técnico de la Edificación (Ministerio de la Vivienda, 2006) o la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). El empleo de cualquier otra nomenclatura deberá contar con la aprobación de Ineco.

- Profundidad de cada cambio de tipo de terreno y su espesor.
- Profundidad de la toma de muestras, acotada con la suficiente precisión.
- Resultados de la testificación geotécnica: valor de la resistencia al corte sin drenaje con aparato vane-test de bolsillo y resistencia a la penetración con el penetrómetro de bolsillo.
- Resultados de la totalidad de los ensayos de laboratorio realizados (ensayos de identificación, Próctor, CBR, químicos, etc.). Se incluirá la clasificación según USCS de todas las muestras ensayadas.
- Fotografías en color de la calicata abierta, del material extraído y de la zona después de su reposición.

1.7.3 Ensayos de penetración dinámica

Por cada ensayo de penetración se adjuntará una ficha técnica que contenga lo siguiente:

- Consultor y nombre del técnico responsable designado por la misma.
- Denominación contractual.
- Identificación del ensayo de penetración y referencia a los datos de levantamiento.
- Cota del terreno.
- Fecha de ensayo.
- Identificación de la maquinaria utilizada.
- Profundidad obtenida y cota del fondo del reconocimiento.
- Altura de caída y peso de la maza.
- En los penetrómetros dinámicos, número de golpes necesarios para cada 20 cm de penetración con sus gráficos correspondientes.
- En los penetrómetros estáticos, resistencia en punta y rozamiento lateral, con sus gráficos, incluidos los de presión intersticial en los piezoconos y de disipaciones de la misma.
- Dimensiones de la puntaza y diámetro del varillaje.
- Cota del nivel freático cuando sea posible su medición o estimación.
- Sistema de golpeo (automático o manual).
- Fotografía en color del emplazamiento de cada uno de los ensayos.

1.7.4 Investigación geofísica

Deberán adjuntarse los siguientes datos en formato DIN-A4 y en inglés:

- Consultor y nombre del técnico responsable designado por la misma.
- Denominación contractual.
- Plano de replanteo en planta de los perfiles investigados.
- Identificación de la prospección.
- Cotas del terreno.
- Fecha de su ejecución.
- Nombre del técnico u operador.
- Perfiles de las alineaciones analizadas, junto con los datos que han sido utilizados para la interpretación. Método analítico seguido.
- Planos de isopacas o isobatas, con curvas de nivel cada 2 m.
- Características de los horizontes obtenidos.
- Descripción de los equipos utilizados, medios auxiliares y cuantas observaciones sean precisas, en relación con la ejecución.

1.7.5 Presentación de ensayos de laboratorio

En todos los ensayos se presentarán los valores numéricos y/o gráficos correspondientes, adaptados a los impresos normalizados en cada caso. En su defecto, podrán utilizarse impresos distintos, siempre y cuando sean suficientemente claros y precisos para poder deducir de ellos los parámetros buscados. Todas las hojas de resultados y gráficos de los ensayos vendrán firmados originalmente por el jefe de laboratorio y con el sello del mismo.

Cada ensayo estará referenciado con el origen de la muestra, profundidad, tipo de muestra, obra de procedencia, fecha de obtención, fecha de ensayo y cuantos otros datos se consideren precisos para la mejor interpretación del mismo. Si se estimara conveniente, el Jefe de Proyecto podría solicitar las hojas de cálculo utilizadas para la realización de cada ensayo.