



**SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACION AMBIENTAL Y LA REDACCIÓN DEL PROYECTO
DE CONSTRUCCIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL TÚNEL 40 Y ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA DEL P.K.
277+400. LÍNEA LEÓN – A CORUÑA. PROVINCIA DE ORENSE**

=====

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

=====



ÍNDICE

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | PRESCRIPCIONES GENERALES | 4 |
| 2 | TERMINOLOGÍA DEL CONTRATO | 4 |
| 3 | ANTECEDENTES | 4 |
| 4 | OBJETO DEL CONTRATO | 6 |
| 4.1 | DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA LADERA | 7 |
| 4.1.1 | Geología regional | 7 |
| 4.1.2 | Estratigrafía | 7 |
| 4.1.3 | Aspectos geomorfológicos..... | 10 |
| 4.1.4 | Tectónica | 10 |
| 4.1.5 | Hidrología..... | 11 |
| 4.1.6 | Descripción de la inestabilidad de la ladera | 11 |
| 4.2 | CONCLUSIONES..... | 13 |
| 5 | DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN | 13 |
| 6 | DOCUMENTOS QUE FACILITARÁ ADIF..... | 15 |
| 7 | CONTENIDO Y CONDICIONES DE LOS DOCUMENTOS A ELABORAR. REDACCIÓN DEL PROYECTO | 16 |
| 7.1 | ESTUDIO DE ALTERNATIVAS | 16 |
| 7.2 | DOCUMENTO TÉCNICO PARA EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL | 17 |
| 7.3 | PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN..... | 17 |
| 7.4 | POSIBLES MODIFICACIONES | 18 |
| 8 | DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR | 18 |
| 8.1 | CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA | 18 |
| 8.2 | GEOLOGÍA, GEOTECNIA E HIDROGEOLOGÍA | 18 |
| 8.2.1 | Trabajos y ensayos de campo | 18 |
| 8.2.2 | Ensayos de laboratorio | 19 |
| 8.2.3 | Trabajos de gabinete..... | 19 |
| 8.2.4 | Seguimiento y control de los trabajos | 21 |
| 8.2.5 | Normativa de referencia | 21 |
| 8.2.6 | Estudio hidrogeológico | 21 |
| 8.2.7 | Geotecnia para las obras de tierra..... | 22 |
| 8.2.8 | Geotecnia para la cimentación de estructuras | 22 |
| 8.3 | EFACTOS SÍSMICOS..... | 22 |
| 8.4 | HIDROLOGÍA Y DRENAJE | 22 |
| 8.5 | FUNCIONALIDAD FERROVIARIA | 23 |
| 8.6 | INVENTARIO DE VÍA E INSTALACIONES..... | 23 |
| 8.7 | TRAZADO | 23 |
| 8.8 | MOVIMIENTO DE TIERRAS. | 24 |
| 8.9 | PLATAFORMA | 24 |
| 8.10 | ESTRUCTURAS | 24 |
| 8.11 | TÚNELES | 25 |
| 8.12 | INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CIVIL EN TÚNEL..... | 26 |
| 8.12.1 | Requerimientos de Protección Civil..... | 26 |
| 8.12.2 | Manual de explotación | 27 |
| 8.12.3 | Plan de mantenimiento | 27 |
| 8.12.4 | Plan de autoprotección..... | 27 |
| 8.12.5 | Acometida eléctrica a las instalaciones proyectadas..... | 27 |
| 8.13 | ELECTRIFICACIÓN, SEGURIDAD Y COMUNICACIONES | 27 |
| 8.14 | OBRAS COMPLEMENTARIAS | 28 |
| 8.15 | MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DEL IMPACTO AMBIENTAL..... | 28 |
| 8.16 | ESTUDIO VIBRATORIO | 29 |
| 8.16.1 | Análisis de la normativa aplicable relativa a las vibraciones | 29 |
| 8.16.2 | Inventario de la traza del estudio vibratorio | 29 |
| 8.16.3 | Análisis vibratorio y niveles previsibles | 30 |



| | | |
|--------|--|----|
| 8.16.4 | Propuesta de medidas correctoras referentes al estudio vibratorio..... | 30 |
| 8.16.5 | Protección ante las vibraciones | 30 |
| 8.17 | ESTUDIO ACÚSTICO. | 31 |
| 8.18 | EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LOS PROYECTOS QUE PUEDAN AFECTAR A ESPACIOS DE LA RED NATURA 2000..... | 34 |
| 8.19 | CAMBIO CLIMÁTICO..... | 34 |
| 8.20 | EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES..... | 34 |
| 8.21 | AFECCIONES A DERECHOS MINEROS. | 39 |
| 8.22 | SITUACIONES PROVISIONALES..... | 39 |
| 8.23 | DESVÍOS PROVISIONALES | 40 |
| 8.24 | REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS AFECTADOS | 40 |
| 8.25 | PLAN DE OBRA..... | 41 |
| 8.26 | ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD..... | 41 |
| 8.27 | ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO | 43 |
| 8.28 | ISA..... | 43 |
| 8.29 | INTEROPERABILIDAD..... | 43 |
| 8.30 | DIVISIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN..... | 43 |
| 8.31 | RELACIONES ENTRE EL CONSULTOR Y ADIF..... | 43 |
| 8.32 | COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS. ASISTENCIA TÉCNICA AUXILIAR | 44 |
| 8.33 | TRAMITACIÓN PREVIA A LA APROBACIÓN DE LOS PROYECTOS | 44 |
| 8.34 | DOCUMENTOS DEL PROYECTO Y SU PRESENTACIÓN | 45 |
| 8.34.1 | Documentos integrantes del Proyecto | 45 |
| 8.34.2 | Otros documentos a realizar por el consultor | 45 |
| 8.34.3 | Presentación de los trabajos | 47 |
| 8.34.4 | Presentación gráfica..... | 48 |
| 8.34.5 | Documentación informatizada | 48 |
| 8.35 | SUPERVISIÓN..... | 49 |
| 9 | EQUIPO HUMANO Y MEDIOS MATERIALES | 49 |
| 9.1 | EQUIPO HUMANO | 49 |
| 9.2 | MEDIOS MATERIALES | 52 |
| 10 | PERMISOS Y LICENCIAS | 53 |
| 11 | PRECAUCIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS | 54 |
| 12 | INSPECCIÓN DE LOS TRABAJOS | 54 |
| 13 | PROPIEDAD DE LA DOCUMENTACIÓN | 55 |
| 14 | PLAZO DE LOS TRABAJOS | 55 |
| 15 | COMPOSICIÓN DE PRECIOS | 55 |
| 16 | CRITERIOS DE ABONO DE LAS UNIDADES DEL PRESUPUESTO DEL CONTRATO | 57 |



- ANEJO Nº 1 - PRECIOS UNITARIOS
- ANEJO Nº 2 - PRESUPUESTO
- ANEJO Nº 3 - INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
- ANEJO Nº 4 - INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS DE INSTRUMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO HIDROGEOLÓGICO
- ANEJO Nº 5 - INSTRUCCIONES GENERALES PARA LOS TRABAJOS EN VÍA
- ANEJO Nº 6 - MODELO DE CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES



1 PRESCRIPCIONES GENERALES

El objeto del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares es el de establecer las condiciones que han de regir durante la realización de los trabajos relativos al Contrato epigrafiado.

Para la redacción de los trabajos objeto del presente contrato serán de aplicación todas las normas, instrucciones, recomendaciones y Pliegos oficiales vigentes, la normativa urbanística y medioambiental, los códigos U.I.C., la normativa de la UE que sea aplicable, y en especial las instrucciones y recomendaciones que establezca la entidad pública empresarial ADIF¹.

Además, deberán atenerse a las prescripciones señaladas en los apartados siguientes del presente Pliego y por las indicaciones del Responsable del Contrato objeto del presente Pliego o las personas en quien delegue.

2 TERMINOLOGÍA DEL CONTRATO

- **Responsable de Contrato**, es el responsable designado al efecto por ADIF para la dirección de los trabajos de redacción de los proyectos, los demás trabajos relacionados con ellos y las actuaciones previas a la contratación de las obras.
- **Consultor**, es la empresa adjudicataria del presente contrato de servicios. Realizará todos los trabajos necesarios para conseguir el objetivo de este contrato.
- **Autor del Proyecto (Jefe de la Oficina Técnica)**, es el representante del consultor y responsable absoluto de todos los trabajos objeto del presente contrato. Estará en posesión de la adecuada titulación, contará con experiencia en la realización de trabajos de contenido similar a los presentes, y será el coordinador de las distintas materias que integran los trabajos.
- **Jefe de Equipo**, es un técnico especialista de capacidad demostrada, que, a las órdenes directas del Autor del Proyecto, será el corresponsable de la correcta realización de un apartado específico del proyecto y de la dirección y coordinación del personal encargado de su realización. Junto al resto de los jefes de equipo, velará por la coherencia técnica, económica y funcional entre la parcela del trabajo que se le encomienda y el resto de los elementos que componen el Proyecto.

3 ANTECEDENTES

El Túnel nº 40, "Bustelos", p.k. 277/100 a p.k. 277/457 pertenece a la Línea LEÓN - A CORUÑA; se sitúa en la provincia de Orense.

La ladera norte de acceso a este túnel ha sufrido problemas de inestabilidad desde la construcción de la línea en 1870, afectando al mismo. A lo largo de su historia se han realizado frecuentes informes y actuaciones.

En 1902 se acometió la ejecución de una galería transversal que desaguaba al río Sil desde uno de los pozos construidos en años anteriores.

A partir de entonces no se tiene constancia de problemas en el tramo hasta la puesta en servicio del embalse de Peñarrubia (1961); momento a partir del cual se reactivó la inestabilidad de la ladera, afectando a la vía y al emboquille del túnel. Se han llevado a cabo posteriormente diversas actuaciones a lo largo de los años. En la actualidad continúan los movimientos de la ladera, según los informes de auscultación y seguimiento.

¹ En concreto, la documentación actualizada disponible en la propia web de ADIF:
<http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf>



En la tabla que sigue, se resumen las incidencias y actuaciones en la línea, en este tramo, según los datos disponibles.

| PERIODO | INCIDENCIAS Y ACTUACIONES |
|-------------|--|
| 1870 – 1880 | Construcción del túnel sobre una ladera naturalmente inestable. La construcción del túnel agravó los problemas de estabilidad de la ladera. Esto motivó que se produjeran continuas e importantes obras de mantenimiento a lo largo del tiempo. |
| 1896-1898 | Desplome de las cimbras del túnel, se reconstruyen 13,5 metros de sección en los anillos cimentados en roca dura, previa excavación del terreno, pero se producen nuevos empujes durante la reconstrucción del mismo que obligan a colocar cimbras en una longitud de 15 metros. |
| 1900 | Grandes temporales de lluvias que producen movimientos en la ladera. Se produce la desviación de la vía en la explanación poco antes de la entrada en el túnel con rotura en el muro y revestimiento construido en 1898. |
| 1901 | Construcción de 4 pozos de reconocimiento donde se pone de manifiesto la presencia de niveles de pizarra muy alterada con una profundidad media entre 10 y 18 m a partir de los cuales aparecen pizarras más compactas, además se detectan capas de arcilla intercaladas entre las pizarras alteradas y duras, a profundidades medias entre 4 y 10 m. Se interceptaron filtraciones a 4 metros de profundidad por debajo de la rasante de la vía, en el pozo 4. El nivel freático se sitúa a 8 m por debajo de la vía. |
| 1902 | Construcción de una galería transversal que unía el pozo 2 con el río Sil. |
| 1904-1925 | A partir de este momento no se tiene constancia de nuevas acciones, por lo que se cree que las obras realizadas controlaron los movimientos de forma sensible. |
| 1925-1946 | Colocación de testigos de hormigón en la galería lateral de reconocimiento del túnel en los años 1.925 y 1.946. |
| 1961 | Puesta en servicio del embalse de Peñarubia, a partir de este momento la inestabilidad de la ladera aumenta, por el incremento de las presiones hidrostáticas en la base y por las continuas variaciones del nivel del agua en el embalse, que junto con periodos de lluvias provocan una acentuación del problema que ya presentaba el túnel. |
| 1969-1976 | Colocación de testigos de hormigón en la galería lateral de reconocimiento del túnel en los años 1.969 y 1.976. |
| 1979 | Los continuos problemas obligan a eliminar unos 10 metros de túnel (la boquilla de entrada antigua se situaba en el P.K. 277+457) para permitir la correcta alineación de la vía. En 1979 ante el mismo problema se coloca un cimbrado de 9 metros de longitud, reforzándolo 3 años más tarde y colocando otras cerchas en la galería auxiliar paralela al túnel. |
| 1983-1984 | Ampliación de anchura de la boca de entrada, demoliendo la sillería primitiva y reconstruyendo 4 m de bóveda, hastiales y contrabóveda, aumentando 1 metro el gálibo disponible con el fin de permitir la alineación de la vía y un margen suplementario que compensara los previsibles desplazamientos futuros. |
| 1.985 | Instalación de testigos y bases topográficas para el cálculo programado de coordenadas de puntos por intersección directa. |
| 1.985 | Descerchado de la parte antigua del revestimiento. Gunitado de 25 m desde la boquilla de entrada con armadura e inyección del trasdós. |
| 1.986 | Ampliación de la boquilla de entrada, colocación de una barrera de carriles y construcción de aletas de protección en ambos lados para evitar la caída de rocas a la vía. Se instalaron inclinómetros y piezómetros, que al poco tiempo resultaron ser inoperativos al deformarse las perforaciones. |



| PERIODO | INCIDENCIAS Y ACTUACIONES |
|-------------|--|
| 1.987 | Aparece una fisura vertical que ha ido aumentando llegando a ser una grieta importante, situada en la aleta del lado derecho y sobre la boquilla de ese lado. Además, también se produjeron desprendimientos de rocas en dirección al río, pero sin haber sobrepasado las aletas y muros de hormigón existentes. |
| 1.987-1.999 | Desprendimientos de rocas de la masa caliza en dirección al embalse, no sobrepasan los muros y barreras caza-piedras. Pérdidas de alineación de vías. |
| 2000 | Estudio geotécnico de la ladera del Túnel 40 por parte de Prospección y Geotecnia S.L.. Se realizaron 2 sondeos mecánicos instrumentados con inclinómetros, se estudió la estabilidad de la ladera y se propusieron actuaciones de estabilización mediante drenaje y refuerzo estructural. Se reconocieron superficies de deslizamiento a gran profundidad. Avance del deslizamiento que afecta a la ladera en el invierno, coincidiendo con un periodo de lluvias intensas. Provocó un grave defecto de alineación de la vía, en la cual se observaba un desplazamiento de hasta 30 cm. Uno de los inclinómetros colocados meses antes por Prospección y Geotecnia S.L. se cortó a 25 metros de profundidad. El muro de hormigón que protege la entrada del túnel se fracturó y se generó una grieta vertical. |
| 2001 | Se realizó un ripado de 27 cm en la boquilla de entrada del túnel para ganar gálibo, tras el movimiento brusco citado anteriormente. |
| 2003 | Nuevo avance del deslizamiento que afecta a la ladera entre abril y mayo del 2003, coincidiendo con un periodo de lluvias muy intensas. En los inclinómetros se observan desplazamientos de 3 a 4 cm en cabeza, de 3 a 5 cm de desplazamiento en las bases topográficas de colimación y asentos de hasta 1 cm en las medidas de nivelación. Por otro lado, se produce un defecto de alineación de la vía "garrote" en el P.K. 277+337. La aleta del muro de hormigón de la boquilla de entrada por el lado derecho, sufre un deterioro importante con reapertura de la grieta existente y desplazamiento del muro en su parte superior. Por otro lado, en los PP.KK. 277+337 y 277+350 el muro de contención de hormigón tiene grietas importantes abiertas de 5 a 8 cm. Limitación de velocidad a 30 Km/hora en el sentido de León. |
| 2004-2008 | Construcción de la fase I de las medidas de drenaje recomendadas en el informe de Prospección y Geotecnia S.L. 2003. Construcción de una cuneta superficial hormigonada sobre el terreno, para la captación de agua de escorrentía, situada por detrás de las grietas de tracción del deslizamiento principal. Excavación de una galería de drenaje por debajo de la cuneta de drenaje citada anteriormente. Ejecución de perforaciones drenantes en su interior. |
| 2008-2010 | Auscultación y seguimiento del movimiento de la ladera mediante informes de auscultación realizada por la empresa Eptisa ingeniería, instrumentación y control. |
| 2010-2014 | Auscultación y seguimiento del movimiento de la ladera mediante informes de auscultación realizados por la empresa Ofiteco-Inge. |
| 2017 | "Estudio de la estabilidad de la ladera del Túnel 40 entre los pp.kk. 277/100 al 277/457" (Uriel y Asociados) donde se analizaba la problemática de la ladera y se planteaban algunas opciones de actuación. |
| 2017-2019 | Auscultación y seguimiento del movimiento de la ladera mediante informes de auscultación realizada por la empresa Eptisa ingeniería, instrumentación y control. |

4 OBJETO DEL CONTRATO

El objeto del contrato es la prestación de servicios a la Dirección de Proyectos de Red Convencional de ADIF para la redacción del Proyecto de Construcción para la mejora de la infraestructura en el túnel 40 y la estabilización de la ladera de su acceso norte en la Línea



León – A Coruña. No incluye renovación de vía y drenaje, ni instalaciones de seguridad y comunicaciones, objeto de otros contratos.

La ladera en que se localiza el tramo objeto del proyecto presenta movimientos que afectan a la vía principalmente en el lado norte de acceso al túnel.

Estos movimientos datan de la puesta en servicio de la línea, provocando reiteradas intervenciones hasta que, hacia el año 1900, la ejecución de una solución de drenaje mediante galería estabilizó significativamente dichos movimientos.

Los problemas en la vía se reactivaron con la construcción del embalse de Peñarrubia, llevándose a cabo desde entonces distintas actuaciones, así como la instrumentación y control de la ladera.

El carácter reiterado de necesidad de actuaciones y reparaciones, con sus correspondientes inversiones y la situación respecto al embalse y movimientos de la ladera, aconsejan realizar un proyecto específico, estableciendo una actuación más ambiciosa que sea capaz de eliminar estas afecciones a la explotación.

A continuación, se resume la problemática analizada en trabajos anteriores.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA LADERA

4.1.1 Geología regional

Desde un punto de vista estructural, la ladera en estudio se encuentra en la zona Astur-Occidental-Leonesa.

Correspondiente a la Zona de Galicia oriental, el área en estudio se encuentra en el dominio del Manto de Mondoñedo-Peñalba.

A nivel regional, en la zona se diferencian dos grandes megaestructuras, el sinclinal de Truchas y el sinclinal de Peñalba. Entre ambas, aparece una estructura antiformal, prolongación occidental del anticlinorio de Teleno. La ladera y el túnel 40 se encuentran en el flanco SW del anticlinal de Peñalba.

Desde el punto de vista fisiográfico se caracteriza por presentar una acusada orografía representada por los montes Aquilianos, con su prolongación NW en la sierra de Caurel y SE la Sierra de Teleno.

La red hidrográfica presenta un gran desarrollo, a lo que contribuyen los factores climáticos y orográficos. El cauce principal de la zona es el río Sil, que discurre al Este del trazado. El río se encuentra muy encajado entre los escarpados relieves de este sector, constituyendo las denominadas "Hoces del Sil", si bien en este tramo el río se encuentra represado en el embalse de Peñarrubia. La zona de estudio se sitúa en la cola de dicho embalse.

Este hecho modifica el régimen hidrogeológico de la zona de estudio, constituyendo un factor importante en la dinámica de la ladera.

4.1.2 Estratigrafía

La zona afectada por el trazado y la ladera, se corresponde con materiales de edad Ordovícica, además de algunos depósitos cuaternarios.

La estratigrafía de la zona la conforman los siguientes materiales:

- Pizarras Ordovícicas de Luarca: forman el sustrato regional.
- Calizas Ordovícicas de Aquiana: a techo de las pizarras
- Depósitos pliocuaternarios y cuaternarios: depósitos de ladera, rellenos, etc...

Pizarras Ordovícicas



Se trata de una serie muy característica esencialmente pelítica. Comprende filitas, ampelitas y esquistos moscovíticos, de marcada pizarrosidad hercínica, en que predominan los colores grises oscuro a negro y azul oscuro, que al alterarse adquieren tonalidades grisáceas claras. Contienen abundante materia orgánica y son carbonosas.

En los tramos superiores de la serie pizarrosa se intercalan unos niveles de cuarcitas arenosas de hasta 20 metros. En estos tramos las pizarras se enriquecen en materiales detríticos y disminuyen sus proporciones en materia orgánica, adquiriendo unas tonalidades verdosas. Su espesor es bastante variable.

En esta formación es donde se presentan los problemas de estabilidad en relación con los deslizamientos de la ladera que afecta a la línea férrea.

La litología es bastante homogénea, aunque pueden diferenciarse zonas alteradas (muy trituradas) con intercalaciones arcillosas, frente a zonas compactas casi sin fracturación pero más escasas; en algunos términos las pizarras presentan venas de cuarzo intercaladas.

Aparecen muy fracturadas con índices R.Q.D de 0-20 %. Presenta generalmente más de 5 fracturas cada 30 cm. Las fracturas presentan ángulos de inclinación que van desde 0° a 60° (casi nunca verticales) y en general son planas-lisas, en raras ocasiones onduladas-lisas y onduladas-rugosas.

Su estructura interna principal está definida por la pizarrosidad que aparece replegada presentando buzamientos de todo tipo.



Figura 1.- Afloramiento de Pizarras en la zona con tonalidades grisáceas

Calizas Ordovícicas

También conocidas geológicamente con el nombre de Calizas de Aquiana, es una formación carbonatada constituida litológicamente por calizas, calizas dolomíticas y dolomías cristalinas marmóreas (sacaroideas) de color blanco a pardo. Son materiales muy masivos y se presentan dispuestos en paquetes de espesor considerable.

A nivel regional, estas calizas están afectadas por una importante red kárstica, con gran cantidad de simas y dolinas que se encuentran parcialmente colmatadas por materiales de edad posterior, sobre los que se ha vuelto a imprimir la red kárstica.

Estos materiales tienen una acentuada incidencia en la morfología del terreno, dando lugar a pronunciados resaltes con laderas de acusada pendiente y zonas acantiladas. En los resaltes y zonas acantiladas existen fragmentos de roca inestables originándose desprendimientos que afectan a la boquilla de entrada del túnel.



Los mayores espesores se observan en la zona de una gran grieta, casi perpendicular a la traza, hacia el oeste, donde pueden alcanzar 35 metros, aunque su espesor inicial debió ser muy superior como puede observarse en cualquiera de los afloramientos próximos.



Figura 2.- Calizas masivas en la zona de la gran grieta

Calizas deslizadas

Se trata de calizas procedentes de deslizamiento y desprendimiento de la zona de la gran grieta. Sus espesores se supone que varían considerablemente de unos puntos a otros, aunque en ninguno de los casos debe alcanzar los 12 ó 13 m. Están constituidos, en su mayor parte, por cantos heterométricos de caliza de tamaño variable, que en la mayoría de los casos superan el metro cúbico



Figura 3.- Desprendimiento de bloques de caliza

Rellenos antrópicos

La construcción del túnel y las continuas obras de mejora efectuadas en el mismo obligaron a la evacuación de un importante volumen de materiales, que en su mayor parte se encuentran bajo las aguas del embalse. Además, las antiguas galerías mineras, situadas al norte en materiales pizarrosos, contribuyeron a la creación de algunas escombreras.

Existen distintos tipos de vertidos, caliza, pizarra, granito y depósitos mixtos



4.1.3 Aspectos geomorfológicos

Conviene resaltar los aspectos geomorfológicos más significativos en cuanto su influencia sobre las condiciones de estabilidad, como son la pendiente de la ladera, y la relación espacial entre la formación de pizarras y el macizo calizo:

- La pendiente de la ladera inestable presenta unos 15º de media. En las zonas estables la ladera presenta una mayor pendiente en torno a 18º.
- Las pizarras que forman el sustrato rocoso estable, presentan un relieve algo más acusado hacia el Norte de la zona de estudio y no tienen síntomas de reciente inestabilidad. En general, tienen una pizarrosidad con una dirección E-W y un buzamiento medio de 40º hacia el Sur, aunque son muy frecuentes los repliegues hacia el N y NE. La dirección media de los ejes de los pliegues es de 150º-145º E.
- Las pizarras en la parte deslizada tienen una dirección predominante de la pizarrosidad WNW-ESE a E-W con buzamiento bastante generalizado hacia el Sur, también se observan algunos micropliegues de dirección WNW y ESE con inmersión ESE. Estas pizarras presentan señales geomorfológicas de inestabilidad muy claras.
- El macizo calcáreo se caracteriza por presentar un gran resalte morfológico en la zona de estudio, que forma crestones donde se individualizan bloques que se encuentra en situación de equilibrio límite. Dentro de esta unidad se desarrollan importantes fracturas y grietas. Las grandes fracturas y grietas forman un gran acantilado afectado por grietas de tracción, de apertura variable y de menor tamaño tanto hacia el interior del macizo calcáreo como hacia su extremo oriental. La dirección ESE, coincide con la alineación estructural de las discontinuidades allí observadas.

4.1.4 Tectónica

A nivel más detallado, el entorno del túnel 40 se sitúa en el denominado anticlinorio de Caurel-Telero, de estructura compleja. Se trata de una mega-estructura antiforme con dirección axial E-W con suave vergencia Norte y repliegues en su núcleo. A uno de estos repliegues corresponde el macizo calizo donde están excavados el túnel 40 y 41 de la línea de FF.CC. Palencia-La Coruña.

En la cartografía regional y la fotografía aérea se observan direcciones de plegamiento N-S perpendicular a la anterior, lo que produce una morfología en forma de domos y cubetas, donde el macizo calizo central se situaría en una de las cubetas, presentando una doble inmersión que en sus extremos parece un sinclinal. Esta configuración, que puede resultar sencilla, presenta gran complejidad en detalle por el efecto de los pliegues-falla y fallas de descompresión.

En la siguiente fotografía se muestran las direcciones de las fallas predominantes en la zona.





Figura 4.- Dirección de las fallas predominantes en la zona

4.1.5 Hidrología

La zona de falla al borde de las calizas que delimitan la zona inestable por el Sur, es muy posiblemente una zona de aporte agua a la ladera. Se trata de una zona totalmente quebrada con multitud de grietas, fisuras y cavidades, que dan lugar a una alta permeabilidad desde la superficie, y en profundidad hasta alcanzar las pizarras.

Por otro lado, además de los niveles freáticos naturales y las aguas de lluvia, a finales de los años 60 comienzo a llenarse el embalse de Peñarrubia, el cual muy probablemente supuso la recuperación del nivel freático en la zona inferior de la ladera, el cual se había rebajado con el pozo y galería que se construyó en 1902.

Desde el punto de vista de la estabilidad, la situación más desfavorable se produce cuando se realizan desembalses pronunciados de agua en el embalse. Dado el carácter muy impermeable de los materiales, parece más que probable el descenso del nivel freático o presión de agua en las pizarras y arcillas se producirá de forma lenta en comparación con la velocidad de vaciado del embalse. Esto da lugar a la típica situación de “desembalse rápido” que se estudia en presas de materiales sueltos, o en laderas afectadas por embalses, como es el caso, y es la situación más desfavorable para la estabilidad ya que:

- Las presiones siguen siendo altas en la ladera, como si no se hubiera producido de forma efectiva el rebajamiento del embalse, o rebajándose sólo una fracción de las presiones.
- Desaparece el peso estabilizador (o presión repartida estabilizadora) que supone la masa de agua del embalse apoyada sobre la ladera.

4.1.6 Descripción de la inestabilidad de la ladera

Características del deslizamiento general:

- Existe un gran deslizamiento que presenta un borde sur rectilíneo asociado a una antigua fractura, que pasa por la zona de la boquilla del túnel 40.



- La cabecera del desplazamiento cierra en la zona de la cuneta de drenaje construida (ver Apartado 2; tabla de incidencias y actuaciones, período 2004–2008) y el lado norte baja desde la cuneta hasta el embalse atravesando nuevamente la vía.
- Dentro de este gran deslizamiento, se han observado superficies de rotura englobadas en la gran masa deslizada, y cuya dirección es más perpendicular a las vías y no a las calizas. La más extensa de estas superficies y que más claramente se detecta con los inclinómetros, se ha representado en la planta geológica. Esta planta se muestra a continuación.



Figura 5.- Planta geológica geotécnica con indicación de los deslizamientos

Del análisis de la información disponible se deduce las dos formaciones principales de la ladera, pizarras y calizas del Ordovícico, interaccionan entre sí provocando la mayor parte de los movimientos.

En la zona coexisten dos deslizamientos, uno profundo (se han apreciado movimientos a 50 m de profundidad) y más antiguo que se desarrolla inicialmente en dirección S-N y uno posterior que puede presentar varias superficies de rotura que se desarrolla dentro de la masa deslizada y que se desplaza de W a E siguiendo la ladera actual.

Los movimientos se producen a impulsos del deslizamiento transversal y la reactivación y acomodación del lado sur del deslizamiento longitudinal.

Como elemento desestabilizador hay que contar con la construcción del embalse que eleva el nivel freático dentro de la masa deslizada y provoca presiones intersticiales desfavorables a la estabilidad en las épocas de desembalse. En este sentido los mayores movimientos de la ladera se asocian a desembalses, como se ha mencionado.

En el momento actual se ha desmontado la boquilla inicial del túnel retranqueándose hacia el interior del macizo debido a los continuos daños que se producían en la misma. En su lugar se construyen gruesos muros de hormigón armado a modo de aletas. Con el paso del tiempo estos muros vuelven a fracturarse porque en este punto es donde se corta el borde del deslizamiento y es donde mayor es el movimiento diferencial.

Probablemente en tiempos recientes se produce un desprendimiento de bloques rocosos es el escarpe del lado sur que deja un abanico de bloques sobre la zona del deslizamiento transversal.



Finalmente cabe destacar la construcción de una cuneta y alcantarilla para la captación de las aguas de la ladera en la parte alta del deslizamiento transversal, el vertido de escombros junto a la cuneta de drenaje de la parte alta y entre la vía y el embalse, la construcción de un muro con barrera en el desmonte de la vía y la construcción del camino de acceso.

En el croquis que sigue, se muestra la situación de la ladera en la actualidad comentada en párrafos anteriores.

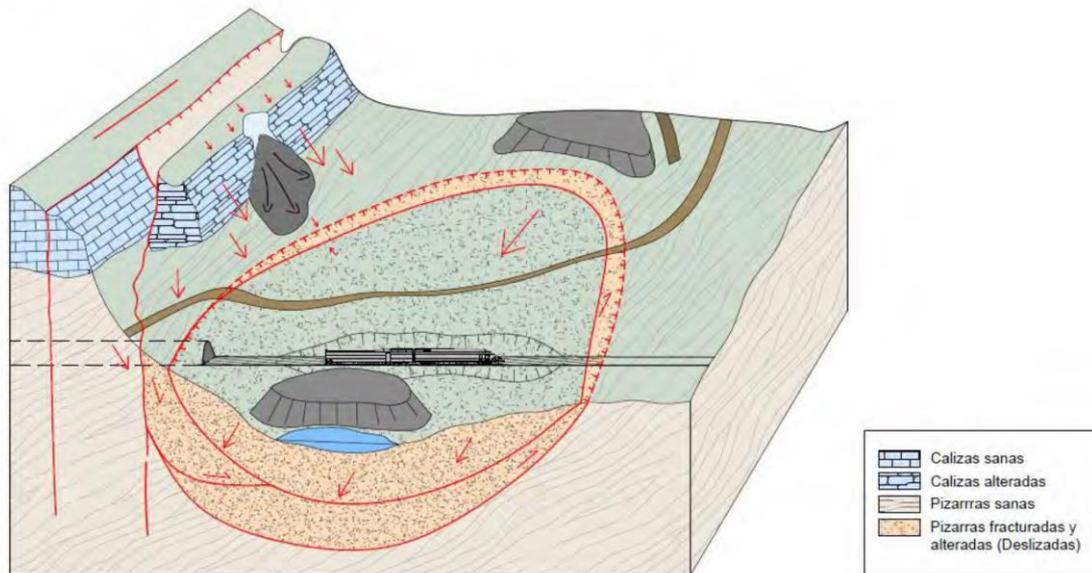


Figura 6. Situación actual de la ladera (Uriel y Asociados S.A.)

4.2 CONCLUSIONES

En los estudios realizados previamente se presentan posibles soluciones, entre otras: movimiento de tierras, de modo que el momento estabilizador supere al volcador; medidas de refuerzo mediante anclajes o pilotes; o soluciones mixtas, combinación de las anteriores, etc.

Como se especifica posteriormente, el consultor adjudicatario deberá analizar posibles alternativas que solucionen el problema descrito y desarrollar el proyecto de construcción de solución considerada como óptima tras dicho análisis.

5 DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN

El alcance del proyecto de construcción será el necesario para definir de un modo detallado las obras a efectuar y su proceso de ejecución, de forma que el grado de desarrollo permita la contratación y ejecución de las obras que corresponda.

Para la redacción del proyecto se tendrán en cuenta los aspectos constructivos, de explotación y de mantenimiento, cumpliendo en todo momento las normas de ADIF vigentes y resto de normativa de aplicación.

Se contemplan dos actuaciones principales en el proyecto objeto de este contrato. Por un lado, el análisis y proyecto de reparación del túnel 40 (Túnel de Bustelos) y, por otro, la estabilización de la ladera del tramo del acceso norte.

- Reparación del túnel

El proyecto de construcción incluirá la reparación del túnel de Bustelos. Se realizará la definición de estas reparaciones con el detalle necesario para la ejecución de las obras. Se elaborará, además, el estudio de gálibos del túnel, con el fin de evaluar el gálibo a



proyectar en función del resultado técnico-económico, cumpliendo la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la Instrucción Ferroviaria de Gálibos y el Reglamento (UE) nº 1303/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014, sobre la ETI relativa a la seguridad en los túneles ferroviarios del sistema ferroviario de la UE y sus posteriores modificaciones. En función de las conclusiones, se proyectará la ampliación de la sección del túnel, caso de ser finalmente necesaria.

- Estabilización de ladera

La ladera del acceso norte del túnel 40 sufre movimientos en sentido longitudinal y transversal a la vía que afectan tanto en la trinchera de acceso como al propio túnel 40. Estos movimientos se asocian a las épocas de lluvias y de desembalse del embalse de Peñarrubia.

El proyecto deberá incluir los elementos necesarios de **estabilización de la zona** que evite nuevas afecciones a la infraestructura.

Con el objetivo de seleccionar la solución más eficiente, se procederá a la redacción de un estudio de alternativas para la estabilización de la ladera norte del túnel. Una vez estudiadas, y aprobadas por ADIF, las posibles soluciones constructivas, recogidas en dicho estudio de alternativas, se procederá a la redacción de un documento técnico para su tramitación ambiental y un proyecto de construcción.

Con independencia de los elementos de sostenimiento que puedan ser diseñados, será preciso analizar el estado de la plataforma actual y diseñar elementos de mejora/sustitución donde sea necesario. **Se excluye la renovación de vía y drenaje del tramo de la trinchera y túnel**, como se ha mencionado.

Durante la redacción del proyecto será necesario coordinarse con otros proyectos que pudieran desarrollarse paralelamente al de este contrato en el tramo objeto del contrato, en particular con el de "*Mejora de la infraestructura y vía en el tramo Covas-Monforte de Lemos de la línea León-A Coruña*" actualmente en proceso de licitación, que incluye la renovación de vía y drenaje del tramo objeto del presente proyecto, o el proyecto específico complementario de Instalaciones de seguridad y comunicaciones pendiente de ejecución.

Se realizará un Estudio Geotécnico de los terrenos en los que está previsto el desarrollo de la actuación. Su alcance será el necesario para poder definir la solución de estabilización del terreno así como la de reparación del túnel que sea necesaria, de forma que no sea necesario, con posterioridad, realizar más ensayos o pruebas para definir las características geológicas y geotécnicas del terreno. Será objeto del contrato la realización de la campaña geotécnica y los correspondientes ensayos de laboratorio.

Se podrán disponer elementos de auscultación que completen el sistema existente y se realizará el seguimiento de los mismos. Estos elementos deberán ser instalados en zonas que potencialmente no se vean afectadas por la propia ejecución de la obra. Y serán señalizados y defendidos convenientemente. Se realizarán lecturas hasta la finalización del contrato y posteriormente se dará traslado a la Dirección de Mantenimiento para su gestión.

Se realizará también un levantamiento topográfico del ámbito de la actuación y sus alrededores con la extensión suficiente para la perfecta definición de dicho ámbito y su entorno. Su alcance será el necesario para poder estimar la idoneidad de las soluciones que se analicen o desarrollen, de forma que no sea necesario con posterioridad realizar más levantamientos de este tipo.

El proyecto de construcción detallará las actuaciones y medidas correctoras medioambientales necesarias. El Consultor realizará la tramitación ambiental precisa. Esta tramitación se adecuará y completará según lo que se derive de las sucesivas resoluciones del órgano ambiental competente que pudieran tener lugar, debiendo completar el Consultor todo el proceso y en todas vertientes, hasta completar la tramitación ambiental



necesaria. En cualquier caso, el consultor tendrá en consideración las prescripciones ambientales de los órganos competentes. Esta labor se plasmará en un documento que se denominará "DOCUMENTO TÉCNICO PARA EVALUACIÓN AMBIENTAL".

El consultor prestará todo tipo de apoyo necesario durante esta fase de tramitación, así como la preparación de cualquier documentación adicional que sea necesario elaborar, como presentaciones, informes, etc.

De igual forma, serán objeto de estudio, las expropiaciones que sea necesario ejecutar como consecuencia del Proyecto, así como sus ocupaciones temporales y servidumbres de Servicios Afectados u otro, o cualquier otra circunstancia o alcance de la intervención proyectada. El proyecto deberá delimitar los bienes y derechos afectados, incluyendo los planos parcelarios que identifiquen cada una de las fincas.

Aspectos de sostenibilidad y medioambiente a tener en cuenta en el contrato.

El ADIF es consciente de la existencia de unos efectos ambientales asociados a la construcción y al mantenimiento de las infraestructuras ferroviarias, así como al transporte que se desarrolla sobre las mismas. Fruto de ello, y como parte esencial del esfuerzo técnico y económico por entender los servicios ferroviarios desde una perspectiva de calidad, el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias establece con la sociedad española, un Compromiso de respeto medioambiental, cuyo alcance se desarrolla mediante un Código de Conducta Medioambiental.

Entre otros puntos, el Código de Conducta Medioambiental del ADIF se basa en los siguientes principios:

- Política corporativa de compromiso en el cumplimiento de la normativa medioambiental vigente y de colaboración con los organismos oficiales encargados de su supervisión y desarrollo.
- Exigir a las empresas contratistas y proveedores idéntico compromiso de cumplimiento de la normativa.
- Garantizar el máximo respeto hacia los espacios naturales de interés de todo tipo, que son atravesados por la infraestructura ferroviaria.
- Implantar los programas oportunos que permitan un uso más racional del agua y de los recursos energéticos.
- Conseguir una utilización más eficiente de los recursos naturales no energéticos, reduciendo el consumo de materias tóxicas, y procediendo a su progresiva sustitución por las alternativas menos dañinas que la técnica haga viables.
- Reducir la generación de residuos y aguas residuales mediante el empleo preferente de sistemas de minimización, reutilización y reciclaje.

6 DOCUMENTOS QUE FACILITARÁ ADIF

ADIF entregará al Consultor los estudios que, sobre la materia, puedan obrar en su poder:

- Informes de auscultación y seguimiento. Línea FF.CC. Palencia-A Coruña (Túnel 40) Pk 277+400. Control de la estabilidad en la ladera y la plataforma. (Eptisa 2017 a 2019).
- Estudio de la estabilidad de la ladera del túnel 40 entre los pp.kk. 277/100 al 277/457 línea Palencia - La Coruña. (Uriel y Asociados 2017).
- Informe de inspección de la ladera de acceso al túnel nº 40 (Bustelos) de la línea de FF.CC. Palencia - La Coruña. (Prospección y Geotecnia 2007).



- Estudio geotécnico (sondeos, ensayos y asistencia técnica) del túnel nº40 (Bustelos) de la línea de FF.CC. Palencia – La Coruña (Prospección y Geotecnia 2003).

además de la siguiente documentación técnica:

- Normativa ADIF Plataforma vigente (NAP, NAV, etc...).
- Base de precios tipo en vigor (BGP).
- Pliego-tipo de Prescripciones Técnicas Particulares en vigor (PGP).
- Imagen corporativa
- Instrucciones específicas que recogen los criterios que han de ser tenidos en cuenta en la redacción de los proyectos de plataforma. Estas cubrirán las siguientes especialidades:
 - Geotecnia vial y obras de tierra.
 - Estructuras y obras de fábrica.
 - Hidrología.
 - Medio ambiente.
 - Electrificación.
 - Instalaciones de seguridad y comunicaciones.
 - Reposiciones.
 - Expropiaciones.
- Instrucciones Generales para trabajos geológico-geotécnicos.

7 CONTENIDO Y CONDICIONES DE LOS DOCUMENTOS A ELABORAR. REDACCIÓN DEL PROYECTO

El resultado final de los trabajos a realizar será la edición de uno o varios proyectos de construcción, con el grado de definición suficiente, que posibilite la ejecución de las obras.

Dicho trabajo se plasmará en los siguientes documentos:

- "ESTUDIO DE ALTERNATIVAS".
- "DOCUMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL".
- Información Pública de Expropiaciones y Ley del Sector Ferroviario.
- "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA DEL P.K. 277+400 DE LA LÍNEA LEÓN – A CORUÑA. PROVINCIA DE ORENSE."
- Revisión e informes de la Supervisión realizada por ADIF y del Colegio de ICCP.
- Documentos de síntesis e informes para la licitación de las obras.

Un documento cualquiera, de los derivados de los trabajos objeto de este pliego, podrá dividirse en dos o más documentos durante el desarrollo de los trabajos sin que ello pueda en ningún caso implicar aumento en los honorarios ni ninguna otra modificación respecto a lo indicado en el presente pliego.

7.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Con el objetivo de seleccionar la solución más adecuada, se procederá a la redacción de un estudio de alternativas para la estabilización de la ladera.

Como se ha mencionado, en los estudios realizados previamente se presentan posibles soluciones, entre otras: movimiento de tierras, de modo que el momento estabilizar supere



al volcador; medidas de refuerzo mediante anclajes o pilotes; o soluciones mixtas, combinación de las anteriores, etc.

El consultor adjudicatario deberá estudiar posibles alternativas que solucionen el problema descrito realizar un análisis multicriterio valorando distintos aspectos como pueden ser: ambiental, económico, constructivo, efectividad, mantenimiento, plazos, etc.

Los resultados de dicho estudio serán sometidos a aprobación por parte de ADIF.

7.2 DOCUMENTO TÉCNICO PARA EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL

ADIF considera que la actuación inicialmente prevista precisa de tramitación ambiental conforme a la **Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental** y su modificación 9/2018, así como toda la legislación autonómica pertinente.

Con la alternativa elegida del Estudio de Alternativas elaborado, se realizará dicha tramitación ambiental. A tal efecto, se incluirá un análisis pormenorizado de las implicaciones ambientales de las obras y las medidas correctoras oportunas, con el detalle suficiente para que el Órgano Ambiental pertinente pueda emitir favorable.

A tenor de lo dispuesto en la ley de Evaluación Ambiental vigente en el momento de adjudicación del contrato, se realizarán todos los documentos que sean necesarios para la consecución de la resolución del Órgano Ambiental, así como los que determine Adif con el mismo fin. En este proceso, se tendrá en cuenta toda la legislación sectorial que sea de aplicación.

Esta fase previa y todos los trabajos se dará por finalizada una vez obtenida la resolución del Órgano Ambiental.

Este análisis será supervisado por parte del Área de Medioambiente de ADIF competente en la materia.

7.3 PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

El proyecto de construcción deberá adecuarse a las condiciones especificadas la vigente Ley de Contratos del Sector Público ("LIBRO II. Preparación de los contratos"), así como a las normas de carácter interno de ADIF.

Dada la afección a la línea ferroviaria existente, se adecuará a las normas de carácter interno de ADIF, proyectando las situaciones provisionales que se generen en plataforma y vía, electrificación e instalaciones de seguridad y telecomunicaciones, como consecuencia del cumplimiento del objetivo de tratar de mantener en servicio todas las circulaciones durante la duración de las obras.

El alcance del proyecto de construcción a realizar será el necesario para definir de un modo detallado las obras que han de efectuarse y su proceso de ejecución, de forma que el grado de desarrollo permita la contratación y ejecución de las obras que corresponda.

Para la redacción del proyecto será necesario tener en cuenta los condicionantes que pueda tener la solución proyectada, garantizando la compatibilidad con otras actuaciones ferroviarias previsibles en los diferentes escenarios futuros, considerando en todo caso los aspectos constructivos, de explotación y de mantenimiento. Se aplicarán criterios de máxima sostenibilidad económica y racionalidad.

Se incorporarán al proyecto, en su caso, las recomendaciones y medidas correctoras que resulten del trámite de la EVALUACIÓN AMBIENTAL, así como las establecidas en la normativa interna y externa de aplicación.



7.4 POSIBLES MODIFICACIONES

No se prevén modificaciones.

8 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR

A continuación, se detalla el alcance de los principales puntos a definir en el Proyecto.

La descripción no es exhaustiva, por lo que pueden existir actividades no recogidas en este pliego que resulten necesarias.

Por tanto, quedan incluidos en el objeto del pliego todas las actividades (recogidas explícitamente o no) necesarias para una correcta redacción del proyecto de construcción, suficientes para una posterior licitación y ejecución de las obras, de acuerdo con las necesidades de ADIF.

8.1 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

Se realizarán todos los levantamientos topográficos necesarios para un correcto conocimiento del terreno.

Deberá realizarse con referencia a unas bases fijas e inamovibles, documentando sobre el terreno, tanto altimétrica como planimétricamente. Se deberán situar todas las instalaciones y elementos existentes con identificación precisa de los mismos.

En caso de ser necesario, se realizará un levantamiento batimétrico de la zona del embalse de Peñarrubia que pueda verse afectado por las obras.

8.2 GEOLOGÍA, GEOTECNIA E HIDROGEOLOGÍA

El Consultor deberá realizar la campaña geotécnica completa que sea necesaria para el proyecto objeto del contrato, así como los trabajos y ensayos de campo, ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete pertinentes.

El alcance y contenido del Estudio Geotécnico, se ajustará a lo indicado en el Anejo 3 "INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS".

8.2.1 Trabajos y ensayos de campo

- Suministro de todo el personal, medios y equipos necesarios.
- Realización de todos los trabajos necesarios para el replanteo de los sondeos y demás puntos de investigación y registro de las coordenadas y cota de los mismos. La Dirección fijará el sistema y precisión del replanteo y nivelación, en función del tipo de trabajo, su importancia, y la existencia de cartografía y/o bases de replanteo suficientemente próximas al área de los trabajos. Una vez materializados estos puntos en el terreno, por el Consultor, éste será responsable de su posterior localización.
- Posicionamiento en plano de todos los puntos de investigación, junto con un croquis detallado que incluya coordenadas y foto en color del punto de ejecución de las investigaciones, con la maquinaria posicionada y sin posicionar, una vez terminados los trabajos.
- Petición de todos los permisos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, salvo indicación en contra. Si es necesario, tendrá el apoyo en esta labor de la Dirección.
- Detección de servicios existentes (conducciones y canalizaciones de agua, electricidad, gas, telefonía, etc.) en los puntos de investigación.



- Supervisión, seguimiento de los trabajos y ensayos de campo por parte de técnicos competentes cualificados. La presencia sobre el terreno será continua mientras haya maquinaria emplazada. La testificación de los sondeos se hará cuando así se solicite desde la Dirección del Contrato.
- Redacción del procedimiento de ejecución a utilizar para aquellos ensayos o trabajos que no estén regulados por una normativa oficial publicada, así como la verificación y calibración de los equipos a utilizar.

A continuación, se relacionan los trabajos a realizar sobre el terreno más significativos del contrato:

- Investigaciones de campo:
 - Sondeos mecánicos con recuperación de testigo, ejecución de SPTs y toma de muestras, realización de testificaciones geofísicas, pruebas de permeabilidad, ensayos presiométricos y preparación de las perforaciones para su uso como piezómetros abiertos, de cuerda vibrante o instrumentados.
 - Almacenamiento y conservación de testigos de sondeos.
 - Calicatas (manuales o mecánicas).
 - Identificación, preparación, conservación y envío al laboratorio de las muestras obtenidas en sondeos y calicatas.
 - Ensayos de penetración dinámica.
 - Trabajos de prospección geofísica mediante métodos sísmicos, eléctricos, electromagnéticos, acústicos.
 - Medición y registro de niveles freáticos.
 - Realización de investigaciones, trabajos e instalaciones dentro de las vías en servicio y su área de seguridad, disponiendo la dotación de medios y personal de seguridad indicados por la normativa ADIF al respecto.

8.2.2 Ensayos de laboratorio

Los habituales para la redacción de proyectos de construcción de obras de infraestructuras ferroviarias.

Fundamentalmente los referentes a la caracterización de materiales, conocimiento de sus parámetros resistentes y deformacionales y el estudio de los problemas de naturaleza geotécnica más habituales: hinchamientos y colapsos del terreno, falta de capacidad portante, cálculo de cimentaciones y clasificación geomecánica para el diseño de túneles y desmontes.

8.2.3 Trabajos de gabinete

- Recopilación inicial de información referente a la actuación procedente de organismos públicos, privados y documentación de Estudios y Proyectos previos de ADIF.
- Elaboración de cartografía geológica (plantas y perfiles), geomorfológica e hidrogeológica.
- Elaboración de un Plan de Reconocimientos. Su contenido mínimo incluirá una tabla de investigaciones, cronograma de ejecución de los trabajos, organigrama de personal que participa, capítulo de estimación de condicionantes y problemas para su ejecución, y cartografía con la posición de las investigaciones. Se incluirán



capítulos específicos sobre la petición de permisos y servicios afectados adjuntando todos los permisos, solicitudes y documentación que se haya generado al respecto. Incluirá una relación valorada de los trabajos.

- Elaboración de un Plan de Reconocimientos específico, cuando se tengan que realizar trabajos en vías en servicio, que se adapte a lo solicitado en cada caso por el organismo de ADIF responsable de la seguridad y circulación del tramo investigado. Incluirá capítulos de organigrama de personal que participa, capítulo de estimación de condicionantes y problemas para su ejecución, y cartografía con la posición de las investigaciones. Incluirá un apartado específico con la copia de todos los permisos y gestiones realizadas para obtener los permisos. Incluirá una relación valorada de los trabajos.
- Realización de los informes geotécnicos con sus cálculos, diseños, planos y texto para los que se han encargado las investigaciones y ensayos.
- Determinar el muestreo y la profundidad a la que se realizan los ensayos "in situ" en sondeos.
- Elaborar las propuestas de ensayos de laboratorio. El consultor sí será responsable de informar sobre las peticiones de ensayo y muestras que por su naturaleza o estado resulten inviables.
- Puesta a punto y mantenimiento de un sistema de intercambio de datos de los registros de las investigaciones, tablas de avance de la campaña, cartografías elaboradas e informes entregados. La estructura del sistema debe servir para facilitar el archivo de los trabajos al finalizar el contrato.
- Elaboración y entrega de los avances de documentos que se estimen necesarios por parte de la Dirección para un correcto seguimiento de los trabajos encargados. Elaboración y entrega provisional de los registros de los reconocimientos realizados.
- Recopilación y entrega de un informe final, que responderá a la siguiente estructura:
 - Memoria general. Donde se tratarán al menos los siguientes aspectos:
 - Antecedentes, situación y accesos al área de trabajo y descripción de los trabajos.
 - Desarrollo de la campaña. Medios y metodología empleada. Incidentes y problemas encontrados.
 - Reconocimientos efectuados y resultados de los ensayos. Tablas de unos y otros. Gráficas básicas que sean necesarias para entender y visualizar fácilmente los resultados, especialmente si se trata de instrumentación.
 - Personal que ha intervenido, propio, responsable del tramo investigado y responsable o titular de los permisos de ejecución.
 - Anejos.
 - Planos. Planta de situación general. Planta y perfiles de situación de reconocimientos. En los perfiles debe delinearse la profundidad de las investigaciones y los resultados de los ensayos "in situ" realizados.
 - Partes y registros de investigaciones. Informes de subcontratas de investigaciones geofísicas, instrumentación, etc., permisos solicitados.



8.2.4 Seguimiento y control de los trabajos

El consultor entregará semanalmente una tabla con el estado de ejecución de los trabajos de campo. A tal efecto, la Dirección facilitará una tabla que se adoptará como formato para el seguimiento de los trabajos. Este Parte Semanal de seguimiento de los trabajos se remitirá todos los lunes al Responsable del Contrato, cumplimentándose al máximo desde el principio.

Para el control de los trabajos el Consultor entregará a la Dirección, en las fechas requeridas, todos los documentos provisionales que ésta le solicite.

Los registros de los reconocimientos se tendrán disponibles en un plazo de tres días tras su conclusión. Deberá habilitarse un sistema de intercambio de datos informáticos para su consulta por parte de la Dirección y si así se determina, para el Receptor de los Trabajos. En este sistema se colgarán los registros de las investigaciones, sus fotografías, gráficas de seguimiento de instrumentación, las tablas de seguimiento de los trabajos y la cartografía específica de cada tipo de trabajo.

La cartografía referente a la situación de las investigaciones y su estado de ejecución se tendrá continuamente actualizada y disponible en el sistema de intercambio de datos.

Los cambios en la situación de los puntos de investigación deberán ser aprobados por la Dirección previamente a su ejecución.

El Consultor entregará un acta de cuantas reuniones y visitas al tramo realice la Dirección en el plazo máximo de una semana desde su celebración, así como de las reuniones que se mantengan con la Dirección u otros consultores involucrados en los trabajos.

8.2.5 Normativa de referencia

Las investigaciones y ensayos se realizarán según las indicaciones referidas en las "Instrucciones Generales para trabajos Geológico – Geotécnicos", "Instrucciones Generales para Trabajos de Instrumentación y Seguimiento Hidrogeológico" y las "Instrucciones Generales para los Trabajos en Vía" incluidas en los Anejos a este Pliego. Adicionalmente:

- La normativa vigente, preferentemente UNE o NLT, en lo referente a los ensayos de laboratorio, o en caso de no existir norma, las reglas de buena práctica establecidas.
- Los criterios de las Sociedades Españolas de Mecánica de Suelos y Rocas, y de la ISRM.

En caso de contradicción se comunicará a la Dirección del Contrato para que decida lo más conveniente.

8.2.6 Estudio hidrogeológico

El consultor analizará la problemática hidrogeológica con el conocimiento del terreno proporcionado por la campaña Geológico-Geotécnica realizada.

Conocida su incidencia sobre la estabilidad de la ladera establecerá las medidas necesarias que minimicen dicha problemática.

Una vez conocida la afección a los acuíferos, caso de existir, el Consultor estudiará las actuaciones necesarias tanto internas como externas al ámbito, que puedan mitigar la incidencia de la modificación del nivel freático. Las actuaciones se detallarán técnicamente y se establecerá su valoración económica.

Para modelizar el estado actual de los acuíferos, las obras a proyectar y las medidas correctoras que pudieran ser necesarias, se realizará un modelo 3D. Este modelo deberá ser



suficientemente extenso para garantizar que las condiciones de contorno del mismo sean las adecuadas.

Este estudio, con el grado de detalle que el Responsable de Contrato establezca, deberá ser desarrollado en la fase inicial del contrato, por tratarse de uno de los aspectos ambientales más significativos.

En cualquier caso, se procederá a coordinar a través de ADIF las soluciones proyectadas con los distintos organismos y administraciones con competencias en este campo.

8.2.7 Geotecnia para las obras de tierra

El consultor realizará un estudio de taludes de desmonte y terraplén, debiendo diseñar medidas específicas para los posibles problemas de estabilidad, erosión, desprendimiento de rocas, etc.

8.2.8 Geotecnia para la cimentación de estructuras

El Consultor realizará el estudio de las cimentaciones de todas las estructuras a proyectar. Para ello propondrá una campaña geotécnica complementaria, que llevará a cabo siguiendo las directrices señaladas en los apartados anteriores.

La campaña deberá permitir dibujar planos de plantas y perfiles geotécnicos de cada estructura a una escala adecuada que permita realizar correctamente el estudio de la cimentación en cada apoyo y su posterior cálculo y dimensionamiento. En cualquier caso, el Responsable del Contrato podrá exigir todas las prospecciones que estime necesarias, para definir completamente el perfil geotécnico del terreno de cimentación de cada estructura.

8.3 EFECTOS SÍSMICOS

En función de la ubicación de la obra se determinará, de acuerdo con la "Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02)", el grado sísmico de la zona, así como las acciones sísmicas a considerar. También definirá todas las medidas y disposiciones constructivas de carácter general que se hayan de adoptar en las obras, tales como vinculaciones entre los elementos, tipo de apoyo, etc.

En el caso de puentes se aplicará la "Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)".

8.4 HIDROLOGÍA Y DRENAJE

El Consultor realizará los estudios climáticos e hidrológicos que incluyen, como mínimo, las siguientes actividades:

- Recopilación de datos climatológicos, pluviométricos y de aforos.
- Cálculo de precipitaciones para distintos periodos de retorno.
- Determinación de cuencas.
- Cálculo de caudales de proyecto.
- Determinación de cauces según el artículo 4 de la Ley de Aguas.

Estos estudios aportarán todos los datos necesarios para el diseño hidráulico de posibles puentes, obras de drenaje y defensa de cauces, así como las recomendaciones para el tratamiento de zonas inundables e inundadas y para la ejecución de obras singulares como diques provisionales, tablestacado de zonas específicas u otras.

El drenaje longitudinal del túnel no es objeto de este proyecto. En cualquier caso, las actuaciones a diseñar deberán coordinarse con el proyecto de "Mejora de la infraestructura y vía en el tramo Covas-Monforte de Lemos de la línea León-A Coruña".



8.5 FUNCIONALIDAD FERROVIARIA

El Consultor tendrá en cuenta la funcionalidad de la línea en todas las obras a proyectar, de forma que se garantice una óptima explotación ferroviaria y se permita realizar con eficacia las futuras labores de mantenimiento.

Para el diseño de la solución de Proyecto, se tendrá en cuenta que no se imposibiliten en el futuro otras actuaciones ferroviarias previsibles.

8.6 INVENTARIO DE VÍA E INSTALACIONES

Se realizará un inventario completo de todas las vías existentes en todo el ámbito del proyecto y tramos anexos que pudiesen tener influencia en el mismo, según petición de la Dirección del Contrato, en lo relativo a vía, electrificación e instalaciones de seguridad y comunicaciones.

8.7 TRAZADO

Se podrán plantear posibles ajustes de trazado de la vía existente, al objeto de optimizar la solución a adoptar, las situaciones provisionales de obra, afecciones a servicios, condicionantes medioambientales, reconsideraciones en los métodos constructivos, así como consecuencia de nuevas prescripciones de Organismos. Dichos posibles ajustes deberán ser informados y validados por el Responsable del Contrato, y serán los desarrollados por el Consultor en el correspondiente Proyecto de Construcción a desarrollar.

En caso de resultar necesario, las adaptaciones que pudieran introducirse incluirán cuantos tanteos sean precisos, tanto en planta como en alzado, al objeto de optimizar el movimiento de tierras, teniendo en cuenta sus características geológico-geotécnicas y medioambientales, así como otras posibles afecciones que se puedan producir.

La definición del trazado incluirá, como mínimo, los siguientes datos generales:

- Parámetros de diseño.
- Datos geométricos que caractericen las alineaciones que compongan los trazados, tanto en planta como en alzado.
- Peraltes proyectados y velocidades máximas y mínimas admisibles en las distintas secciones.
- Análisis de los parámetros funcionales resultantes, calculando las distintas magnitudes que definen las características de circulación de los trenes.
- Secciones transversales que definan la posición de los elementos proyectados a lo largo de la obra.
- Definición de la ubicación, idoneidad de la tipología y encaje de los aparatos de vía.
- Definición de todos los elementos necesarios relativos a instalaciones de seguridad y comunicaciones.
- Asimismo, se definirán las cotas definitivas de las vías futuras.

A partir de los ejes y perfiles transversales, se obtendrán los listados de datos para el replanteo de los ejes.

El trazado se comprobará en cada caso intentado igualar o superar la velocidad máxima definidas en el Cuadro de velocidades máximas.

Asimismo, se definirán las cotas definitivas de las vías futuras. Para determinar los valores de diseño tanto en planta como en alzado, se tendrán en consideración las limitaciones derivadas de la configuración geométrica tanto de las vías actuales como del trazado de las vías a construir.



8.8 MOVIMIENTO DE TIERRAS.

A partir de los resultados del reconocimiento geotécnico del área de estudio, se obtendrán los datos necesarios para realizar el estudio del movimiento de tierras.

Inicialmente se prevé que existan excavaciones y las tierras obtenidas se empleen en las medidas de estabilización de la ladera; se estudiarán todos los aspectos (espesores, coeficientes de paso, volúmenes, zona de procedencia y destino, etc.) de los siguientes materiales:

- Tierra vegetal.
- Demoliciones.
- Excavaciones, entre las que se encuentran: desbroce, excavación en desmonte, saneos y otras excavaciones.
- Rellenos, entre los que se encuentran: rellenos de estabilización, rellenos localizados, rellenos para drenaje, etc.

En los materiales obtenidos de la excavación, se comprobará su idoneidad para la utilización en la obra, en caso contrario se comparará económicamente la colocación del material de la excavación con posibles tratamientos y/o con material de préstamo. Se estudiarán y formularán estos tratamientos.

Los resultados del estudio del movimiento de tierras se representarán gráficamente mediante un diagrama de masas, de forma que tengan identificación los siguientes datos:

- Compensación de tierras.
- Volúmenes excavados y de relleno que se transportan, con indicación de las zonas de origen y de destino.
- Distancias de transporte para los distintos volúmenes transportados.

Con los datos anteriormente citados, se determinará la distancia media de transporte que servirá de base a la justificación de precios y posible utilización de préstamos o vertederos exteriores. Para la toma de decisiones se estará, además, a lo establecido al respecto por los organismos ambientales competentes.

Formará parte expresa de este estudio la recomendación de la maquinaria a emplear en las diversas excavaciones y rellenos.

8.9 PLATAFORMA

En el caso de ser necesario, para la mejora y adecuación del túnel, se incluirá la definición de toda la plataforma, tanto la que tenga carácter provisional como la definitiva. El análisis y estudio del estado actual de la superestructura existente y las necesidades de mejora o modificación son objeto de otro proyecto.

Se seguirán criterios coherentes, coordinados y compatibles con escenarios futuros.

Se estudiará la interacción entre la vía (en sus diferentes tipologías) con la infraestructura para desarrollar y proyectar la solución técnica que trate de minimizar las vibraciones y siempre dentro de los límites legales.

8.10 ESTRUCTURAS

Será necesaria, al menos, la adecuación o reparación de la estructura del emboquille de acceso y el muro de la trinchera.

Una vez determinada la patología de la estructura existente, el consultor presentará a ADIF la propuesta de solución que deberá ser aceptada por la Dirección de Contrato. El Proyecto justificará y definirá adecuadamente la solución de mejora adoptada para cada estructura.



El proyecto se desarrollará utilizando la normativa vigente en todo lo que se refiere a acciones, materiales y demás elementos constructivos de la obra.

En cualquier caso, en el anejo de cálculo de estructura de hormigón deberá incluirse lo especificado en la EHE-08 (Instrucción de Hormigón Estructural).

Se realizará una descripción del sistema de cálculo y justificación de las hipótesis, con identificación del técnico redactor, si es diferente del general del Proyecto. Contemplando acciones consideradas, justificación de acciones sísmicas, resistencias del terreno, tipos de hormigones, aceros, fábricas, forjados, fichas de características y autorizaciones de uso.

En los planos deberá definirse con detalle su geometría, así como todos los datos necesarios para su valoración y cálculo en el Proyecto de Construcción.

Se prestará especial atención a los procedimientos constructivos propuestos en función de los accesos a cada una de las estructuras, justificando en cada caso la solución en base a los mismos.

Las soluciones serán analizadas y desarrolladas en cuanto a viabilidad, eficacia, inconvenientes, recursos necesarios, plazos y coste.

Se indicarán los parámetros geotécnicos y los coeficientes de seguridad adoptados en los cálculos, así como la normativa nacional o extranjera seguida o las correspondientes referencias bibliográficas de las correlaciones utilizadas.

Para los cálculos realizados con ordenador deberá incluirse la información siguiente:

- Nombre comercial de las personas que hayan intervenido directamente en el programa de ordenador y del centro que ha efectuado el trabajo, así como el tipo de ordenador.
- Problemas a resolver y descripción de todas las dotaciones. Fecha y nombre del programa.
- Hipótesis y simplificaciones admitidas para acomodar la estructura al programa.
- Distinción clara entre los datos de entrada y cálculos. Descripción paso a paso de todos los cálculos.
- Criterios de proyecto usados. Croquis que muestren las condiciones de carga y estructura equivalente supuesta, completamente acotada.
- Todos los listados llevarán una aclaración previa de su contenido, así como una leyenda de las abreviaturas usadas.
- Interpretación de resultados, determinando si los cálculos se ajustan al problema y cumplen con las instrucciones.
- Inclusión de los cálculos manuales para los análisis no cubiertos por el programa.

En resumen, se debe aportar la información suficiente para que cualquier parte de los cálculos pueda ser contrastada fácilmente sin usar el ordenador.

8.11 TÚNELES

El consultor deberá analizar el estado del túnel, determinando la mejor solución para su reparación y ampliación de gálibo si fuera necesario. Se justificará la solución desde el punto de vista de la mínima afección ferroviaria.

En su caso deberá incluirse la definición y justificación de la sección, emboquilles y elementos para uso y disposición de las instalaciones de seguridad. Deberá coordinarse el diseño con el Proyecto de "Mejora de la infraestructura y vía en el tramo Covas-Monforte de Lemos de la línea León-A Coruña", que incluye la renovación de vía y drenaje de este tramo.

Se hará un estudio de alternativas entre los distintos métodos constructivos posibles, de



forma que el método propuesto quede suficientemente justificado. También deben quedar justificados los motivos alegados para desechar cualquier otro método.

Se definirán cuantos parámetros sean necesarios para el cálculo y diseño de las obras. Esta definición se hará en base a un número adecuado de datos procedentes de las prospecciones geotécnicas. Si algún parámetro quedase dudoso, bien por escasa información o porque la existente tenga contradicciones, se realizarán estudios de sensibilidad de esos parámetros, examinando el posible efecto que las variaciones de las mismas pudieran tener en el dimensionamiento, dentro de una gama razonablemente previsible.

Se estudiará el comportamiento de los terrenos a largo plazo; concretamente los posibles fenómenos de fluencia, hinchamiento, presiones hidrostáticas, degradación de la resistencia al corte, etc. En su caso, en el dimensionamiento estructural se tendrán en cuenta las presiones generadas por estos fenómenos.

El Proyecto incluirá como mínimo:

- El perfil geológico y geotécnico del túnel con indicación de la litología, estructura e hidrología.
- La sectorización del túnel según su clasificación geométrica con indicación expresa de los parámetros geotécnicos.
- La definición del sistema de excavación y tipo de maquinaria a utilizar.
- Las zonas de vertido de los materiales procedentes de excavación o sus condiciones de reutilización.
- Un análisis de riesgos durante la construcción y la explotación, y la definición de las medidas de seguridad necesarias.

8.12 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CIVIL EN TÚNEL

8.12.1 Requerimientos de Protección Civil

Se seguirán las directrices de la la ETI Nº 1303/2014 *“sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la «seguridad en los túneles ferroviarios» del sistema ferroviario de la Unión Europea”*, y su actualización de 2019 así como las especificaciones de la DPS de ADIF, y normativa vigente.

Como el túnel de Bustelos tiene una longitud de 242 m (p.k. 277+462 a p.k. 277+704) se aplicará lo que indica la ETI Nº 1303/2014 *“sobre la especificación técnica de interoperabilidad relativa a la «seguridad en los túneles ferroviarios» del sistema ferroviario de la Unión Europea”* (y modificaciones) para los túneles de longitud inferior a 500 m. Se enumeran a continuación las prescripciones de dicha ETI que son de aplicación a este túnel:

- Señalización de evacuación

La ruta de evacuación se deberá señalar a una distancia determinada por la dirección de proyecto mediante cartelones homologados de pintura fotoluminiscente. Se ubicarán enfrentados en los hastiales y situados junto a una luminaria para que se cargue la pintura.

Todos los elementos de detección y lucha contra el fuego deberán de ir señalizados.

- Reacción al fuego de los materiales de construcción

De acuerdo a lo especificado en el apartado 4.2.1.4. de la ETI y su actualización (REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2019/776 DE LA COMISIÓN de 16 de mayo de 2019).



8.12.2 Manual de explotación

Se redactará e incluirá en el proyecto un Manual de Explotación, que incluirá dos apartados:

- Características técnicas del equipamiento instalado, así como las cadencias de mantenimiento de cada uno de sus elementos.
- Descripción de la funcionalidad de cada uno de los elementos instalados, y cada una de las instalaciones en su conjunto.

8.12.3 Plan de mantenimiento

Se redactará un Plan de Mantenimiento de las instalaciones que asegure su conservación en perfecto estado.

El Plan de Mantenimiento recogerá las operaciones a realizar, así como su alcance y periodicidad. Todo ello se realizará de acuerdo con los reglamentos vigentes, los estándares del fabricante de cada sistema, las indicaciones procedentes de la construcción e instalación y las buenas prácticas de mantenimiento.

8.12.4 Plan de autoprotección

Se realizará el Plan de Autoprotección, conforme a la legislación vigente de aplicación en la que se establece el catálogo de actividades y centros obligados a adoptar medidas de autoprotección y se fija el contenido de estas medidas.

El Plan generado será presentado al organismo competente para su aprobación. Se realizarán las modificaciones y revisiones que sean necesarias del Plan para el logro de dicha aprobación.

8.12.5 Acometida eléctrica a las instalaciones proyectadas

Se realizará el estudio de la acometida eléctrica de las instalaciones que se definan en el proyecto. Estas acometidas podrán ser mediante conexión a la red eléctrica existente o equipos autónomos.

En el caso de conexión con la red eléctrica existente, se realizarán los contactos pertinentes con las compañías afectadas, así como la gestión de permisos, proyectos, etc.... Estos contactos se realizarán al inicio del contrato, en cuanto se estime necesaria la ventilación de los túneles.

En el caso de ser necesario un proyecto específico para la compañía eléctrica, éste correrá a cargo del Consultor. Se realizará además la documentación necesaria de expropiaciones para su tramitación, información pública de bienes y derechos, etc..., conforme a las recomendaciones e instrucciones vigentes en ADIF.

8.13 ELECTRIFICACIÓN, SEGURIDAD Y COMUNICACIONES

El proyecto recogerá las instalaciones de electrificación, seguridad y comunicaciones que sean precisas para mantener el servicio ferroviario durante la ejecución de las obras.

Y en general todos los elementos y aspectos que sea necesario analizar y proyectar para la total puesta en servicio de los diversos escenarios de construcción y explotación, así como de las situaciones provisionales que se generen. Se considerará la posibilidad de disponer catenaria rígida si pudiera ser necesario por motivos de gálibo.

Se proyectará la catenaria, atendiendo a los criterios de diseño generales de Adif, se coordinarán con las existentes, a las que se les dará continuidad, y serán compatibles con escenarios futuros.

- Estructura de la catenaria.



- Tensiones máxima y mínima de alimentación.
- Velocidad de diseño.
- Geometría del sistema.
- Condiciones ambientales de funcionamiento.
- Distancias entre partes en tensión eléctrica y tierra.
- Composición de las catenarias (vía general, escapes, vías secundarias y de circulación con andenes).
- Regulación de la tensión mecánica.
- Tensión mecánica de los conductores.

Del mismo modo, se detallarán las características de los materiales y equipos a utilizar:

- Elementos de sustentación y apoyo.
- Postes Pórticos Ménsulas.
- Conductores y cables de acero.
- Colas de anclaje.
- Aisladores.
- Aisladores de sección.
- Instalaciones auxiliares.

Y, en general, todos los elementos y aspectos que sea necesario analizar y proyectar para la total puesta en servicio de los diversos escenarios de construcción y explotación, así como de las situaciones provisionales que se generen. Se considerará la posibilidad de disponer catenaria rígida si pudiera ser necesario por motivos de gálibo (tanto de la propia traza ferroviaria como de los pasillos de evacuación).

Se proyectarán las instalaciones de suministro eléctrico necesarias de acuerdo con los reglamentos eléctricos vigentes. El proyecto incluirá un estudio de la potencia eléctrica a instalar, de forma que se garantice el adecuado funcionamiento de las distintas instalaciones eléctricas asociadas a las actuaciones proyectadas. Se tendrán en cuenta tanto los requerimientos de tracción de los trenes a lo largo del futuro recorrido, como los consumos de las distintas instalaciones eléctricas asociadas a la obra civil y las edificaciones proyectadas (iluminación, ventilación, climatización, bombeo de agua, escaleras mecánicas, ascensores, equipos de control y detección...).

8.14 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Se incluirán en el proyecto las obras complementarias tales como cimentación de postes de catenaria, canaletas para cables de comunicaciones y cruces transversales para instalaciones, cerramiento y caminos de servicio.

8.15 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DEL IMPACTO AMBIENTAL

Con carácter general, se tendrán en cuenta, en su caso, todas y cada una de las medidas protectoras y correctoras propuestas por los organismos ambientales competentes; especialmente las establecidas en la Resolución del Órgano Ambiental de aplicación. De la misma manera, deberán llevarse a cabo cuantos estudios soliciten, ya sea de flora y vegetación, fauna, afecciones hidrológicas o hidrogeológicas, ruido, vibraciones, inundabilidad, etc; siempre siguiendo lo establecido para su consecución en la normativa



interna y externa vigente y lo determinado por la Dirección del Contrato y por las áreas de supervisión competentes.

La estructura y el contenido mínimo de l Anejo de Integración Ambiental será el definido por Adif en su normativa interna NAG 3-0-1.0 y las IGP 6 (disponible en la página web www.adif.es).

En cualquier caso, el proyecto incluirá, como mínimo, las medidas especificadas en la normativa vigente. Todas ellas se incorporarán a los documentos contractuales del proyecto de construcción.

En el caso de que resulte necesario realizar un estudio vibratorio y un estudio (o proyecto) acústico porque así lo establezca la Resolución del Órgano competente o la legislación vigente, se considerará lo establecido a este respecto en la normativa interna de Adif vigente en el momento de la adjudicación del contrato. Siguiendo esto deberán llevarse a cabo los trabajos desarrollados en los siguientes puntos.

8.16 ESTUDIO VIBRATORIO

8.16.1 Análisis de la normativa aplicable relativa a las vibraciones

El consultor recopilará todas las normativas y recomendaciones existentes a nivel local, autonómico, nacional o europeo relativas a los valores admisibles de niveles vibratorios que pudieran afectar a las personas, instalaciones próximas que se pudieran ver afectadas, así como la jurisprudencia relacionada con el asunto. Además de los niveles establecidos en la Resolución del Órgano Ambiental de aplicación, en su caso.

De este análisis surgirá la propuesta de niveles de inmisión de vibraciones que, de acuerdo con la Dirección del Contrato, servirán para fijar el límite objetivo para el resto del Estudio y cuya superación dará origen a la propuesta de medidas correctoras.

8.16.2 Inventario de la traza del estudio vibratorio

El Consultor, a partir de las zonas sensibles recogidas en los Estudios Previos y en el recorrido de la traza, y de las visitas que el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias estime oportunas, reflejará la situación actual del entorno en el que se encuentra insertada la infraestructura.

El consultor hará una relación (en forma de fichas de inventario) de todas las edificaciones que se encuentren en el ámbito que indique la Resolución del Órgano Ambiental de aplicación o la Dirección del Estudio indicando:

- Nº de orden.
- Localización (PK y margen).
- Distancia al eje.
- Uso (vivienda, granja, fábrica, colegio, etc.).
- Estado (habitada, deshabitada, ruina, vivienda de recreo, etc.).
- Nº de plantas.
- Descripción del trazado y topografía.
- Fuentes actuales de emisión de vibraciones.
- Necesidad o no de realizar mediciones in situ.
- Otras consideraciones.



La ubicación de cada uno de estos puntos se plasmará en los planos de planta de la traza, realizándose un reportaje fotográfico con las vistas más relevantes, indicando en dichos planos el posicionamiento de la cámara.

8.16.3 Análisis vibratorio y niveles previsibles

El Consultor, a partir de las zonas recogidas en la Resolución del Órgano Ambiental de aplicación, del recorrido de la traza, y de las visitas que el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias estime oportunas, propondrá para su aprobación, una selección de lugares elegidos, en los cuales se realizarán las mediciones que determinen el nivel de vibraciones actual de los mismos, incluyendo en esta planificación medidas dentro de las áreas próximas que se pudieran ver afectadas, analizando también las infraestructuras próximas (carreteras, ferrocarril convencional,...), topografía y tipo de suelo, la configuración fuente-receptor, determinándose los momentos de intensidades más representativas de cada tramo.

Se realizarán los trabajos de campo adecuados para medir y registrar los valores actuales de niveles vibratorios en las zonas determinadas anteriormente. Se deberá asegurar que el procedimiento y el equipamiento empleado no introduzcan alteración en las señales registradas.

Estos registros deberán ser en soporte papel y magnético, con indicación en cada uno de ellos de la fecha, lugar y condiciones en las que se han efectuado.

En el caso de que pueda haber modificaciones en la explotación que potencialmente afecten a las vibraciones generadas en la actualidad, el Consultor deberá usar la metodología adecuada (preferiblemente un modelo informático de elementos finitos, elementos de contorno, diferencia finitas o combinación de éstos) para la predicción de las mismas en las edificaciones que puedan verse afectadas en fases futuras.

El análisis concluirá con los espectros de aceleración previstos en la fase de explotación para cada punto del inventario y para las diferentes circulaciones, y se obtendrán los indicadores de percepción vibratoria K, conforme a la ISO 2631-2:1985, y Law, conforme a la ISO 2631-2:2011.

8.16.4 Propuesta de medidas correctoras referentes al estudio vibratorio

El Consultor realizará un informe cualitativo de los resultados obtenidos y realizará una propuesta de protecciones para los puntos que previsiblemente sean más sensibles respecto a los niveles vibratorios. Esta propuesta deberá establecer las bases para diseñar un plan general de actuaciones contra las vibraciones en el entorno de la traza, de manera que puedan priorizarse las actuaciones, teniendo en cuenta el avance de las obras de montaje de vía y aplicarse los recursos a las situaciones que incluso en fase de explotación pudieran aparecer.

La propuesta incluirá una valoración de la eficacia de las medidas propuestas. A tal efecto, se presentarán los espectros de aceleración resultantes de aplicar las soluciones propuestas y los valores Law obtenidos, a partir de las características de atenuación de los materiales en que se basan dichas soluciones, que se reflejarán explícitamente en el Estudio, a base de gráficas, resultados experimentales, resultados de ensayos de laboratorio, etc.

8.16.5 Protección ante las vibraciones

La definición de las protecciones debe realizarse asegurando su eficacia para la mitigación de las vibraciones, garantizando el mantenimiento de los niveles de vibraciones por debajo de los valores admisibles que indique la normativa vigente y que se hayan tomado como referencia a partir del análisis descrito en apartados anteriores.



Se realizará un proceso de optimización de las soluciones empleadas definiendo la tipología escogida, ubicación y materiales a emplear con sus características aisladoras. Se definirán las longitudes de ubicación de las protecciones anti-vibratorias, de los elementos de transición, si proceden, y cómo influyen en el comportamiento conjunto de la superestructura de vía, estableciendo los valores de deflexión del carril esperados, compatibles con los admisibles por los elementos de muelle del sistema de sujeción y con el confort de la marcha de los vehículos ferroviarios.

En el caso de recomendar una solución de vía en placa, se determinará la masa mínima de las losas o soportes de hormigón sobre los elementos anti-vibratorios descritos para cumplir con la atenuación requerida. En caso de ser estas masas incompatibles con el espacio disponible (en túneles o falsos túneles) o que signifiquen una modificación de la rasante, se propondrán sistemas alternativos.

Para cada solución propuesta se realizará su definición con un detalle equivalente al de los artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas tipo de las IGP: Definición y Condiciones Generales, Características de los materiales, Condiciones del proceso de ejecución, Medición y Abono. Se analizarán los rendimientos de puesta en obra y se incluirá la Justificación de Precios de cada una de ellas, por lo que finalmente la definición de las protecciones anti-vibratorias se realizará a nivel de Proyecto de Construcción.

La elección final deberá tener también en cuenta aspectos no vibratorios de cada solución y que tienen una gran relevancia, como son:

- Facilidad en la ejecución de la obra.
- Fiabilidad y durabilidad de los materiales y componentes, en particular frente a condiciones meteorológicas adversas o presencia de agua.
- Comportamiento frente al fuego.
- Seguridad.
- Mantenimiento sin afectar a la circulación ferroviaria.
- Coste de ejecución y mantenimiento.

8.17 ESTUDIO ACÚSTICO.

En lo relativo al impacto acústico, se realizarán los siguientes trabajos:

- **Recopilación y análisis de la normativa aplicable relativa a ruido.** Se realizará un documento que recoja la legislación y normativa vigente, así como las recomendaciones existentes a nivel local, autonómico, nacional y europeo relativas a los valores admisibles de niveles acústicos que pudieran afectar a las personas, instalaciones próximas que se pudieran ver afectadas, así como la jurisprudencia relacionada con el asunto. Lo mismo se llevará a cabo con la/s resolución/es del Órgano Ambiental existentes en el/los tramo/s estudiado/s. Este documento concluirá con una propuesta de los indicadores y de los límites admisibles que se considerarán para la realización del estudio de ruido. La metodología para la realización del presente trabajo se encuentra definida en la normativa interna de Adif.
- **Toma de datos para el Estudio Acústico (inventario de la traza),** que se presentará como una relación (en forma de fichas de inventario) de todas las edificaciones que se encuentren en el ámbito que indique la resolución del Órgano Ambiental o, en su defecto, el Responsable del Contrato. La metodología para la realización del presente trabajo se encuentra definida en la normativa interna de Adif. Se indicará, al menos, la siguiente información:
 - Nº de orden.



- Localización (PK y margen).
- Distancia al eje.
- Uso (vivienda, granja, fábrica, colegio, etc.).
- Estado (habitada, deshabitada, ruina, vivienda de recreo, etc.).
- Nº de plantas.
- Descripción del trazado y topografía.
- Fuentes actuales de emisión de vibraciones.
- Necesidad o no de realizar mediciones in situ.
- Otras consideraciones.

La ubicación de cada uno de estos puntos se plasmará en los planos de planta de la traza, realizándose un reportaje fotográfico con las vistas más relevantes, indicando en dichos planos el posicionamiento de la cámara.

- **Análisis de la situación acústica actual.** Se presentará una propuesta que contendrá una selección de puntos, en los cuales se realizarán las mediciones que determinen el nivel acústico actual de los mismos. Una vez aprobada ésta, se realizarán los trabajos de campo adecuados para medir y registrar los valores actuales de niveles acústicos en las zonas determinadas anteriormente. Estos registros deberán presentarse en soporte papel y digital, con indicación en cada uno de ellos de la fecha, lugar y condiciones en las que se han efectuado. La metodología para la realización del presente trabajo se encuentra definida en la normativa interna de Adif.
- **Predicción de niveles acústicos.** Se realizará una evaluación previa del impacto acústico sobre el inventario de la traza por medios analíticos. Posteriormente realizará una predicción de los niveles sonoros previstos que se plasmarán tanto en tablas como en los correspondientes mapas de niveles de ruido obtenidos del modelo acústico obtenido tras aplicar el método de cálculo vigente. Este aspecto podrá llevarse a cabo tanto para la fase de obra como para la fase de explotación del proyecto. La metodología para la realización del presente trabajo se encuentra definida en la normativa interna de Adif.
- **Propuesta de medidas correctoras del impacto acústico.** Se propondrá una serie de medidas que mitiguen el impacto acústico generado por la circulación del tren en el/los tramo/s estudiado/s. Si éstas se refieren a barreras o pantallas acústicas, se determinará una selección de lugares en los cuales se estime necesaria la colocación de las mismas. Así mismo, se detallará su posicionamiento en planos de planta (adjuntando un croquis detallado y fotografía en color de cada punto) y se definirán sus características (acústicas y no acústicas) en los planos de detalle y en el pliego de prescripciones técnicas. La definición de estas medidas debe realizarse asegurando su eficacia acústica, garantizando el mantenimiento de los niveles de inmisión acústica por debajo de los valores admisibles que indique la normativa vigente. Para ello, se realizarán estudios de cada uno de los emplazamientos aprobados por el Responsable del Contrato, utilizando métodos de cálculo preferiblemente empleados en proyectos o estudios sobre líneas férreas similares, en los que se consideren los aspectos particulares del emisor, medio y entorno:
 - Ruido generado por unidades ferroviarias a las velocidades permitidas por el trazado de la infraestructura.
 - Ley de atenuación con la distancia.



- Definición geométrica y acústica del entorno y las protecciones.

Se realizará un proceso de optimización de la solución en cada emplazamiento definiendo la tipología escogida, ubicación, dimensiones, geometría y materiales a emplear con sus características acústicas. La elección final deberá tener también en cuenta aspectos no acústicos de cada solución y que tienen una gran relevancia, como son:

- Facilidad en la ejecución de la obra civil.
- Seguridad.
- Integración ambiental.
- Coste de ejecución y mantenimiento.

También se presentará la propuesta de pantallas o medidas similares en relación con el planeamiento urbanístico de cada Término Municipal.

El diseño de dichas medidas considerará su adecuación estética e integración paisajística.

El Consultor definirá soluciones eficaces para la cimentación o anclaje de los soportes de las pantallas: cimientos superficiales, micropilotes, tacos químicos, etc.

La definición se realizará sobre la base de las características geológicas propias del terreno y de los esfuerzos a soportar, aportando los cálculos justificativos realizados de acuerdo con las normas técnicas para las obras de edificación. Para ello, deberá considerarse la realización de una campaña geotécnica previa.

En los planos deberá indicarse explícitamente la profundidad y dimensiones de las cimentaciones, así como todos los datos necesarios para su construcción.

Dada la constitución de las pantallas, los soportes se calcularán como elementos independientes.

En la determinación y cálculo de las cimentaciones se tendrá en cuenta la mínima afección a la misma, incluyendo siempre la corrección de los posibles desperfectos.

El Consultor realizará, sobre la base de las características propias del tipo de material seleccionado y de los esfuerzos a soportar, la definición de la estructura portante de la pantalla y dispositivos reductores de ruido.

Los dispositivos para reducir el ruido están sometidos a una serie de fuerzas debidas al viento, presión dinámica del aire causada por el paso del material móvil y al peso propio de los elementos. Así mismo, pueden estar sometidos a choques causados por piedras proyectados por el material móvil. Las deformaciones de un dispositivo de reducción de ruido, debidas a estas cargas, no deberán reducir su eficacia.

Se considerará los factores de riesgos concernientes a la Seguridad:

- Limitación de acceso al terreno colindante. Esto puede ser admisible cuando la protección constituya al mismo tiempo un cerramiento para la vía. No obstante, el acceso directo puede resultar exigible, bajo ciertas circunstancias, como, por ejemplo:
 - Para el mantenimiento de la protección acústica y la infraestructura.
 - Como salidas de emergencias para la salida de la vía, en caso de accidente.
 - Para los servicios de emergencia en caso de accidente.



- Resistencia al fuego causado por incendio de la maleza seca o por cualquier otro material que se encuentre en las inmediaciones de un fuego.
- Riesgo de caída de trozos desprendidos. La seguridad respecto a terceros en aquellos casos que franqueen o pasen por zonas peatonales, caminos, parques, colegios y en general, cualquier lugar público o privado objeto de una actividad regular que implique existencia de vías de comunicación, peatones, etc.
- Tomas de tierra en caso necesario (elementos metálicos).

El estudio de las necesidades y dimensionamiento deberá contemplar los adecuados drenajes a realizar a consecuencia de la solución de protección acústica adoptada en cada emplazamiento. No se ejecutarán agujeros en las pantallas al objeto de no disminuir su rendimiento. En caso necesario, se canalizarán las aguas para evitar erosiones en terraplenes, pies de cimentaciones, etc.

Todas las medidas acústicas que sean susceptibles de abono se valorarán adecuadamente en el presupuesto. Este aspecto podrá llevarse a cabo tanto para la fase de obra como para la fase de explotación de la actuación proyectada. La metodología para la realización del presente trabajo se encuentra definida en la normativa interna de Adif.

8.18 EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LOS PROYECTOS QUE PUEDAN AFECTAR A ESPACIOS DE LA RED NATURA 2000.

Tal y como establece la ley de Evaluación Ambiental en su disposición adicional Séptima, los proyectos que puedan afectar de forma apreciable a los espacios de la Red Natura 2000, se someterán a una adecuada evaluación de sus repercusiones en el lugar teniendo en cuenta los objetivos de conservación de dicho lugar, conforme a lo dispuesto en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

A su vez, tendrán que considerarse todas las medidas y consideraciones establecidas por los organismos competentes a este respecto.

8.19 CAMBIO CLIMÁTICO.

Siempre que así lo requiera la Dirección de Contrato, se elaborará un anejo relativo al cambio climático atendiendo a lo estipulado en la NAG 4-0-0.0 "Metodología para el análisis de riesgo y adaptación a los efectos del cambio climático".

8.20 EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES.

De acuerdo con los requisitos fijados en la *Norma ADIF General NAG 1-2-0.0 Expropiaciones*, el Proyecto delimitará perfectamente los bienes y derechos afectados e incluirá planos parcelarios que identificarán cada una de las fincas. La escala en general será 1/500, pudiendo ser aumentada en los casos necesarios a 1/200 y 1/100.

El tratamiento de las expropiaciones deberá gestionarse mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG), generándose los correspondientes ficheros en formato SHP conteniendo tanto la información gráfica de las parcelas afectadas como la base de datos catastrales asociados de acuerdo con las citadas Normas de ADIF.

Se tomará como unidad parcelaria la parcela catastral. Su identificación se efectuará con ayuda de los planos, de las fotografías, en su caso, parcelarias confeccionadas por el Instituto Cartográfico y de los Catastros de fincas rústicas y urbanas de la Delegación Provincial de Hacienda.



Las parcelas catastrales se deberán delimitar, siempre que sea posible, en su totalidad. Asimismo, habrán de reflejarse las subparcelas de cultivo que existan dentro de la parcela catastral; su delimitación se realizará mediante líneas más delgadas y discontinuas, con la finalidad de que, del examen del correspondiente plano parcelario, se pueda deducir el tipo de afección respecto del resto de parcela no afectada.

La identificación de la parcela catastral se realizará mediante los siguientes códigos:

- Número de orden de la parcela por término municipal.
- Código del término municipal.
- Código provincial.
- Número de polígono y parcela catastral.

Igualmente, el plano parcelario deberá delimitarse con tramas, los diferentes tipos de afectación, esto es, los terrenos de expropiación, imposición de servidumbre y ocupaciones temporales. Asimismo, se deberá indicar el norte geográfico o magnético, los límites provinciales y municipales, las carreteras, los caminos, los cauces públicos, los accidentes geográficos más significativos, las edificaciones y cualquier otro aspecto que contribuya a la identificación y acceso a cada una de las parcelas afectadas.

La digitalización deberá entregarse mediante fichero tipo "dwg" AUTOCAD ó "dxf". Una o varias de las capas del parcelario deben corresponder a la restitución utilizada para la realización del proyecto y ocupar el máximo de la superficie incluida dentro del marco de delimitación de la hoja del plano correspondiente.

Así mismo, el Anejo de Expropiaciones se presentará en soporte informático suministrado, a tal efecto, por ADIF.

La delimitación de la zona afectada de la parcela catastral debe formar una poligonal cerrada a fin de facilitar su superficiación. La delimitación de la parcela catastral, en capa distinta de la zona afectada, también debe formar una poligonal cerrada si bien solo se ploteará la imagen que quede comprendida dentro de la delimitación de la hoja de plano en tamaño UNE-A1.

La información para la determinación de las parcelas y sus titulares habrá de obtenerse alternativamente o complementariamente de las oficinas de las entidades u organismos siguientes:

- Catastro de Rústica o Urbana de la Delegación Provincial de Hacienda.
- Instituto Cartográfico de la Comunidad Autónoma.
- Ayuntamiento del término municipal en donde radique la parcela.
- Cámaras Agrarias de la Propiedad.
- Comunidades de Regantes.
- Registro de la Propiedad.

La información para la determinación de los titulares de parcelas y resto de documentación considerada confidencial se obtendrá a través del Ministerio de Fomento, para lo cual deberá entregarse a ADIF la relación de parcelas afectadas obtenida conforme al párrafo anterior con la suficiente antelación para poder tener los datos dentro del plazo de redacción del proyecto.

Toda la información se concretará en una relación individualizada, de los bienes y derechos afectados, para cada término municipal, realizada sobre la base de unas fichas individualizadas. La mencionada relación ha de contener los siguientes datos:

- Número de orden de la parcela.
- Titular actual y domicilio.



- Superficie total de la parcela.
- Superficies afectadas: expropiación, servidumbre y ocupación temporal.
- Naturaleza y aprovechamiento con extensión de las subparcelas afectadas.

Para cada una de las parcelas afectadas, se confeccionará una ficha individualizada con los siguientes datos:

- Municipio donde radica la parcela.
- Número de orden identificativo de la parcela, con la siguiente nomenclatura:
 - Código del municipio.
 - Sigla provincial.
 - Número de orden según proyecto.
- Titular:
 - Nombre (ineludible).
 - Dirección (ineludible).
 - Teléfono (opcional).
- Datos o características físicas:
 - Situación.
 - Naturaleza.
 - Aprovechamiento actual.
 - Delimitación (linderos).
 - Forma.
 - Superficie en m².
- Datos o características catastrales:
 - Titular según catastro.
 - Paraje.
 - Polígono catastral.
 - Parcela catastral.
 - Subparcelas afectadas (con expresión de la superficie y aprovechamiento).
 - Renta líquida o líquido imponible.
- Calificación:
 - Fiscal.
 - Urbanística.
- Afecciones (superficie):
 - Longitud (m).
 - Expropiación (m²).
 - Servidumbre (m²).
 - Ocupaciones temporales (m²).



- Total afectación (m²).
- Tipo de afectación:
 - Total o parcial.
 - Forma de afectación.
 - Gravámenes.
- Construcción afectada (m²):
 - Viviendas.
 - Instalaciones agrícolas o pecuarias.
 - Cobertizo o anejos.
 - Recintos industriales.
 - Instalaciones deportivas.
 - Otras construcciones e instalaciones.
 - Servicios afectados (tuberías, acequias, pozos de riego, etc...)

En el supuesto de que se afecte algún tipo de construcción o servicio de que esté dotada la finca o parcela afectada se realizará una descripción detallada con especificación de los materiales utilizados, su antigüedad, estado actual, mediciones, las unidades de obra y en general todos aquellos detalles constructivos que el Responsable del Contrato estime conveniente incluir para su definición.

Las construcciones afectadas se habrán de levantar en primer lugar por su perímetro exterior y por plantas independientes, debiéndose detallar su distribución interior, así como el uso presumible de cada recinto. Deberá adoptarse la escala 1/200 para construcciones de grandes dimensiones como naves industriales, construcciones precarias, etc., y la escala 1/100 para viviendas, casetas, pozos y en general obras o servicios de pequeña dimensión.

Se incluirá un reportaje fotográfico de cada parcela o finca afectada, que incluya:

- Vista panorámica de la parcela.
- Detalle de cultivos.
- Edificaciones y servicios afectados.

Tomando como base los datos existentes en las fichas individuales relativas a las fincas o parcelas, deberán confeccionarse los siguientes cuadros:

- Cuadro de aprovechamiento por municipios.
- Cuadro de edificaciones por municipios.
- Cuadro de precios unitarios por aprovechamientos.

La confección de los cuadros se realizará de acuerdo con las directrices que marque el Responsable del Contrato. Una vez confeccionados los expresados cuadros, de la aplicación ponderada de los precios establecidos y de los aprovechamientos afectados, se obtendrá el valor total de las superficies, de las edificaciones y demás bienes y derechos objeto de expropiación, al cual se añadirá un 25% en concepto de imprevistos y excesos de expropiación.

El anejo de expropiaciones habrá de contener los siguientes documentos:

- Memoria.
- Relación concreta e individualizada de los bienes y derechos afectados por municipios.



- Planos parcelarios.

La memoria describirá brevemente el objeto de la expropiación, las diferentes formas de afectación, las limitaciones que comporta a la propiedad; los tipos de cultivos, aprovechamientos y edificaciones afectadas, la estructura y el régimen de explotación y los criterios de valoración utilizados.

Adicionalmente al anejo de expropiaciones del proyecto, el Consultor deberá elaborar una documentación complementaria que servirá para realizar la tramitación de las expropiaciones. Esta documentación incluirá:

- Documento E-1: Anejo de expropiaciones.
- Documento E-2: Anejo de expropiaciones reducido por municipios.
- Documento E-3: Valoración de los bienes y derechos afectados.
- Documento E-4: Fichas de datos de fincas y servicios afectados.
- Documento E-5: Relación de bienes y derechos formato DIN-A4-B0E.
- Documento E-6: Planos del catastro con los límites de las afecciones marcadas.
- Documento E-7: Reseña de las bases de replanteo y coordenadas de los límites de las afecciones.
- Documento E-8: Definición del trazado y reposiciones.
- Documento E-9: Definición del trazado y reposiciones por municipios
- Documento E-10: Soporte fotográfico.
- Documento E-11: Soporte informático de la documentación presentada.
- Documento E-12: Certificados catastrales descriptivos y gráficos.
- Documento E-13: Documentación especial.

La elaboración de esta documentación se realizará conforme a las instrucciones específicas que proporcione la Dirección del Contrato.

Para la definición de las expropiaciones se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- La valoración de los bienes y derechos afectados se habrá de basar en los cuadros de superficies afectadas por aprovechamientos y edificaciones y en los precios unitarios establecidos.
- Las expropiaciones definidas en el anejo deberán coincidir con las correspondientes a la documentación adicional de expropiaciones.
- Deberá haber una correcta correlación entre los planos de expropiaciones y el listado de parcelas afectadas.
- Se comprobará la correcta codificación de las parcelas y la coordinación con los tramos adyacentes.
- Se comprobará la coherencia y correcta correlación entre la información en papel y en formato electrónico.
- En los proyectos de construcción deberán tenerse en cuenta los criterios de codificación marcados por ADIF para las nuevas afecciones, las desafecciones y los cambios de tipo de afección.
- El tratamiento de las zonas de préstamo y de vertedero se realizará conforme a las indicaciones de la Dirección del Contrato.
- El tratamiento de las zonas de servidumbre que se establezcan como consecuencia de la reposición de servicios afectados se realizará conforme a las indicaciones de la Dirección del Contrato.
- El tratamiento de las expropiaciones de terrenos de Ayuntamientos se realizará conforme a la existencia de protocolos o convenios.



- Se comprobará la existencia de concesiones mineras, montes de utilidad pública, zonas militares, etc., y su tratamiento en el anejo de expropiaciones y en la documentación adicional se realizará conforme a las indicaciones de la Dirección del Contrato.
- En el caso que el trazado de la línea ferroviaria afecte a concesiones mineras, se realizará un estudio geológico-minero específico para poder definir las reservas de material existentes en los derechos mineros de las citadas canteras y así valorar el coste real de su posible expropiación.
- Se comprobará la afección a propiedades no definidas en la expropiación, causada por vibraciones en fase de obra o de explotación, proyecciones durante la ejecución de voladuras, etc., y su tratamiento en el anejo de expropiaciones y en la documentación adicional se realizará conforme a las indicaciones de la Dirección del Contrato.
- Se elaborará un fichero con el formato que indique la Dirección del Contrato que contendrá los datos de expropiación para realizar la carga masiva en el módulo Gestor de Expropiaciones (GEE), en el que hay que especificar los siguientes datos:
 - Título del proyecto.
 - Nombre del tramo.
 - Nombre del subtramo.
 - Número de orden de la finca.
 - Número de polígono.
 - Número de parcela.
 - Titular actual.
 - Domicilio del titular.
 - Población del titular.
 - Titular catastral de la finca.
 - Municipio de la finca.
 - Provincia de la finca.
 - Superficie de la finca.
 - Superficie a expropiar en pleno dominio.
 - Superficie de servidumbre.
 - Superficie a ocupar temporalmente.
 - Naturaleza de la finca (rústica o urbana).

8.21 AFECCIONES A DERECHOS MINEROS.

En el caso que las obras puedan afectar a derechos mineros, se realizará un estudio geológico-minero y de vibraciones específico para poder definir las reservas de material existentes en los terrenos dotados de los derechos mineros citados y así valorar el coste real de su posible expropiación.

8.22 SITUACIONES PROVISIONALES

Dados los condicionantes del desarrollo de las obras del presente proyecto, se definirán las situaciones provisionales compatibles con las actuaciones definidas de forma que permitan mantener el servicio en las distintas fases de obra.



Se procurará minimizar estas situaciones provisionales para disminuir al mínimo los servicios afectados y el impacto de las obras.

Se definirán perfectamente las fases en que se ejecuta la obra. Dichas fases tratarán de mantener las circulaciones ferroviarias en la medida de lo posible.

Todos los desvíos provisionales de vías existentes se proyectarán incluyendo plataforma, vía y electrificación. Todas las fases que se proyecten deberán ir acompañadas de planes de obra, tiempos reales de trabajo en vía..., etc.

Se incluirá en el Proyecto de Construcción el Plan Marco para la ejecución de todos los trabajos de superestructura.

8.23 DESVÍOS PROVISIONALES

Se diseñarán las fases provisionales de desvíos de calles y/o carreteras. Se mantendrán los contactos necesarios con el titular de dichos viales para acordar las soluciones óptimas en cada caso.

8.24 REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS AFECTADOS

Se incluirán en el proyecto las obras necesarias para el desvío de la totalidad de los servicios afectados y servidumbres.

El consultor contactará con los propietarios o gestores de la totalidad de los servicios afectados y servidumbres, acudiendo a las reuniones que fueran necesarias y proponiendo las soluciones más adecuadas técnica y económicamente, recabando la aceptación de los mismos. Cualquier estudio o contratación a terceros de estos trabajos no será reclamable a ADIF al estar incluido en el coste del Proyecto de Construcción.

Se estudiará la reposición de los servicios y servidumbres afectados por la ejecución de las obras, elaborando los correspondientes proyectos para su aprobación por la entidad titular del servicio. En concreto, y a título enunciativo, se estudiará la afección y reposición de:

- Canalizaciones de telefonía.
- Conducciones eléctricas de alta, media y baja tensión.
- Gasoductos.
- Abastecimiento de agua.
- Saneamiento.
- Redes de riego.
- Instalaciones de telefonía móvil.
- Fibra óptica.
- Viales.

Cuando sean afecciones a infraestructuras de transporte regadíos, servidumbre de paso, etc., que tenga que reponer directamente el constructor, se proyectará la reposición en su totalidad y se incluirá en el presupuesto de ejecución material del proyecto como reposición de servidumbres.

En el caso de que las reposiciones tengan que ser ejecutadas por las sociedades explotadoras de los servicios, (teléfonos, telégrafos, líneas eléctricas, gas, etc.), se incluirá, en el anejo de servicios afectados, un apéndice para cada reposición que incluya memoria, planos, pliego, presupuesto, etc., definiendo la reposición, y, en la memoria y el Presupuesto del proyecto, se incluirá un apartado denominado "Presupuesto para conocimiento de ADIF" que refleje el importe total de las valoraciones estimadas de todas las reposiciones que vayan a ser realizadas por los titulares de los mismos y cualquier otra labor de apoyo a la ejecución de la reposición que efectúe la compañía respectiva.



En el caso en que ADIF lleve a cabo la obra civil de la reposición y el Titular realice las instalaciones, se procederá como corresponde según los párrafos anteriores.

Previamente a cualquier reposición se solicitará de la compañía titular del servicio la normativa a aplicar para su ejecución. Una vez proyectada la solución de reposición se solicitará la aprobación de dicha compañía antes de incluirla en el proyecto.

En el caso que el proyecto de la reposición del servicio fuese redactado por la empresa titular del servicio, los costes de redacción que se generen correrán a cargo del Consultor adjudicatario del presente Contrato.

En el anejo de Coordinación con otros Organismos se recopilarán los datos de los contactos establecidos, tanto por el propio Consultor como por la Dirección del Proyecto.

En cualquier caso, se cumplirá con lo especificado en la Normativa vigente (NAP 1-2-1.1. REPOSICION DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS AFECTADOS).

8.25 PLAN DE OBRA

En el Proyecto de construcción se incluirá una programación indicativa que aclare perfectamente el programa de trabajos por el que se van a desarrollar las obras, teniendo en cuenta los rendimientos considerados en la ejecución de las distintas unidades de obra y consecuentemente su valoración.

En el mismo, para su definición, se tendrán en cuenta el conjunto de instalaciones y medios auxiliares precisos, así como las situaciones provisionales que deban establecerse.

Quedarán establecidas las interrelaciones entre las diversas actividades, el plazo parcial de cada una de ellas, las unidades que se consideren críticas y el plazo total de ejecución.

8.26 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Se realizará el Estudio de seguridad y Salud correspondiente conforme a la Directrices de ADIF.

El estudio de Seguridad y Salud será un documento específico del Proyecto que se incorporará como anejo a la memoria.

Los distintos documentos que componen el Estudio, de acuerdo con el artículo 5.2. del Real Decreto 1627/1997, y en especial la memoria y los planos, contemplarán de forma específica, para los diferentes trabajos a realizar, la definición de los riesgos y las medidas de protección a considerar. En particular, se incluirán planos específicos de planta donde se localicen dichos riesgos y medidas de protección, y se suministrará la información necesaria sobre instalaciones hospitalarias, teléfonos de emergencia y vías de evacuación.

Los Estudios básicos de Seguridad y Salud deberán contener un Presupuesto con las medidas preventivas y protecciones técnicas previstas en el mismo. Los precios de las unidades para cuya ejecución sea necesario disponer de pilotos de seguridad de vía, electrificación o instalaciones de seguridad, incluyen en todo caso el coste de los mismos, aun cuando no figure expresamente en la justificación de los precios.

La empresa adjudicataria del contrato de servicios para la redacción del proyecto, propondrá un técnico competente de su organización, con formación adecuada, para ejercer las funciones de Coordinador de Seguridad y Salud durante la redacción del proyecto de construcción.

Además, deberá contar con personal con formación específica para ejercer como piloto de vía durante los trabajos que se tengan que ejecutar en las proximidades de la vía actual.

El Coordinador de Seguridad y Salud, durante la elaboración del proyecto asumirá las funciones que le corresponden de acuerdo con los artículos 1 e) y 8 del Real Decreto



1627/1997; será responsable de la redacción del Estudio de Seguridad y Salud y velará porque los trabajos de campo necesarios para la ejecución del proyecto se realicen con las debidas medidas de seguridad, haciendo especial hincapié en las precauciones a adoptar para el reconocimiento y toma de datos en las inmediaciones de vías de ferrocarril en servicio.

El Estudio de Seguridad y Salud del proyecto recogerá:

- a) La obligación del contratista de comunicar a su personal, subcontratistas, proveedores y transportistas los correspondientes itinerarios de vehículos, así como la obligación de respetar en cualquier caso la señalización óptica o acústica.
- b) Que todo el personal dirigente de las obras, perteneciente al contratista, a la asistencia técnica de control y vigilancia o a la Administración, deberá utilizar equipo de protección individual que se requiera en cada situación.
- c) Las actividades de formación-información sobre Seguridad y Salud se extenderá a todo el personal, cualquiera que sea su antigüedad o vínculo laboral con la empresa. El contratista comunicará su celebración al Coordinador para que pueda asistir a las mismas.

Incluirá información sobre los riesgos derivados del consumo de alcohol y de determinados fármacos que reducen la capacidad de atención en general y, en particular, para la conducción de la maquinaria.

Se procurará implantar en todas las obras una formación de carácter gráfico mediante la instalación en vestuarios, comedores, botiquines y otros puntos de concentración de trabajadores, de carteles con pictogramas y rotulación en los idiomas adecuados a las nacionalidades de los trabajadores.

Los señalistas que, en su caso, suplementen la señalización luminosa y acústica denunciarán ante el Coordinador de Seguridad y Salud cualquier infracción que se cometa; si el autor de la infracción tiene vinculación con la obra y la infracción es grave o se trata de reincidencia, se prohibirá su continuidad al servicio de la obra.

- d) A las reuniones de planificación de operaciones especiales deberán asistir el responsable de seguridad y salud del contratista y el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.
- e) La investigación de las causas y circunstancias de los accidentes mortales o graves será lo más detallada posible. A tal efecto el Coordinador de Seguridad y Salud, bajo la dirección del Director de las obras, efectuará con la mayor celeridad posible las averiguaciones precisas y emitirá el oportuno informe, que será conformado por el Director de las Obras.
- f) El Director de las obras, el Coordinador de Seguridad y Salud, el jefe de obra y el responsable de seguridad del contratista junto, con los colaboradores que estimen oportuno, examinarán la información sobre accidentes procedentes del Grupo permanente de trabajo sobre Seguridad y Salud y adoptarán las medidas tendentes a evitar su incidencia en las obras.
- g) El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra asumirá, además de las obligaciones recogidas en el artículo 9 del Real Decreto 1627/1997, las siguientes:

- Asistir a las actividades de formación que organice el contratista, llevando la oportuna relación de las personas asistentes.
- Organizar las actividades de formación del personal de la empresa consultora de control y vigilancia, de sus subcontratistas y de sus colaboradores autónomos.
- Supervisar el cumplimiento de las medidas de protección de la seguridad de las circulaciones y verificar la presencia de los pilotos de seguridad del administrador de la infraestructura.



- Emitir un informe mensual que recoja los resultados del ejercicio de sus obligaciones, sin perjuicio de la comunicación interna al Director de las obras de cualquier circunstancia que dé lugar a actuar de acuerdo con los artículos 13 y 14 del Real Decreto 1627/1997.

El consultor incluirá un compromiso de elaboración del Plan de Prevención de Riesgos Laborales, que estará acorde con los trabajos contratados que figuran en este Pliego y con la legislación vigente. Se incluirá declaración del licitador o en su caso, de su apoderado o representante, en la que se afirme, bajo su responsabilidad, hallarse al corriente en el cumplimiento de las obligaciones en materia de seguridad, salud en el trabajo y prevención de riesgos laborales impuestas por las disposiciones vigentes.

En particular, el empresario deberá garantizar el cumplimiento de sus obligaciones preventivas en el ámbito particular de las labores contratadas.

Así, deberá contar y definir los procedimientos preventivos para cumplir en el ámbito del contrato, con sus deberes empresariales de formación e información, vigilancia de la salud, utilización de equipos de protección, coordinación de actividades empresariales y planificación y vigilancia preventiva.

El cumplimiento de todos ellos se articulará en torno a un plan de prevención específico a los trabajos a acometer.

8.27 ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO

El Proyecto de Construcción incluirá un anejo específico en el que se justificará exhaustivamente el cumplimiento del Reglamento Europeo 402/2013 sobre evaluación de riesgos del proyecto y del Reglamento (UE) 2015/1136 de la Comisión de 13 de julio de 2015 por el que se modifica el citado Reglamento 402/2013, así como otra posible normativa vigente respecto a la gestión de riesgos.

8.28 ISA

En el caso de que sea necesaria la Evaluación Independiente de Seguridad, quedará incluido en este contrato. La Evaluación Independiente de Seguridad (ISA), se realizará una vez el Proyecto esté en su versión definitiva, momento en el cual se entregará anexa al anejo de Riesgos. Será realizada por personal absolutamente ajeno al equipo redactor del Proyecto de Construcción.

8.29 INTEROPERABILIDAD

De forma análoga, el Proyecto de Construcción incluirá un anejo específico en el que se justificará exhaustivamente el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI) de los distintos subsistemas ferroviarios involucrados en las actuaciones proyectadas.

8.30 DIVISIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

El consultor, una vez definidas y valoradas las obras necesarias en el proyecto básico, propondrá una división del conjunto de la actuación en uno o varios proyectos de construcción, debiendo ser ésta acorde con la naturaleza de las obras, las fases de ejecución y las necesidades de inversión asociadas a las mismas.

8.31 RELACIONES ENTRE EL CONSULTOR Y ADIF

Al iniciar los trabajos de redacción del Proyecto, el Consultor presentará un programa detallado de su desarrollo que, una vez aprobado por el Responsable del Contrato, servirá para realizar su seguimiento y control.



Dicho programa tendrá carácter contractual, tanto en su plazo total como en los plazos parciales, así como todas las modificaciones que pudieran introducirse en él, autorizadas por el Responsable del Contrato.

El desarrollo de los trabajos estará sometido por parte de ADIF a una supervisión dinámica, conforme a los procedimientos que ADIF establezca, para lo que el consultor elaborará los documentos que le sean requeridos por la Dirección del Contrato. El consultor así mismo realizará los ajustes y correcciones que se deriven de los correspondientes informes e indicaciones de la supervisión dinámica, modificando la documentación tantas veces le sea solicitada por la Dirección del Contrato, para el adecuado cierre de la misma en los plazos que esa Dirección le requiera. Este tipo de controles no será objeto de abono específico ni independiente en ningún caso.

Durante la jornada de trabajo, el Jefe de la oficina técnica tendrá siempre disponible un teléfono móvil, de tal forma que pueda estar localizable por parte de la Dirección del Contrato.

En el caso de que el Jefe de la oficina técnica vaya a ausentarse de la oficina más de un día, comunicará su ausencia al Responsable del Contrato con suficiente antelación, indicando el nombre de la persona que quedará al cargo.

Así mismo, el Jefe de la oficina técnica, o la persona al cargo, en caso de encontrarse éste ausente, deberá personarse en la oficina del Responsable de Contrato en un plazo máximo de 24 horas, si éste lo solicita.

8.32 COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS. ASISTENCIA TÉCNICA AUXILIAR

El Consultor se dirigirá a los diversos Organismos y Entidades a fin de obtener los datos e información precisa para la redacción del proyecto, en particular con el propietario del embalse de Peñarrubia. Una vez definidas las soluciones, ADIF, a través del Responsable del Contrato, se dirigirá a los diversos Organismos y Entidades a fin de obtener la aprobación de las mismas. Para ello el Consultor suministrará al Responsable del Contrato las propuestas motivadas que sean oportunas.

Si la empresa adjudicataria necesitara alguna colaboración exterior distinta a la ofertada, una vez iniciados los trabajos, deberá solicitar con carácter previo la autorización del Responsable del Contrato, a fin de garantizar la posibilidad de esta colaboración.

Este tipo de subcontratos no exime al Consultor de su responsabilidad en lo que a calidad, validez técnica y plazos se refiere.

8.33 TRAMITACIÓN PREVIA A LA APROBACIÓN DE LOS PROYECTOS

El Consultor realizará los siguientes trabajos previos a la aprobación de los proyectos (**en caso de ser necesarios**):

- a) Trámite para dar cumplimiento al artículo 6.1, de la Ley 38/2015 de 29 de septiembre del Sector Ferroviario.

El Consultor elaborará los documentos informativos que se requiere tramitar con las empresas ferroviarias, Ministerio de Fomento y Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria.

- b) Trámite para dar cumplimiento al artículo 7.3 y 8.5, de la Ley 38/2015 de 29 de septiembre del Sector Ferroviario.

El Consultor elaborará los documentos informativos que se requiere tramitar con Ayuntamientos, Comunidades Autónomas y otras administraciones con competencias urbanísticas, y los entregará en mano con personal propio de la empresa en la fecha que le indique el Responsable del Contrato.



c) Información pública de expropiaciones.

Previamente a la aprobación del proyecto, si procede, se someterá a información pública la relación de bienes y derechos afectados cuya expropiación es necesaria para la ejecución de las obras definidas en el proyecto, en cumplimiento a lo establecido en los artículos 18 y 19.1 de la Ley de Expropiación Forzosa de 16 de diciembre de 1954 sobre la necesidad de ocupación, y concordantes de su Reglamento (Decreto de 26 de abril de 1957). Para ello, el Consultor deberá:

- Preparar y editar toda la documentación requerida para llevar a cabo la información pública de la relación de bienes y derechos afectados por el proyecto, el cual se aprobará provisionalmente en orden a la corrección de errores y oposición por razones de fondo o forma de la necesidad de ocupación.
- Publicar los anuncios de información pública en los boletines oficiales y en prensa, debiendo abonar los gastos correspondientes.
- Entregar en mano con personal propio de la empresa la documentación necesaria para realizar la información pública de las expropiaciones a los ayuntamientos y otros organismos oficiales.
- Redactar el informe de las alegaciones y cuantos se precisen para la aprobación del expediente de información pública y definitiva del proyecto y de contestación a los alegantes.

Así mismo, el Consultor elaborará toda aquella documentación que permita proceder a realizar el trámite de Información Pública correspondiente al expediente de expropiación forzosa de aquellos terrenos necesarios para la ejecución de los trabajos de campaña geológico-geotécnicos complementarios, además de publicar los anuncios de información pública en los boletines oficiales y en prensa, debiendo abonar los gastos correspondientes.

En relación con los Estudios, que no tienen que ser aprobados oficialmente por ninguna instancia, pero sí deberán contar previamente a su edición final y recepción por parte de Adif con el visto bueno de las Administraciones interesadas, el consultor elaborará toda aquella documentación que permita proceder a realizar las consultas necesarias a las citadas Administraciones. Correrá por su cuenta los gastos correspondientes a la remisión y entrega de esta documentación.

8.34 DOCUMENTOS DEL PROYECTO Y SU PRESENTACIÓN

8.34.1 Documentos integrantes del Proyecto

El **Proyecto de Construcción** constará de los documentos definidos en la legislación vigente:

- Documento nº 1.- Memoria y anejos.
- Documento nº 2.- Planos.
- Documento nº 3.- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Documento nº 4.- Presupuesto.

8.34.2 Otros documentos a realizar por el consultor

El Consultor realizará todos los trabajos de producción de otros documentos relacionados con el proyecto que se elaboren siguiendo instrucciones del Responsable del Contrato.

De entre ellos, y por su importancia en el desarrollo y posterior aprobación del proyecto de construcción, se destacan los documentos de:

- Documento técnico para trámite ambiental



- Medidas de seguridad en túneles.
- Estudio de vibraciones.
- Estudio acústico.
- Reposición de infraestructuras afectadas.
- Protección del sistema hidrológico y calidad de las aguas.
- Patrimonio arqueológico y cultural.
- Reposición de vías pecuarias.
- Préstamos y vertederos.
- Separata de Eficiencia Energética.
- Separata de Protección Civil y Seguridad.
- Separatas para Ayuntamientos y Comunidades Autónomas.
- Separatas para empresas ferroviarias, Ministerio de Fomento y Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria.
- Superestructura.
- Plan Marco.

Del mismo modo, el Consultor realizará cuantos documentos sean precisos para llevar a cabo la información pública del Proyecto y de la relación de bienes y derechos afectados, el cual se aprobará provisionalmente en orden a la corrección de errores y oposición por razones de fondo o forma de la necesidad de ocupación. Del mismo modo, redactará el informe de las alegaciones y cuantos se precisen para la aprobación del expediente de información pública y definitiva del Proyecto y de contestación a los alegantes.

Deberá preparar además a requerimiento del Responsable del Contrato, las notas informativas y el material gráfico que sean necesarios para la presentación pública del proyecto.

El objetivo es lograr una adecuada comprensión de la intervención proyectada, así como cualquier otro aspecto que se considere importante reseñar del proyecto. Las imágenes fotorrealistas generadas por un programa de ordenador específico para esta tarea contarán con los elementos a escala idóneos que proporcionen una adecuada ambientación, como pueden ser: personas, mobiliario, coches, vegetación, trenes, etc. Los materiales reflejados en las mismas serán los mismos que se contemplen en proyecto para la ejecución de la obra, lo que pretende dar una idea lo más aproximada posible de cuál será el resultado final de la intervención. Al menos una de las infografías que se realicen será una imagen de integración del proyecto en la zona real de actuación, por lo que podrían necesitarse fotos del lugar o fotos aéreas del entorno.

El archivo o archivos informáticos que contengan, de manera completa e integrada, el modelo virtual generado para obtener las infografías y/o el recorrido virtual, o cualquier otra que se haya realizado durante el desarrollo del contrato en cualquiera de sus etapas y previo a éste, será entregado a ADIF, en abierto para su edición o utilización en el modo que crea más conveniente.

El consultor deberá elaborar y presentar al Responsable del Contrato, con carácter previo a la aprobación del proyecto, un documento en el que el Autor del mismo certifique el cumplimiento de las instrucciones y parámetros que se recogen en la Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento.



8.34.3 Presentación de los trabajos

Todos los documentos del Contrato deberán presentarse en el formato UNE A-3 y con el formato y la estructura definida en la normativa propia de Adif (disponible en la página web www.adif.es).

Los textos de los distintos documentos vendrán escritos a dos columnas y doble cara, con todas sus páginas numeradas. La paginación será independiente para cada una de las partes del documento. Se incorporarán separadores con solapas para los distintos documentos y anejos.

Los planos y figuras se dibujarán, bien directamente en formato A-3, o bien en formato A-1. Aquellos planos que no sean de situación o generales se dibujarán siempre en este último formato, debiéndose adoptar las necesarias precauciones para que en la reducción de tamaño no se pierda calidad de definición en dibujo y texto. La altura mínima de los rótulos de los planos que vayan a reducirse será de tres (3) milímetros. Con carácter general, los rótulos se dispondrán sensiblemente paralelos a la mayor dimensión del plano, y se leerán de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba.

Aquellos planos o figuras que para mejor comprensión así lo requieran, en particular trazado y mapas temáticos, se dibujarán a varias tintas, realizándose las copias de forma que se mantengan los colores originales.

La entrega se realizará en formato digital, según se detalla en el punto 8.34.5 cuyo precio se incluye en el precio de cada informe, estudio, documento o proyecto. El Responsable del Contrato, podrá solicitar, además la entrega en papel, como se detalla a continuación.

Los diversos tomos que formen el Proyecto, tendrán formato encuadernado según el tamaño A-3 y un espesor máximo admisible de **cinco (5)** centímetros. Al principio de cada tomo se incluirá un índice de su contenido, así como un índice general del Documento. Los tomos deberán ser encuadernados de forma tal que sean fácilmente desmontables para poder realizar copias posteriores a su entrega. Se indicará en el lomo el contenido del tomo.

Las **cajas** de embalaje tendrán como dimensión máxima de base el formato correspondiente al párrafo anterior, siendo la base máxima de la caja de **treinta (30)** centímetros.

Para cumplir las normas anteriores se establecerán divisiones del número de tomos, y cajas que correspondan a un determinado documento, acordes con una separación lógica del contenido del mismo. Cada tomo y caja de una serie determinada irá numerada individualmente e indicará el total de la serie a que corresponda.

Con objeto de disminuir el número de hojas no significativas que pueden formar parte de cada copia, los cálculos numéricos de ordenador pueden reducirse al mínimo imprescindible. No obstante, en la entrega de los originales de toda la documentación, que siempre será propiedad de ADIF, deberán figurar todos los listados que han servido de base al cálculo.

Aquellos documentos que implican responsabilidad especial según el criterio del Responsable del Contrato, deberán ser firmados por el técnico responsable, que lo será además de la exactitud de la transcripción de lo que en ellos se expresa.

El Consultor entregará a ADIF además de la documentación original citada:

- **TRES (3)** ejemplares de toda la documentación que se elabore a lo largo del proyecto.
- **CINCO (5)** ejemplares, por cada unidad de Edición de Proyecto de Construcción, de los Proyectos de Construcción, cuyo contenido se atenderá a las directrices de ADIF, así como a las instrucciones del Responsable del Contrato.



ADIF podrá variar algunos de los aspectos definidos en este subapartado en relación con la presentación de los trabajos y en particular podrá adoptar aquellas normas de presentación que, en su caso, se establezcan.

8.34.4 Presentación gráfica

El Consultor realizará las presentaciones gráficas que demande el Responsable del Contrato, tipo infografías, videos, etc., tanto de las soluciones estudiadas como definitivas.

8.34.5 Documentación informatizada

El Consultor, entregará como mínimo los siguientes documentos en soporte informático:

- **DIEZ (10)** copias en formato PDF de cada uno de los Proyectos de Construcción.
- **DIEZ (10)** copias de los ficheros originales de cada uno de los Proyectos de Construcción.
- **CINCO (5)** copias en formato PDF de la documentación de tramitación exterior realizada por ADIF.

Para los proyectos en formato PDF se seguirán los siguientes criterios:

- Deberán ir en ficheros independientes todos los documentos del proyecto. Para los Proyectos de Construcción: Memoria, cada uno de los anejos, cada uno de los capítulos de planos, pliego de prescripciones técnicas y presupuesto.
- Cada uno de los ficheros tendrá un nombre claro, que identifique el contenido del mismo.
- Se evitará la encriptación de los ficheros PDF.
- En los ficheros PDF se crearán los marcadores necesarios para la correcta localización y manejo de los apartados principales que contiene el documento correspondiente (índice, buscadores, impresión, etc.).

Para los proyectos que se entreguen en formato abierto (ficheros originales) se seguirán los siguientes criterios:

- Deberán organizarse en carpetas independientes todos los documentos del proyecto. Para los Proyectos de Construcción: Memoria, cada uno de los anejos, cada uno de los capítulos de planos, pliego de prescripciones técnicas y presupuesto.
- Cada uno de los ficheros tendrá un nombre claro, que identifique el contenido de este.
- Los textos deberán presentarse en archivo tipo DOC de WORD, o si se ha utilizado otro procesador de textos, en formato de intercambio RTF.
- Cada plano estará en un fichero independiente, presentándose en formato DWG, si se ha utilizado AUTOCAD o formato DXF si se ha utilizado otro programa de diseño por ordenador. En el caso de utilizar referencias externas o vinculaciones con otro u otros ficheros, al abrir el fichero desde el CD-ROM o DVD deberá permitir su visualización completa y su impresión en cualquier ordenador. Además, al copiar los ficheros desde el disco a otra ubicación sin variar la jerarquía de carpetas, deberán mantenerse las referencias externas de los planos.
- En los planos en los que aparezca cartografía, se respetarán las coordenadas UTM.
- El Presupuesto irá ordenado y estará en un fichero independiente, presentándose en formato del programa utilizado y en el formato de intercambio BC3.
- En el reverso de la carátula del soporte a entregar deberá aparecer el contenido y la organización de dicho soporte.



- En los cantos de la carátula del soporte a entregar deberá aparecer el nombre del tramo y de la línea objeto del proyecto.
- Se incluirá un listado indicando el nombre de los ficheros y/o archivos y su contenido.

Si el tamaño de cada copia superase los 3 CDs, la misma se realizará en soporte DVD.

8.35 SUPERVISIÓN

La Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes del Ministerio de Fomento ha encomendado al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias la emisión de los informes de supervisión de los proyectos de construcción de las obras.

A efectos del correspondiente control de calidad, los Proyectos que sean realizados por Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, serán verificados para facilitar la supervisión de los mismos por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, de acuerdo con lo dispuesto en el Convenio suscrito entre el ADIF y el citado Colegio con fecha 3 de mayo de 2007. El proyecto deberá ser verificado y visado por el citado Colegio, abonando el adjudicatario del contrato para la redacción del proyecto al Colegio la cantidad de 1,8% del importe del presupuesto de adjudicación del contrato.

Así mismo, los Proyectos que sean realizados por Ingenieros Industriales, serán verificados para facilitar la supervisión de los mismos por el Colegio de Ingenieros Industriales, de acuerdo con lo dispuesto en el Convenio suscrito entre el ADIF y el citado Colegio con fecha 7 de mayo de 2001. El proyecto deberá ser verificado y visado por el citado Colegio, abonando el adjudicatario del contrato para la ejecución de la obra al Colegio la cantidad de 1,25‰ del importe del presupuesto de adjudicación de las obras a construir.

9 EQUIPO HUMANO Y MEDIOS MATERIALES

El Consultor realizará todos los trabajos de diseño, cálculo y detalle, y será plenamente responsable, técnica y legalmente, de su contenido.

El Consultor aportará un equipo humano formado por un número suficiente de técnicos competentes en cada una de las materias objeto del contrato de trabajo y unos medios materiales adecuados para su correcta y puntual realización.

Todo el personal adscrito a la realización del trabajo tendrá la capacidad y preparación técnica adecuada a cada una de las fases y especialidades del proyecto. El Responsable del Contrato podrá exigir en cualquier momento el relevo de aquel personal que, a su juicio, no reúna dicho carácter.

9.1 EQUIPO HUMANO

En fase de presentación de ofertas, tal y como se especifica en la cláusula 7 del Pliego de Condiciones Administrativas Particulares, será suficiente con que se presente las declaraciones responsables (DEUC y ANEJO Nº 2 MODELO DE DECLARACIÓN RESPONSABLE COMPLEMENTARIA AL DEUC).

REQUISITOS MÍNIMOS:

El Licitador designará como Autor al técnico siguiente:

- **Autor del Proyecto de Construcción:** una persona de su plantilla, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (Máster nivel 3 del MECES o nivel 7 del EQF). Acreditará una experiencia mínima de 10 años en proyectos de construcción y obras de infraestructura ferroviaria y estará capacitado para firmar el proyecto. Será el



coordinador de las distintas materias que integran el trabajo, y como **Jefe de la Oficina Técnica**, su dedicación será total y con exclusividad a este contrato durante la fase de redacción del proyecto.

Así mismo, dispondrá de una serie de Jefes de Equipo con los requisitos siguientes:

- **Jefe de Equipo de Geología y Geotecnia:** un técnico con conocimientos de geotecnia y mecánica de suelos y de rocas, así como su aplicación en el desarrollo de proyectos de construcción de movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras, acreditada mediante:
 - Titulación Universitaria Máster nivel 3 del MECES o nivel 7 del EQF que permita obtener las competencias y conocimientos necesarios de geotecnia y mecánica de suelos y de rocas, así como su aplicación en el desarrollo de proyectos de construcción de movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras tales como, a título enunciativo, sin carácter exclusivo ni excluyente, Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniería de Minas, Ingeniería Geológica, Geología, etc., y con
 - Experiencia desarrollada en geotecnia y mecánica de suelos y de rocas, así como su aplicación en el desarrollo de proyectos de construcción de movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras, durante mínimo 10 años.
- **Jefe de Equipo de Medioambiente:** un técnico con capacidad técnica para redactar y firmar Estudios de Impacto Ambiental y Anejos de Integración Ambiental, conforme a lo indicado en el art. 16 de la Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, y con diez años como mínimo de experiencia profesional.
- **Jefe de Equipo de Túneles:** un técnico con capacidad para el proyecto, ejecución e inspección de obras subterráneas de uso civil (túneles ferroviarios), y el diagnóstico sobre su integridad, acreditada mediante:
 - Titulación Universitaria Máster nivel 3 del MECES o nivel 7 del EQF, que permita obtener las competencias y conocimientos necesarios para el proyecto, ejecución e inspección de obras subterráneas de uso civil (túneles ferroviarios), y el diagnóstico sobre su integridad, tales como, a título enunciativo, sin carácter exclusivo ni excluyente, Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniería de Minas, etc., y con
 - Experiencia desarrollada en trabajos de proyectos, ejecución e inspección de obras subterráneas de uso civil (túneles ferroviarios), y el diagnóstico sobre su integridad, durante mínimo 10 años, y con capacidad para firmar los cálculos y diseño del túnel.
- **Jefe de Equipo de Instalaciones de protección civil en túneles:** un técnico con conocimientos de instalaciones de protección civil y seguridad en túneles ferroviarios, acreditada mediante:
 - Titulación Universitaria Máster nivel 3 del MECES o nivel 7 del EQF que permita obtener las competencias y conocimientos necesarios de instalaciones de protección civil y seguridad en túneles ferroviarios, así como su aplicación en el desarrollo de proyectos de construcción, obras y mantenimiento de dichas instalaciones, tales como, a título enunciativo, sin carácter exclusivo ni excluyente, Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniería Industrial, etc., y con



- Experiencia desarrollada en instalaciones de protección civil y seguridad en túneles ferroviarios, así como su aplicación en el desarrollo de proyectos de construcción, obras y mantenimiento de dichas instalaciones, durante mínimo 5 años.
- Para el resto de **Jefes de Equipo**, se requieren titulados Máster nivel 3 del MECES o nivel 7 del EQF con más de cinco años de experiencia profesional o titulados Grado nivel 2 del MECES o nivel 6 del EQF con al menos diez, por cada una de las especialidades siguientes (el número de jefes de equipo figura entre paréntesis):
 - Trazado de obras lineales (1)
 - Infraestructura y Superestructura (1)
 - Estructuras (1)
 - Topografía y cartografía (1)
 - Redes Eléctricas y Energía (1)
 - Hidrología y drenaje (1)
 - Reposición de servidumbres y servicios afectados (1)
 - Expropiaciones y servicios afectados (1)
 - Presupuestos, pliegos y programas (1)
- Durante la ejecución de la **campana geotécnica**, además del Jefe de Equipo de Geología y Geotecnia se requiere:
 - Un (1) un técnico con conocimientos de geotecnia y mecánica de suelos y de rocas, así como su aplicación en el desarrollo de campañas geotécnicas, acreditada mediante:
 - Titulación Universitaria Máster nivel 3 del MECES o nivel 7 del EQF que permita obtener las competencias y conocimientos necesarios de geotecnia y mecánica de suelos y de rocas, así como su aplicación en el desarrollo de proyectos de construcción de movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras tales como, a título enunciativo, sin carácter exclusivo ni excluyente, Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniería de Minas, Ingeniería Geológica, Geología, etc., y con
 - Experiencia desarrollada en geotecnia y mecánica de suelos y de rocas, así como su aplicación en el desarrollo de campañas geotécnicas, durante mínimo 10 años.
 - Un (1) Titulado Superior experto en realización y control de sondeos, ensayos de penetración y demás trabajos típicos de la Geotecnia, con cinco años como mínimo de experiencia profesional.
 - Un (1) Titulado Superior con experiencia demostrable de al menos 5 años en ejecución de trabajos geotécnicos en plataformas de vía en servicio.
 - Dos (2) equipos formados por un sondista experto, con cinco años como mínimo de experiencia profesional, y su ayudante.
 - Un (1) técnico experto en mapeado de patologías en túneles mediante el escaneado del revestimiento con láser escáner o similar, con cinco años como mínimo de experiencia profesional.

El licitador dispondrá permanentemente en campo mientras duren los trabajos y ensayos de campo, a uno de los expertos en investigaciones geotécnicas. Por cada dos máquinas de sondeos habrá un técnico sobre el terreno.



Además, se contará con el personal siguiente:

- El Consultor propondrá un (1) técnico competente como **Coordinador de Seguridad y Salud**, para elaborar el Estudio de Seguridad y Salud del Proyecto. Este técnico contará con la adecuada formación técnica (Titulación Universitaria en Ingeniería o Grado equivalente en Ingeniería Civil), con la adecuada formación preventiva (al menos 200 horas de acuerdo con el programa de la Guía Técnica del INSHT o estar en posesión del Título de Técnico de Grado Medio o Superior en Prevención de Riesgos Laborales) y contar con al menos 5 años de experiencia tanto a nivel técnico como preventivo.
- También deberá proponer como mínimo a una (1) persona con formación específica para ejercer como **Piloto de Seguridad** habilitado (encargado de trabajos) para red convencional, conforme a la Orden FOM/2872/2010 de 5 de noviembre, y sus modificaciones, durante la realización de los trabajos que tengan lugar en las proximidades de la vía actual.

ACREDITACIÓN:

El licitador mejor clasificado, previamente a la adjudicación, deberá acreditar la disposición efectiva de dichos medios conforme se expresa a continuación:

- Titulaciones del personal técnico incluido en el organigrama mediante la presentación del currículum y copia del título académico correspondiente, en su caso.

9.2 MEDIOS MATERIALES

En fase de presentación de ofertas, tal y como se especifica en la cláusula 7 del Pliego de Condiciones Administrativas Particulares, será suficiente con que se presente las declaraciones responsables (DEUC y ANEJO Nº 2 MODELO DE DECLARACIÓN RESPONSABLE COMPLEMENTARIA AL DEUC).

REQUISITOS MÍNIMOS:

Para la realización de los trabajos el Consultor deberá disponer de una oficina dentro del área metropolitana de Madrid, en la que se encontrará toda la documentación e información en vías de elaboración o redacción que concierna al proyecto objeto del contrato.

Durante la ejecución de la **campana geotécnica** se dispondrá, al menos, de los siguientes equipos

- 2 sondas a rotación capaces de obtener testigo continuo, dotadas del material complementario necesario para la realización de ensayos de penetración estándar (S.P.T.), toma de muestras inalteradas y ensayos de permeabilidad Lefranc y Lugeon.
- 1 equipo de penetración dinámica tipo DPSH o Borros.
- 1 equipo de presiometría/dilatometría.
- 1 equipo de sísmica de refracción.
- 1 equipo de tomografía eléctrica.
- 1 equipo de láser escáner o similar de mapeado.
- 1 equipo de topografía para posicionamiento de investigaciones, levantamientos topográficos.



- Además, se dispondrá de un almacén cerrado y de uso exclusivo durante la duración de los trabajos para guardar las cajas de sondeo y muestras.

Cuando se plantee la realización de ensayos y trabajos que requieran el empleo de maquinaria o ensayos que no aparezcan en la Oferta original del Consultor, se presentará un documento en el que se recojan las características técnicas del elemento, la empresa propuesta para operarlo y la documentación referente a la experiencia de la empresa y el personal designado en ese tipo de trabajos. Será necesaria la aprobación de la Dirección para comenzar los trabajos pudiéndose solicitar que se propongan otras opciones de empresas o equipos.

El Consultor dispondrá de los medios de transporte necesarios para el adecuado desplazamiento de los equipos y del personal, incluso de la Dirección y de cuantas personas para las labores de Inspección designe el Responsable del Contrato.

Es responsabilidad del consultor tener activo un almacén cerrado y de uso exclusivo durante la duración de los trabajos para guardar las cajas de sondeo y muestras. Dependiendo de la envergadura de los trabajos podrá exigirse que dicho local se encuentre próximo a la localización de los trabajos. El acceso a dicho local estará siempre disponible a la Dirección y al Receptor de los Trabajos. Una vez finalizados los trabajos, la custodia y conservación de las muestras y testigos de sondeo seguirán siendo responsabilidad del consultor por un plazo mínimo de un año tras la finalización del contrato, o hasta que resulte adjudicataria la empresa encargada de la consultoría y asistencia para el control de las obras del presente proyecto, salvo indicación de la dirección. El reagrupamiento de las muestras de diferentes actuaciones en alguna localización lejana al área de actuación se consultará con la Dirección del Contrato.

Toda la documentación que pueda ser de interés deberá gestionarse mediante un Sistema Centralizado de Gestión al que pueda acceder el Responsable del Contrato mediante un sistema autorizado vía página web o similar.

ACREDITACIÓN:

El licitador mejor clasificado, previamente a la adjudicación, deberá acreditar la disposición efectiva de dichos medios conforme se expresa a continuación:

- La oficina mediante título de propiedad, contrato de arrendamiento, o en su caso, declaración responsable acreditativa de su disposición efectiva.
- Los equipos podrán ser propiedad del licitador; en caso de ser subcontratados, se acreditará la disponibilidad de los equipos mediante "cartas de compromiso" del propietario.
- El laboratorio y empresas que ejecutarán los ensayos e investigaciones deben estar inscritos en el Registro General de Laboratorios del Ministerio de Fomento, estando capacitados según su declaración responsable para realizar todos los ensayos referidos en el Pliego y su relación valorada. Se deberá aportar el documento acreditativo correspondiente.

10 PERMISOS Y LICENCIAS

Será de incumbencia del Consultor la obtención de los permisos y licencias de los propietarios, o titulares del dominio público, que se requieran para la realización de los trabajos encomendados, así como el abono de impuestos, tasa de cánones, compensaciones o indemnizaciones a que dé lugar el desarrollo de los mismos, y que deben considerarse integrados en los precios unitarios ofertados.



En caso de realizar trabajos en vía, se cumplimentarán las solicitudes de permisos a los órganos competentes de ADIF y se cumplirán todas las disposiciones solicitadas por los organismos de ADIF responsables de la seguridad y circulación del tramo donde se localicen los trabajos.

En ningún caso se admitirá la ejecución de trabajos perdurables en el terreno sin el permiso o autorización por escrito del titular del suelo.

Asimismo, salvo indicación en contra, será competencia del Consultor la detección previa de los posibles servicios enterrados que puedan ser afectados por la realización de los trabajos (líneas de teléfono, gas, electricidad, abastecimiento de agua, fibra óptica, etc...). El Consultor se hará cargo, en caso de producirse alguna avería por negligencia, de todos los gastos de reparación e indemnizaciones a las que hubiere lugar. Igualmente se hará cargo de las tasas, informes y coste de los proyectos realizados por los gestores de los servicios que se incluyan en el Proyecto.

En caso de duda sobre la existencia de servicios enterrados se realizarán calicatas manuales previa petición de permiso a la Dirección con un escrito que haga una valoración sobre la afección de dichas catas al resultado de la investigación geotécnica.

11 PRECAUCIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El Consultor adoptará las medidas necesarias para que durante la ejecución de los trabajos encomendados quede asegurada la protección de terceros, siendo de su total responsabilidad las indemnizaciones por los daños y perjuicios que puedan ocasionarse como consecuencia de aquellos, si a tenor de las disposiciones y Leyes vigentes, incurriese en culpabilidad.

Será obligación del Consultor la restitución a su estado inicial de caminos, carreteras, terrenos, etc. afectados por la realización de los trabajos. Asimismo, deberán retirarse todo tipo de objetos y materiales, ajenos a la zona afectada, utilizados en los trabajos con la única excepción del elemento necesario para la señalización del reconocimiento de campo que haga posible su localización posterior.

12 INSPECCIÓN DE LOS TRABAJOS

Todos los equipos podrán ser inspeccionados y contrastados en cualquier momento por la Dirección, quien podrá ordenar su sustitución en caso de funcionamiento deficiente.

El personal técnico que figure en la oferta como ejecutor directo de los trabajos objeto del Contrato no podrá ser sustituido sin autorización expresa del Responsable de Contrato.

La Dirección podrá ordenar en cualquier momento y cuantas veces considere necesario la sustitución del personal y equipos del Consultor cuyo comportamiento, rendimiento o capacidad no considere satisfactorios. Asimismo, podrá ordenar repetir todos aquellos trabajos o reconocimientos que a su juicio sean deficientes, estén mal situados o incumplan las prescripciones de este Pliego, en cuyo caso no serán de abono.

Cualquier duda que pudiera suscitarse en la interpretación de estas condiciones técnicas o en la realización del trabajo deberá ser planteada para su resolución al Responsable de Contrato.

Para la correcta ejecución de los trabajos, la Dirección organizará las visitas a las zonas del estudio y las reuniones con el equipo del Consultor que considere necesarias.



13 PROPIEDAD DE LA DOCUMENTACIÓN

Tanto la documentación final como toda aquella otra que, a lo largo del desarrollo del Contrato, haya sido generada, tiene la consideración de propiedad de ADIF y no podrá ser difundida ni entregada para uso de terceros sin su previa autorización, además el ADIF se reserva el derecho a utilizar, en otros proyectos de índole similar, los diseños producidos en el proyecto y cualquier otro documento objeto del contrato, renunciando el consultor a cualquier tipo de reclamación por su parte.

Los trabajos objeto de este contrato no podrán utilizarse por el Consultor sin permiso expreso de ADIF, debiendo entregarse los originales de los documentos con anterioridad a la recepción del Contrato.

14 PLAZO DE LOS TRABAJOS

El plazo de ejecución de los trabajos objeto del presente Pliego será de **10 (diez) meses**, a contar a partir de la fecha del Acta de inicio de los trabajos. El incumplimiento de este plazo podrá ser motivo de las sanciones y reservas previstas en el pliego de Cláusulas Administrativas y en la Ley que rija el contrato.

15 COMPOSICIÓN DE PRECIOS

La valoración de los trabajos realizados por el Consultor se efectuará por el sistema de Precios Unitarios.

Todos los precios incluyen gastos de personal, material fungible, amortización y funcionamiento de instalaciones, equipos y medios de transporte, consumo y, en general, todos los necesarios para desarrollar el trabajo descrito en este Pliego, así como los gastos derivados de la colaboración en la labor de difusión de imagen y edición de documentos informativos.

Los precios de las unidades para cuya ejecución sea necesario disponer de pilotos de seguridad de vía, electrificación o instalaciones de seguridad, incluyen en todo caso el coste de los mismos, aun cuando no figure expresamente en la justificación de los precios.

Todos los gastos ocasionados por la aplicación de las especificaciones del presente Pliego y de las Normas Oficiales vigentes, así como por la observación de las reglas de buena práctica establecidas, se encuentran comprendidos en los precios del Contrato.

Todos los precios unitarios se refieren a unidades correcta y totalmente ejecutadas.

Todos los precios unitarios de perforación y ensayos in situ incluyen todo tipo de gastos que puedan ocasionarse por la necesidad de perforar los sondeos con agua, tales como localización de agua, transporte y suministro de la misma hasta pie de sondeo, almacenamiento y acopio en cubas, balsas, etc.

Todos los precios unitarios se refieren a unidades correcta y totalmente ejecutadas.

El precio unitario "Ud. Posicionamiento en campo y/o replanteo y nivelación de puntos de reconocimiento, incluido plano o croquis y fotografía en color" incluye todos los trabajos topográficos de replanteo y nivelación que fuesen necesarios.

Los precios unitarios correspondientes a la perforación de sondeos incluyen todos los gastos ocasionados por la disposición a pie de obra de los técnicos titulados encargados de la supervisión y correcta ejecución de los trabajos de campo de sondeos, petición de permisos, visitas a obra, transportes, etc. Por su parte el precio unitario referido a la "testificación de sondeos" únicamente se certificará cuando la Dirección del Contrato haya solicitado testificar los sondeos.



El precio unitario "Ud. Determinación del índice de Schimazek" incluye el análisis petrográfico mediante lámina delgada y el ensayo brasileño correspondiente.

El precio unitario "Ud. Posicionamiento en campo y/o replanteo y nivelación de puntos de reconocimiento, incluido plano o croquis y fotografía en color" se refiere exclusivamente a sondeos, calicatas y ensayos de penetración.

El precio unitario "Ud. Medida del nivel piezométrico en cada sondeo terminado, después de realizado al menos un achique" implica que sólo será de abono la medición del nivel piezométrico en un sondeo, si previamente ha sido realizado algún achique, total o parcial, en el mismo. Este primer achique no será objeto de abono independiente. En principio, sólo se requiere un achique por sondeo.

Cualquiera de los trabajos o ensayos "in situ" (geofísicos, presiométricos, piezoconos) incluye en su precio el suministro de datos y el informe necesario para su interpretación.

Los ensayos de laboratorio que requieran un informe para su interpretación y empleo directo por parte del Receptor de los Trabajos incluyen en su precio dicho informe.

En los casos en que las normas de los ensayos correspondientes incluyan la determinación de propiedades físicas de suelos y rocas, tales como la densidad y el contenido de humedad, el precio unitario de dichos ensayos incluirá también el abono de dichas determinaciones.

En aquellas unidades de obra para las que existen varios modos alternativos de ejecución, que cumplan con las prescripciones del presente Pliego, y que se reflejan en consecuencia en diferentes precios unitarios, el Consultor deberá utilizar el procedimiento de ejecución de precio unitario menor, salvo aprobación expresa y escrita en contrario por parte del Director del Estudio.

Es un objetivo fundamental de este contrato el asesoramiento del consultor a la Dirección en lo que se refiere a la viabilidad de los trabajos solicitados por el Receptor de los Trabajos. En este sentido, en su papel de experto en realización de trabajos de campo y laboratorio y considerando las características particulares del terreno y materiales donde se propone su ejecución y las circunstancias locales en lo referido a permisos, emplazamiento de los trabajos y seguridad frente a riesgos laborales o robos deberá informarse a la Dirección cuando una investigación, actividad o ensayo se considere inadecuada, innecesaria o inviable. No será de abono la realización reiterada de investigaciones, ensayos o instrumentación que obtenga resultados no válidos para los objetivos del Encargo.

Todos los precios unitarios comprenden, sin excepción ni reserva, aun cuando no figure expresamente en la descripción de los mismos, la totalidad de las cargas ocasionadas por la ejecución de los trabajos correspondientes a cada uno de ellos hasta su completa terminación, comprendidos los que resulten de las obligaciones impuestas al Consultor por los diferentes documentos del Contrato, y en particular, los siguientes:

- Los gastos de personal y mano de obra.
- Los gastos de material fungible, de consumo y suministros diversos.
- Los gastos de equipos y medios de transporte.
- Los gastos de alquiler de locales, almacenes e instalaciones.
- Los gastos de transporte, almacenaje y conservación de muestras y testigos.
- Los gastos de vigilancia de los sondeos, materiales, herramientas, vehículos de transporte, balsas de agua, etc., durante la ejecución de los trabajos.
- Los gastos de transporte, funcionamiento, conservación y reparación de equipos e instalaciones auxiliares, así como la depreciación o amortización de la maquinaria y elementos recuperables de las mismas.
- Los seguros de toda clase.



- Los gastos de financiación y los impuestos y tasas de toda clase, excepto el IVA.

16 CRITERIOS DE ABONO DE LAS UNIDADES DEL PRESUPUESTO DEL CONTRATO

En este apartado se indican los criterios que se seguirán para el abono de las unidades del contrato. El abono parcial de las mismas se realizará tomando como referencia determinados hitos de entrega de documentación elaborada por el consultor durante las diferentes fases de redacción del proyecto, según procedimiento de "Gestión de la Redacción de Proyectos en ADIF-Alta Velocidad ADIF-PE-201-001-002-SC".

| P-1. Ud Toma de datos | |
|---|-----|
| <i>Incluye los siguientes trabajos:</i> | |
| • <i>Recopilación y análisis de la información previa.</i> | |
| El abono de esta unidad se realizará en base a los siguientes hitos de entrega de documentación: | |
| <i>Documento de "Análisis de Información Previa": Incluye un análisis de la información documentada base de inicio de Proyecto (cartografía, Estudios Informativos, Estudios Funcionales y de Planificación y otros proyectos previos), así como la propuesta de planificación de trabajos y de entregas de la documentación a desarrollar a lo largo del Contrato.</i> | 35% |
| <i>Documento 1ª Visita de campo: Recorrido de la traza y de la zona afectada por el deslizamiento. Reportaje fotográfico.</i> | 25% |
| <i>Documento de "Toma de datos e Inventario"</i> | 40% |

| P-2. Ud Cartografía y topografía | |
|---|------|
| <i>Incluye los siguientes trabajos:</i> | |
| • <i>Trabajos complementarios de cartografía, topografía y restitución fotogramétrica en ETRS-89.</i> | |
| El abono de esta unidad se realizará en base a los siguientes hitos de entrega de documentación: | |
| <i>Documento de "Trabajos Topográficos": Incluye las evidencias de los nuevos trabajos de topografía realizados por el Consultor que se requieran para el desarrollo completo de los Proyectos de Construcción.</i> | 100% |

P-3. Ud Informe geotécnico



Incluye los siguientes trabajos:

Todas las actividades necesarias para:

- *Caracterizar el terreno: estratigrafía, características resistentes y deformacionales, nivel freático, movimientos del terreno, etc., para definir correctamente la problemática a resolver tanto de la ladera como del túnel 40.*
- *Generar un modelo tridimensional de la situación de partida.*
- *Analizar posibles medidas de estabilización de ladera*
- *Análisis geotécnico del túnel*
- *Seguimiento de los elementos de auscultación*

Condiciones particulares de abono:

Para el abono de las unidades relacionadas con la ejecución de trabajos de la campaña geológico-geotécnica de campo y ensayos de laboratorio, el Consultor deberá hacer entrega al Responsable del Contrato de un acta en el que se recoja la relación valorada mensual y acumulada de la misma, al objeto de que éste pueda realizar su certificación de acuerdo con los precios unitarios incluidos en el Contrato.

El precio unitario de la unidad incluye todos los documentos necesarios para la correcta coordinación, tramitación, supervisión y aprobación del documento.

Cualquier trámite relacionado con autorizaciones, permisos, etc, que resulten necesario se encuentran incluidos en los precios de la unidad, sin que ello implique aumento en los honorarios.

El abono de esta unidad se realizará en base a los siguientes hitos de entrega de documentación:

| | |
|--|-----|
| <i>Documento de "Análisis de Información Geotécnica y Propuesta de Campaña Geotécnica Complementaria".</i> | 15% |
| <i>Informe de resultados de la campaña de investigación geotécnica</i> | 35% |
| <i>Informe geotécnico de resultados de la campaña incluyendo análisis geotécnico de soluciones</i> | 50% |



P-4. Ud Documento técnico para trámite ambiental

Incluye los siguientes trabajos:

- Análisis de la normativa aplicable.
- Análisis ambiental de la zona de proyecto.
- Descripción de las posibles soluciones técnicas que resuelven el objeto del proyecto.
- Valoración del impacto ambiental de las actuaciones.
- Medidas preventivas correctoras y compensatorias.
- Valoración del impacto ambiental residual
- Programa de vigilancia ambiental.

El abono de esta unidad se realizará en base a los siguientes hitos de entrega de documentación:

| | |
|---|-----|
| Trabajo de campo | 15% |
| Documento técnico para trámite ambiental. | 35% |
| Trámite Ambiental | 25% |
| Análisis de la tramitación realizada y validación de medidas propuestas | 25% |

P-5. Ud PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

Incluye los siguientes trabajos:

- Estudio de alternativas
- Documentos de coordinación interna de ADIF
- Documentos de coordinación con otros organismos
- Redacción del Proyecto de Construcción de las obras previstas, incluyendo una Memoria con sus correspondientes Anejos; Planos con la definición geométrica, cuantitativa y cualitativa completa y exhaustiva de las obras a proyectar (especialmente de la totalidad de los elementos constructivos, de los materiales a utilizar y de su forma de ejecución); un Pliego de Prescripciones Técnicas con la descripción de la totalidad de las unidades de obra constitutivas del proyecto; y un Presupuesto que permitan la posterior licitación de las obras proyectadas.

La unidad de redacción de proyecto contempla también todos los trabajos necesarios para la maquetación del proyecto y su edición digital y de los proyectos en que pudiera segregarse.

- Documentos para tramitación del cumplimiento de la Ley 38/2015 de 29 de septiembre del Sector Ferroviario (LSF)
- Estudios vibratorio y acústico
- Elaboración de infografías, incluyendo impresiones y entregas en los formatos solicitados por el Responsable de Contrato.

Condiciones particulares de abono:

En el caso de segregación en varios proyectos por necesidades de planificación, el reparto del importe total de esta unidad para cada uno de los proyectos se asignará según los porcentajes obtenidos de cada tramo segregado respecto al tramo global como media ponderada de las longitudes y los presupuestos estimados de las obras.

El precio unitario de la unidad incluye todos los documentos necesarios para la correcta coordinación, tramitación, supervisión y aprobación del proyecto, y por tanto, las ediciones correspondientes a estos procesos de verificación hasta la obtención en su caso del visto bueno o conformidad correspondientes.

Asimismo, la redacción y edición de separatas o documentos independientes necesarios para cualquier trámite relacionado con autorizaciones, permisos, etc, que resulten esenciales para la aprobación del Proyecto, también se encuentran incluidas en los precios de la unidad, sin que ello implique aumento en los honorarios.



| | |
|---|-----|
| El abono de esta unidad se realizará en base a los siguientes hitos de entrega de documentación: | |
| <i>Maqueta del Estudio de Alternativas.</i> | 10% |
| <i>Correcciones de la maqueta del Estudio de Alternativas con motivo de la revisión y/o supervisión dinámica y entrega/s de el/los informe/s de respuesta y de la maqueta corregida.</i> | 3% |
| <i>Estudio de Alternativas definitivo.</i> | 2% |
| <i>Documento de "Concesiones mineras"</i> | 2% |
| <i>Documento de "Reposición de Caminos y Servidumbres".</i> | 2% |
| <i>Documento de "Protección del Sistema Hidrológico y de la Calidad de las Aguas".</i> | 2% |
| <i>Documento de "Patrimonio Cultural".</i> | 2% |
| <i>Documento de "Préstamos y Vertederos".</i> | 2% |
| <i>Documentos de "Reposición Servicios Afectados/Otras Servidumbres".</i> | 2% |
| <i>Documento de "Reposiciones Ferroviarias".</i> | 2% |
| <i>Documento de "Plan Marco".</i> | 2% |
| <i>Documento de "Protección Civil y Seguridad".</i> | 2% |
| <i>Documento de "Vía, materiales y montaje".</i> | 2% |
| <i>Documento de "Electrificación y Catenaria".</i> | 2% |
| <i>El resto de los documentos necesarios para la correcta tramitación, coordinación y supervisión de los proyectos de construcción, se abonarán de manera global en el momento de entrega de la <u>maqueta del Proyecto de Construcción de plataforma, vía y energía.</u></i> | 4% |
| <i>Maqueta del Proyecto de Construcción.</i> | 35% |
| <i>Documentación para el trámite de cumplimiento de la LSF.</i> | 5% |
| <i>Correcciones de la maqueta con motivo de la revisión y/o supervisión dinámica y entrega/s de el/los informe/s de respuesta y de la maqueta corregida.</i> | 5% |
| <i>Proyecto de Construcción definitivo.</i> | 10% |
| <i>Documentación de cierre de Proyecto para licitación de las obras y tramitación varia.</i> | 4% |

P-6. Ud Documento de expropiaciones.

Incluye los siguientes trabajos:

Redacción de toda la documentación precisa realizar la información pública de bienes y derechos afectados previa a la aprobación del Proyecto.

El abono de esta unidad se realizará en base a los siguientes hitos de entrega de documentación:

| | |
|---|-----|
| <i>Documentación para el trámite de información pública de bienes y derechos afectados (Separatas de expropiaciones para organismos).</i> | 50% |
| <i>Informe de respuesta a las alegaciones de la relación de bienes y derechos afectados.</i> | 25% |
| <i>Documentación adicional de expropiaciones.</i> | 25% |

El resto de precios no tienen abono parcial y serán abonados a la finalización de su ejecución.

Madrid, abril de 2020



AUTORIZACIONES

| IDENTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO |
|--|
| PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACION AMBIENTAL Y LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL TÚNEL 40 Y ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA DEL P.K. 277+400. LÍNEA LEÓN – A CORUÑA. PROVINCIA DE ORENSE. |

| RELACIÓN DE CARGOS FIRMANTES | | |
|------------------------------|------------------------------------|--|
| Propone | Firma: Juan José Encinas Nuevo | Cargo: JEFE DE ÁREA DE PROYECTOS DE OBRA CIVIL I |
| VºBº | Firma: Juan Carlos Monge Cristóbal | Cargo: SUBDIRECTOR DE PROYECTOS DE OBRA CIVIL |
| Conforme | Firma: Miguel Ángel Leor Roca | Cargo: DIRECTOR DE PROYECTOS DE RED CONVENCIONAL |





SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACION AMBIENTAL Y LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL TÚNEL 40 Y ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA DEL P.K. 277+400. LÍNEA LEÓN – A CORUÑA. PROVINCIA DE ORENSE

ANEJO Nº 1

PRECIOS UNITARIOS



| Ref. | Concepto | Precio (€) |
|------------------------------------|--|------------|
| P-1 | ud TOMA DE DATOS | 5.000,00 |
| P-2 | ud CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA | 6.000,00 |
| P-3 | ud INFORME GEOTÉCNICO | 20.000,00 |
| P-4 | ud DOCUMENTO TÉCNICO PARA TRÁMITE AMBIENTAL | 50.000,00 |
| P-5 | ud PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN | 75.000,00 |
| P-6 | ud DOCUMENTO DE EXPROPIACIONES | 5.000,00 |
| Trabajos de campo y Ensayos | | |
| G01110001 | ud Abono fijo por transporte de cada equipo de sondeo, penetrómetros estáticos, piezocono u otros equipos especiales al área de trabajo | 902,09 |
| G01110003 | ud Abono fijo por transporte al área de trabajos de penetrómetro dinámico, equipo de placa de carga, presiómetro, dilatometría, sísmicos, eléctricos, electromagnéticos, diagráfias, geo-radar, vane-test, etc | 530,11 |
| G01110004 | ud Emplazamiento de sonda, penetrómetro estático, piezocono u otros equipos especiales en cada punto a reconocer que no precise de medios especiales o preparación previa del terreno con medios auxiliares | 79,79 |
| G01110006 | ud Emplazamiento de penetrómetro dinámico en cada punto a reconocer que no precise de medios especiales o preparación previa del terreno con medios auxiliares | 38,22 |
| G01110007 | ud Recargo por apertura de accesos mediante maquinaria u otros medios auxiliares en cada punto de reconocimiento en que sea preciso y reposición | 241,80 |
| G01110008 | ud Posicionamiento en campo y/o replanteo y nivelación de puntos de reconocimiento i/ plano o croquis y fotografía en color | 17,01 |
| G01110009 | m Perforación a rotación en suelos con barrena helicoidal $\varnothing > 200$ mm | 42,50 |
| G01110010 | m Perforación a rotación en rellenos o suelos, con diámetros comerciales hasta $\varnothing < 120$ mm con extracción continua de testigo de $\varnothing > 70$ mm i/ suministro de agua | 47,81 |
| G01110011 | m Perforación a rotación o rotopercusión, con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm en gravas-bolos i/ suministro de agua | 85,10 |
| G01110012 | m Perforación a rotación con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm en rocas de dureza media con extracción de testigo $\varnothing > 70$ mm i/ suministro de agua | 63,80 |
| G01110013 | m Perforación a rotación con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm, en rocas de gran dureza con extracción continua de testigo i/ suministro de agua | 76,54 |
| G01110014 | m Perforación a destroza en cualquier tipo de terreno, con diámetro de hasta 200 mm y hasta 200 m de profundidad i/ suministro de agua | 38,69 |
| G01110016 | m Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, entre 25 y 50 m de profundidad, excepto si se perfora con wire-line | 10,60 |
| G01110017 | m Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, entre 50 y 100 m de profundidad, excepto si se perfora con wire-line | 22,32 |
| G01110020 | m Recargo por perforación inclinada, para cualquier inclinación y profundidad | 58,50 |
| G01110026 | ud Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo abierto | 28,65 |
| G01110028 | ud Ensayo spt | 25,48 |
| G01110029 | ud Testigo parafinado de más de 35 cm de longitud y $\varnothing > 70$ mm | 11,62 |
| G01110030 | ud Recargo por toma de muestras inalteradas o ensayos s.p.t. A partir de 25 m de profundidad | 6,33 |



| | | | |
|-----------|----|--|--------|
| G01110031 | ud | Toma de muestras de agua en el interior de un sondeo | 9,02 |
| G01110033 | ud | Caja portatestigos de plástico i/ transporte a almacén designado y fotografía en color | 10,60 |
| G01110035 | m | Tubo ranurado de pvc, diámetro útil 60-100 mm, colocado en el interior de un sondeo, pegado o roscado | 8,37 |
| G01110036 | ud | Arqueta y tapa metálica de protección de boca de sondeo, fijada al terreno con mortero de cemento | 70,21 |
| G01110037 | ud | Ensayo de permeabilidad lugeon, hasta 100 m de profundidad | 127,59 |
| G01110039 | ud | Ensayo de permeabilidad lefranc | 76,54 |
| G01110040 | ud | Medida del nivel piezométrico en cada sondeo terminado, después de realizado al menos un achique | 5,77 |
| G01110041 | ud | Achique completo y control de recuperación del nivel piezométrico en sondeo terminado, hasta 50 m de profundidad | 29,01 |
| G01110042 | ud | Achique completo y control de recuperación del nivel piezométrico en sondeo terminado, a partir de 50 m de profundidad | 96,71 |
| G01110043 | m | Sellado de sondeos con lechada de cemento, previa petición de su empleo por la administración | 19,35 |
| G01110044 | m | Testificación de sondeos | 7,74 |
| G01110045 | ud | Ayuda de sonda para ejecución de ensayos presiométricos, dilatométricos, vane-test o similares, hasta 100 m de profundidad | 76,54 |
| G01110047 | ud | Ensayo presiométrico con ciclo intermedio de carga-descarga | 255,28 |
| G01110048 | ud | Ensayo dilatométrico en suelos con sonda plana (presión máxima (2 mpa) | 191,49 |
| G01110050 | m | Penetración dinámica | 19,07 |
| G01110056 | m | Prospección mediante tomografía eléctrica, usando dispositivos electródicos focalizados, con espaciado entre electrodos de 5 a 10 m y al menos 10 niveles de medida i/ toma de datos, procesado e interpretación | 4,84 |
| G01110058 | ud | Perfil sísmico de refracción con implantación de 100 m de longitud mínima, registro de ida y vuelta y dispositivo de 24 geófonos con realización de al menos 7 tiros | 338,52 |
| G01110065 | ud | Calicata manual o mecánica, de 3 m de profundidad mínima i/ fotografías en color y reposición | 116,07 |
| G01110066 | ud | Toma de muestra en saco en calicata, cantera o zona canterable, acopio u otros puntos, de más de 60 kg | 21,20 |
| G01110067 | ud | Toma de testigos en roca "in situ" con máquina sacatestigos o tallado de bloque | 159,59 |
| G01110069 | ud | Estación de medida de discontinuidades planares en macizos rocosos i/ las operaciones de preparación de las superficies estructurales | 76,54 |
| G01110070 | ud | Medida de trayectoria y desviación en sondeos inclinados, o verticales previa petición de su empleo por la administración | 159,59 |
| G01110071 | m | Perforación sin recuperación de testigo para la investigación de la existencia de cavidades bajo la plataforma | 23,16 |
| G01110073 | ud | Recargo por realización de calicata en vía i/ todos los medios auxiliares necesarios | 150,00 |
| G01110074 | ud | Recargo por realización de penetrómetro dinámico en vía i/ todos los medios auxiliares necesarios | 19,35 |
| G01110084 | ud | Jornada de piloto de corte de tensión, incluido desplazamiento, medios auxiliares, agente habilitado, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para su ejecución | 420,00 |



| | | | |
|-------------------------------|----|---|--------|
| G01110085 | ud | Jornada de piloto de corte de vía, incluido desplazamiento, medios auxiliares, agente habilitado, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para su ejecución | 360,00 |
| Ensayos de laboratorio | | | |
| G01110082 | ud | Apertura y descripción muestras | 6,33 |
| G01110083 | ud | Preparación de cada muestra, para cualquier número de ensayos | 6,33 |
| G01110084 | ud | Determinación de la humedad natural | 6,33 |
| G01110085 | ud | Determinación de la densidad aparente | 9,49 |
| G01110086 | ud | Determinación de peso específico | 25,48 |
| G01110087 | ud | Determinación de los límites Atterberg | 25,48 |
| G01110088 | ud | Comprobación de no plasticidad | 12,74 |
| G01110090 | ud | Determinación de granulometría por tamizado | 25,48 |
| G01110091 | ud | Determinación de granulometría por tamizado en zavorras (muestras en saco) | 35,06 |
| G01110094 | ud | Ensayo de compresión simple en suelos | 28,65 |
| G01110096 | ud | Ensayo de corte directo, consolidado y sin drenaje, sobre muestras inalteradas | 70,21 |
| G01110099 | ud | Ensayo triaxial cu, sobre muestra inalterada, con consolidación previa, rotura sin drenaje y medida de presiones intersticiales | 241,80 |
| G01110100 | ud | Ensayo triaxial cd, sobre muestra inalterada, con consolidación previa y rotura con drenaje | 280,49 |
| G01110101 | ud | Ensayo edométrico con al menos siete escalones de carga y tres de descarga, y curvas de consolidación-tiempo | 145,08 |
| G01110102 | ud | Ensayo de colapsabilidad | 95,70 |
| G01110104 | ud | Determinación de presión de hinchamiento | 51,05 |
| G01110105 | ud | Ensayo de hinchamiento libre | 51,05 |
| G01110109 | ud | Ensayo proctor modificado | 57,39 |
| G01110110 | ud | Determinación c.b.r. de laboratorio, sin incluir proctor | 95,70 |
| G01110111 | ud | Ensayo de desgaste los ángeles | 48,37 |
| G01110112 | ud | Ensayo de compresión simple en roca, i/ tallado | 38,22 |
| G01110113 | ud | Ensayo de compresión simple en roca, instrumentado con bandas extensométricas | 67,70 |
| G01110114 | ud | Ensayo de corte sobre discontinuidades en roca i/ tallado y preparación | 95,70 |
| G01110115 | ud | Ensayo triaxial en roca i/ tallado | 127,59 |
| G01110116 | ud | Ensayo brasileño | 51,05 |
| G01110118 | ud | Determinación dureza schmidt | 6,33 |
| G01110119 | ud | Determinación slake durability index | 76,54 |
| G01110120 | ud | Determinación de la estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción del desmoronamiento en agua | 63,80 |
| G01110122 | ud | Determinación cuantitativa de carbonatos | 20,18 |
| G01110123 | ud | Determinación cuantitativa de sulfatos | 26,60 |
| G01110125 | ud | Determinación cuantitativa de materia orgánica | 22,32 |
| G01110126 | ud | Análisis químico completo de agua, para determinar su agresividad | 95,70 |
| G01110130 | ud | Determinación de la estabilidad de los áridos frente a la acción de las soluciones de sulfato sódico o magnésico (5 ciclos) | 67,70 |



| | | | |
|-----------|----|--|--------|
| G01110131 | ud | Determinación del coeficiente micro-deval húmedo y friabilidad | 191,49 |
| G01110134 | ud | Determinación del índice de abrasividad cerchar | 26,60 |
| G01110135 | ud | Determinación del índice de schimazek | 131,87 |
| G01110138 | ud | Determinación del contenido de sales solubles de los suelos | 37,21 |
| G01110139 | ud | Determinación del índice de lajas y agujas | 63,80 |

Control auscultación y seguimiento

| | | | |
|-----------|----|---|--------|
| G07010003 | ud | Arqueta para protección de elementos de instrumentación | 61,97 |
| G07010004 | m | Tubería de inclinómetro doblemente ranurada en aluminio anodizado i/ elementos auxiliares | 23,26 |
| G07010010 | ud | Piezómetro de cuerda vibrante completamente instalado a profundidades comprendidas entre 5 y 20 m i/ cableado hasta caseta de control | 754,73 |
| G07010011 | m | Tubería para piezómetro abierto de 51 mm de pvc y engravillado | 20,03 |
| G07010021 | m | Perforación desde superficie a destroza con 116 mm o inferior i/ montaje, cementado e instalado en arquetas de referencia de nivelación, inclinómetros, extensómetros piezómetros según corresponda | 80,32 |
| G07010051 | ud | Taladro en solera de túnel | 100,00 |
| G07010053 | m | Auscultación continua del revestimiento de un túnel con láser escáner o similar para el mapeado de patologías posicionado con coordenadas absolutas | 3,50 |
| G07010054 | m | Mapeado de patologías en escaneado de revestimiento de túnel | 4,00 |
| G07010055 | ud | Punto de agua superficial o subterránea inventariado, fotografía, localización, aforo, registro en base de datos | 15,00 |
| G07010058 | ud | Limnígrafo electrónico y autónomo para registro automático de las variaciones de nivel de agua y temperatura en sondeos, incluido suministro e instalación | 845,00 |
| G07010059 | ud | Registrador electrónico y autónomo para medida de las variaciones presión atmosférica y compensación en las medidas de variaciones de nivel de agua incluso suministro e instalación | 600,00 |
| G07010060 | m | Cable de acero inoxidable trenzado de 2 mm de diámetro para suspensión de limnígrafo o registrador de presión incluyendo los accesos necesarios | 1,90 |



**SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACION AMBIENTAL Y LA REDACCIÓN DEL PROYECTO
DE CONSTRUCCIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL TÚNEL 40 Y ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA DEL P.K.
277+400. LÍNEA LEÓN – A CORUÑA. PROVINCIA DE ORENSE**

ANEJO Nº 2

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN



PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

| Ref. | Medición | Concepto | Precio (€) | Importe (€) |
|------------------------------------|----------|---|------------|-------------|
| P-1 | 1,00 ud | TOMA DE DATOS | 5.000,00 | 5.000,00 |
| P-2 | 1,00 ud | CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA | 6.000,00 | 6.000,00 |
| P-3 | 1,00 ud | INFORME GEOTÉCNICO | 20.000,00 | 20.000,00 |
| P-4 | 1,00 ud | DOCUMENTO TÉCNICO PARA TRÁMITE AMBIENTAL | 50.000,00 | 50.000,00 |
| P-5 | 1,00 ud | PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN | 75.000,00 | 75.000,00 |
| P-6 | 1,00 ud | DOCUMENTO DE EXPROIACIONES | 5.000,00 | 5.000,00 |
| Trabajos de campo y Ensayos | | | | |
| G01110001 | 2,00 ud | Abono fijo por transporte de cada equipo de sondeo, penetrómetros estáticos, piezocono u otros equipos especiales al área de trabajo | 902,09 | 1804,18 |
| G01110003 | 4,00 ud | Abono fijo por transporte al área de trabajos de penetrómetro dinámico, equipo de placa de carga, presiómetro, dilatometría, sísmicos, eléctricos, electromagnéticos, diagrafías, geo-radar, vane-test, etc | 530,11 | 2120,44 |
| G01110004 | 12,00 ud | Emplazamiento de sonda, penetrómetro estático, piezocono u otros equipos especiales en cada punto a reconocer que no precise de medios especiales o preparación previa del terreno con medios auxiliares | 79,79 | 957,48 |
| G01110006 | 5,00 ud | Emplazamiento de penetrómetro dinámico en cada punto a reconocer que no precise de medios especiales o preparación previa del terreno con medios auxiliares | 38,22 | 191,10 |
| G01110007 | 5,00 ud | Recargo por apertura de accesos mediante maquinaria u otros medios auxiliares en cada punto de reconocimiento en que sea preciso y reposición | 241,80 | 1209,00 |
| G01110008 | 25,00 ud | Posicionamiento en campo y/o replanteo y nivelación de puntos de reconocimiento i/ plano o croquis y fotografía en color | 17,01 | 425,25 |
| G01110009 | 1,00 m | Perforación a rotación en suelos con barrena helicoidal $\varnothing > 200$ mm | 42,50 | 42,50 |
| G01110010 | 200,00 m | Perforación a rotación en rellenos o suelos, con diámetros comerciales hasta $\varnothing < 120$ mm con extracción continua de testigo de $\varnothing > 70$ mm i/ suministro de agua | 47,81 | 9562,00 |
| G01110011 | 70,00 m | Perforación a rotación o rotopercusión, con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm en gravas-bolos i/ suministro de agua | 85,10 | 5957,00 |
| G01110012 | 150,00 m | Perforación a rotación con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm en rocas de dureza media con extracción de testigo $\varnothing > 70$ mm i/ suministro de agua | 63,80 | 9570,00 |
| G01110013 | 15,00 m | Perforación a rotación con diámetros comerciales $\varnothing < 120$ mm, en rocas de gran dureza con extracción continua de testigo i/ suministro de agua | 76,54 | 1148,10 |



| | | | | | |
|-----------|--------|----|--|--------|---------|
| G01110014 | 5,00 | m | Perforación a destroza en cualquier tipo de terreno, con diámetro de hasta 200 mm y hasta 200 m de profundidad i/ suministro de agua | 38,69 | 193,45 |
| G01110016 | 150,00 | m | Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, entre 25 y 50 m de profundidad, excepto si se perfora con wire-line | 10,60 | 1590,00 |
| G01110017 | 5,00 | m | Recargo por perforación con extracción continua de testigo, en cualquier tipo de terreno, entre 50 y 100 m de profundidad, excepto si se perfora con wire-line | 22,32 | 111,60 |
| G01110020 | 20,00 | m | Recargo por perforación inclinada, para cualquier inclinación y profundidad | 58,50 | 1170,00 |
| G01110026 | 67,00 | ud | Toma de muestra inalterada con tomamuestras de tipo abierto | 28,65 | 1919,55 |
| G01110028 | 102,00 | ud | Ensayo spt | 25,48 | 2598,96 |
| G01110029 | 33,00 | ud | Testigo parafinado de más de 35 cm de longitud y $\phi > 70$ mm | 11,62 | 383,46 |
| G01110030 | 20,00 | ud | Recargo por toma de muestras inalteradas o ensayos s.p.t. A partir de 25 m de profundidad | 6,33 | 126,60 |
| G01110031 | 10,00 | ud | Toma de muestras de agua en el interior de un sondeo | 9,02 | 90,20 |
| G01110033 | 182,00 | ud | Caja portatestigos de plástico i/ transporte a almacén designado y fotografía en color | 10,60 | 1929,20 |
| G01110035 | 100,00 | m | Tubo ranurado de pvc, diámetro útil 60-100 mm, colocado en el interior de un sondeo, pegado o roscado | 8,37 | 837,00 |
| G01110036 | 2,00 | ud | Arqueta y tapa metálica de protección de boca de sondeo, fijada al terreno con mortero de cemento | 70,21 | 140,42 |
| G01110037 | 3,00 | ud | Ensayo de permeabilidad lugeon, hasta 100 m de profundidad | 127,59 | 382,77 |
| G01110039 | 3,00 | ud | Ensayo de permeabilidad lefranc | 76,54 | 229,62 |
| G01110040 | 90,00 | ud | Medida del nivel piezométrico en cada sondeo terminado, después de realizado al menos un achique | 5,77 | 519,30 |
| G01110041 | 8,00 | ud | Achique completo y control de recuperación del nivel piezométrico en sondeo terminado, hasta 50 m de profundidad | 29,01 | 232,08 |
| G01110042 | 2,00 | ud | Achique completo y control de recuperación del nivel piezométrico en sondeo terminado, a partir de 50 m de profundidad | 96,71 | 193,42 |
| G01110043 | 50,00 | m | Sellado de sondeos con lechada de cemento, previa petición de su empleo por la administración | 19,35 | 967,50 |
| G01110044 | 435,00 | m | Testificación de sondeos | 7,74 | 3366,90 |
| G01110045 | 40,00 | ud | Ayuda de sonda para ejecución de ensayos presiométricos, dilatométricos, vane-test o similares, hasta 100 m de profundidad | 76,54 | 3061,60 |
| G01110047 | 15,00 | ud | Ensayo presiométrico con ciclo intermedio de carga-descarga | 255,28 | 3829,20 |
| G01110048 | 5,00 | ud | Ensayo dilatométrico en suelos con sonda plana (presión máxima (2 mpa) | 191,49 | 957,45 |
| G01110050 | 50,00 | m | Penetración dinámica | 19,07 | 953,50 |
| G01110056 | 800,00 | m | Prospección mediante tomografía eléctrica, usando dispositivos electrónicos focalizados, con espaciado entre electrodos de 5 a 10 m y al menos 10 niveles de medida i/ toma de datos, procesado e interpretación | 4,84 | 3872,00 |
| G01110058 | 2,00 | ud | Perfil sísmico de refracción con implantación de 100 m de longitud mínima, registro de ida y vuelta y dispositivo de 24 geófonos con realización de al menos 7 tiros | 338,52 | 677,04 |



| | | | | | |
|-------------------------------|-------|----|---|--------|---------|
| G01110065 | 8,00 | ud | Calicata manual o mecánica, de 3 m de profundidad mínima i/ fotografías en color y reposición | 116,07 | 928,56 |
| G01110066 | 8,00 | ud | Toma de muestra en saco en calicata, cantera o zona canterable, acopio u otros puntos, de más de 60 kg | 21,20 | 169,60 |
| G01110067 | 3,00 | ud | Toma de testigos en roca "in situ" con máquina sacatestigos o tallado de bloque | 159,59 | 478,77 |
| G01110069 | 8,00 | ud | Estación de medida de discontinuidades planares en macizos rocosos i/ las operaciones de preparación de las superficies estructurales | 76,54 | 612,32 |
| G01110070 | 2,00 | ud | Medida de trayectoria y desviación en sondeos inclinados, o verticales previa petición de su empleo por la administración | 159,59 | 319,18 |
| G01110071 | 10,00 | m | Perforación sin recuperación de testigo para la investigación de la existencia de cavidades bajo la plataforma | 23,16 | 231,60 |
| G01110073 | 3,00 | ud | Recargo por realización de calicata en vía i/ todos los medios auxiliares necesarios | 150,00 | 450,00 |
| G01110074 | 3,00 | ud | Recargo por realización de penetrómetro dinámico en vía i/ todos los medios auxiliares necesarios | 19,35 | 58,05 |
| G01110084 | 3,00 | ud | Jornada de piloto de corte de tensión, incluido desplazamiento, medios auxiliares, agente habilitado, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para su ejecución | 420,00 | 1260,00 |
| G01110085 | 3,00 | ud | Jornada de piloto de corte de vía, incluido desplazamiento, medios auxiliares, agente habilitado, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para su ejecución | 360,00 | 1080,00 |
| Ensayos de laboratorio | | | | | |
| G01110082 | 68,00 | ud | Apertura y descripción muestras | 6,33 | 430,44 |
| G01110083 | 68,00 | ud | Preparación de cada muestra, para cualquier número de ensayos | 6,33 | 430,44 |
| G01110084 | 34,00 | ud | Determinación de la humedad natural | 6,33 | 215,22 |
| G01110085 | 34,00 | ud | Determinación de la densidad aparente | 9,49 | 322,66 |
| G01110086 | 12,00 | ud | Determinación de peso específico | 25,48 | 305,76 |
| G01110087 | 47,00 | ud | Determinación de los límites Atterberg | 25,48 | 1197,56 |
| G01110088 | 5,00 | ud | Comprobación de no plasticidad | 12,74 | 63,70 |
| G01110090 | 52,00 | ud | Determinación de granulometría por tamizado | 25,48 | 1324,96 |
| G01110091 | 3,00 | ud | Determinación de granulometría por tamizado en zahorras (muestras en saco) | 35,06 | 105,18 |
| G01110094 | 5,00 | ud | Ensayo de compresión simple en suelos | 28,65 | 143,25 |
| G01110096 | 7,00 | ud | Ensayo de corte directo, consolidado y sin drenaje, sobre muestras inalteradas | 70,21 | 491,47 |
| G01110099 | 14,00 | ud | Ensayo triaxial cu, sobre muestra inalterada, con consolidación previa, rotura sin drenaje y medida de presiones intersticiales | 241,80 | 3385,20 |
| G01110100 | 3,00 | ud | Ensayo triaxial cd, sobre muestra inalterada, con consolidación previa y rotura con drenaje | 280,49 | 841,47 |
| G01110101 | 3,00 | ud | Ensayo edométrico con al menos siete escalones de carga y tres de descarga, y curvas de consolidación-tiempo | 145,08 | 435,24 |
| G01110102 | 3,00 | ud | Ensayo de colapsabilidad | 95,70 | 287,10 |
| G01110104 | 3,00 | ud | Determinación de presión de hinchamiento | 51,05 | 153,15 |
| G01110105 | 3,00 | ud | Ensayo de hinchamiento libre | 51,05 | 153,15 |



| | | | | | |
|---|--------|----|---|--------|---------|
| G01110109 | 3,00 | ud | Ensayo proctor modificado | 57,39 | 172,17 |
| G01110110 | 3,00 | ud | Determinación c.b.r. de laboratorio, sin incluir proctor | 95,70 | 287,10 |
| G01110111 | 2,00 | ud | Ensayo de desgaste los ángeles | 48,37 | 96,74 |
| G01110112 | 7,00 | ud | Ensayo de compresión simple en roca, i/ tallado | 38,22 | 267,54 |
| G01110113 | 8,00 | ud | Ensayo de compresión simple en roca, instrumentado con bandas extensométricas | 67,70 | 541,60 |
| G01110114 | 6,00 | ud | Ensayo de corte sobre discontinuidades en roca i/ tallado y preparación | 95,70 | 574,20 |
| G01110115 | 6,00 | ud | Ensayo triaxial en roca i/ tallado | 127,59 | 765,54 |
| G01110116 | 3,00 | ud | Ensayo brasileño | 51,05 | 153,15 |
| G01110118 | 3,00 | ud | Determinación dureza schmidt | 6,33 | 18,99 |
| G01110119 | 3,00 | ud | Determinación slake durability index | 76,54 | 229,62 |
| G01110120 | 3,00 | ud | Determinación de la estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción del desmoronamiento en agua | 63,80 | 191,40 |
| G01110122 | 8,00 | ud | Determinación cuantitativa de carbonatos | 20,18 | 161,44 |
| G01110123 | 12,00 | ud | Determinación cuantitativa de sulfatos | 26,60 | 319,20 |
| G01110125 | 20,00 | ud | Determinación cuantitativa de materia orgánica | 22,32 | 446,40 |
| G01110126 | 8,00 | ud | Análisis químico completo de agua, para determinar su agresividad | 95,70 | 765,60 |
| G01110130 | 3,00 | ud | Determinación de la estabilidad de los áridos frente a la acción de las soluciones de sulfato sódico o magnésico (5 ciclos) | 67,70 | 203,10 |
| G01110131 | 3,00 | ud | Determinación del coeficiente micro-deval húmedo y friabilidad | 191,49 | 574,47 |
| G01110134 | 3,00 | ud | Determinación del índice de abrasividad cerchar | 26,60 | 79,80 |
| G01110135 | 3,00 | ud | Determinación del índice de schimazek | 131,87 | 395,61 |
| G01110138 | 15,00 | ud | Determinación del contenido de sales solubles de los suelos | 37,21 | 558,15 |
| G01110139 | 5,00 | ud | Determinación del índice de lajas y agujas | 63,80 | 319,00 |
| Control auscultación y seguimiento | | | | | |
| G07010003 | 8,00 | ud | Arqueta para protección de elementos de instrumentación | 61,97 | 495,76 |
| G07010004 | 150,00 | m | Tubería de inclinómetro doblemente ranurada en aluminio anodizado i/ elementos auxiliares | 23,26 | 3489,00 |
| G07010010 | 2,00 | ud | Piezómetro de cuerda vibrante completamente instalado a profundidades comprendidas entre 5 y 20 m i/ cableado hasta caseta de control | 754,73 | 1509,46 |
| G07010011 | 160,00 | m | Tubería para piezómetro abierto de 51 mm de pvc y engravillado | 20,03 | 3204,80 |
| G07010021 | 50,00 | m | Perforación desde superficie a destroza con 116 mm o inferior i/ montaje, cementado e instalado en arquetas de referencia de nivelación, inclinómetros, extensómetros piezómetros según corresponda | 80,32 | 4016,00 |
| G07010051 | 7,00 | ud | Taladro en solera de túnel | 100,00 | 700,00 |
| G07010053 | 350,00 | m | Auscultación continua del revestimiento de un túnel con láser escáner o similar para el mapeado de patologías posicionado con coordenadas absolutas | 3,50 | 1225,00 |
| G07010054 | 350,00 | m | Mapeado de patologías en escaneado de revestimiento de túnel | 4,00 | 1400,00 |
| G07010055 | 10,00 | ud | Punto de agua superficial o subterránea inventariado, fotografía, localización, aforo, registro en base de datos | 15,00 | 150,00 |



| | | | | | |
|-----------|--------|----|--|--------|---------|
| G07010058 | 6,00 | ud | Limnógrafo electrónico y autónomo para registro automático de las variaciones de nivel de agua y temperatura en sondeos, incluido suministro e instalación | 845,00 | 5070,00 |
| G07010059 | 2,00 | ud | Registrador electrónico y autónomo para medida de las variaciones presión atmosférica y compensación en las medidas de variaciones de nivel de agua incluso suministro e instalación | 600,00 | 1200,00 |
| G07010060 | 160,00 | m | Cable de acero inoxidable trenzado de 2 mm de diámetro para suspensión de limnógrafo o registrador de presión incluyendo los accesos necesarios | 1,90 | 304,00 |

| | |
|--|-------------------|
| Presupuesto Ejecución Material: | 270.078,74 |
| GASTOS GENERALES (9%) | 24.307,09 |
| BENEFICIO INDUSTRIAL (6%) | 16.204,72 |
| TOTAL SIN IVA | 310.590,55 |
| | <hr/> |
| I.V.A. (21%) | 65.224,02 |
| TOTAL CON IVA | 375.814,57 |

El Presupuesto Base de Licitación asciende al total con IVA (21%) de 375.814,57 €.





**SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACION AMBIENTAL Y LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL TÚNEL 40 Y ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA DEL P.K.
277+400. LÍNEA LEÓN – A CORUÑA. PROVINCIA DE ORENSE**

ANEJO Nº 3

INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS GEOLÓGICO–GEOTÉCNICOS



ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. TRABAJOS Y ENSAYOS DE CAMPO | 3 |
| 1.1. Condiciones generales..... | 3 |
| 1.2. Sondeos mecánicos | 3 |
| 1.3. Calicatas..... | 12 |
| 1.4. Ensayos de penetración..... | 13 |
| 1.5. Ensayos de penetración estática CPT y CPTU..... | 14 |
| 1.6. Ensayos de corte en el interior de sondeos (vane-test) | 15 |
| 1.7. Ensayo de carga con placa | 15 |
| 1.8. Ensayos de carga con placa dinámica..... | 16 |
| 1.9. Investigación geofísica | 16 |
| 1.10. Testificación geofísica de sondeos | 23 |
| 1.11. Ensayos sísmicos en Sondeo (Cross-Hole y Down-Hole) | 25 |
| 1.12. Ensayos de bombeo | 26 |
| 1.13. Supervisión de los trabajos y ensayos de campo | 26 |
| 2. ENSAYOS DE LABORATORIO | 27 |
| 2.1. Condiciones generales..... | 27 |
| 3. PRESENTACIÓN DE TRABAJOS Y ENSAYOS DE CAMPO..... | 31 |



1. TRABAJOS Y ENSAYOS DE CAMPO

1.1. Condiciones generales

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

Todos los equipos de trabajo deberán estar en buenas condiciones durante el desarrollo de la campaña. Si a juicio de la Dirección algún equipo fuera inadecuado, deberá ser reemplazado por otro a costa del Consultor.

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

Cada equipo de trabajos de campo (sondeos, calicatas, estaciones geomecánicas, 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, esclerómetro, penetrómetro de bolsillo, aparato vane-test de bolsillo, sonda piezométrica eléctrica que permita alcanzar la máxima profundidad perforada y ácido clorhídrico diluido para la determinación cualitativa del contenido de carbonatos. Con objeto de aumentar la confidencialidad de la documentación manejada en campo, en ningún plano figurará el nombre o logotipo del ADIF o del Consultor ni se hará alusión alguna a la denominación del Contrato.

La situación de los sondeos, calicatas y penetrómetros se determinará preferentemente por métodos topográficos clásicos, debiendo quedar localizados por referencias a puntos fijos bien identificados. En este caso, la cota será determinada por nivelación geométrica. En el caso de utilizarse sistemas de posicionamiento por satélite GPS, el error en coordenadas (x,y,z) deberá ser inferior a 5 m, en cuyo caso, se elaborará una nota técnica a entregar al Director del Contrato en la que se recoja la precisión del método.

Al menos se comprobará en cinco puntos que los errores de coordenadas entre la cartografía y las coordenadas medidas en campo son menores que estos 5 m. Con los resultados obtenidos se propondrá un método detallando sus variables (datum, elipsoide y otros) y los equipos a emplear.

1.2. Sondeos mecánicos

Situación de sondeos

Los sondeos se llevarán a cabo en los puntos previstos en el proyecto de reconocimientos, en donde los datos obtenidos permitan asegurar el cumplimiento del objeto de su perforación, cuidando de minimizar la ocupación de viales, la afcción 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 adecuados. Si fuera necesario, se realizarán calcatas por medios manuales hasta superar la profundidad de dichos servicios.

Los lugares a perforar 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 la actuación. Se insistirá en que se mantenga la limpieza del área de trabajo, debiéndose respetar las normas de seguridad en las diferentes maniobras y la utilización de los E.P.I (equipos de protección individual) por parte de los sondistas. Se pondrá especial atención en la delimitación del perímetro del área de trabajo para evitar la entrada a personal ajeno a los trabajos o que no disponga de las medidas de protección reglamentarias.

Asimismo, se observará que el material esté en todo momento en buenas condiciones, con objeto de evitar accidentes o incidentes y conseguir que los resultados obtenidos sean del todo fiables.

Las bocas de los sondeos terminados quedarán protegidas con tapas metálicas y estarán enrasadas con el terreno o vial, disponiendo sistemas de apertura con herramientas específicas, preferiblemente llave Allen, que permitan la medida regular del nivel piezométrico. Se colocará una arqueta en cada boca de sondeo con posterioridad a su cajeo y recibido con mortero.

Se procederá al adecuado cierre y compactación de las pozas de decantación de lodos inmediatamente después de finalizados los sondeos, así como a su señalización, por motivos de seguridad, mientras permanezcan abiertas durante la ejecución de los mismos.

A petición expresa del Director del Estudio podrá procederse al sellado de los sondeos. Dicha operación se realizará siempre de abajo a arriba.

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

Deberá comunicarse, con la debida antelación y por escrito, la fecha de llegada al tramo, PK, tipo de máquina y propiedad de cada sonda conforme al plan de trabajos previsto aprobado. Deberá comunicarse por escrito la salida de cada sonda y el motivo.

Prescripciones generales

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

Ocasionalmente el Director del Estudio podrá ordenar o autorizar la perforación a rotoperusión, con o sin recuperación del detritus y con la entubación que se precise para otras operaciones o ensayos posteriores.



El diámetro del taladro en sondeos en suelos será siempre igual o superior a 101 mm (con un diámetro de testigo igual o superior a 84 mm), y en sondeos en roca, perforados con sistema convencional, a 86 mm con un diámetro del testigo igual o superior a 72 mm. Se emplearán, en todo caso, diámetros de perforación suficientes para garantizar que se alcanza el fondo del sondeo con dichos diámetros mínimos. Cualquier cambio en los diámetros mínimos debe estar previamente justificado por el Consultor y autorizado por la Dirección.

En sondeos perforados con sistema wire-line, el diámetro mínimo será el correspondiente al tipo HQ. La perforación con diámetros inferiores requerirá la aprobación de la Dirección.

Se empleará maquinaria de perforación de características apropiadas para alcanzar la profundidad prevista, no siendo de abono los sondeos que no alcancen dicha profundidad. En caso de pérdida del sondeo o de no alcanzar la profundidad requerida, el Consultor deberá repetir el sondeo a su costa o reperfilarlo.

Para estabilizar los sondeos, cuando se perfore con adición de agua, si fuera preciso, se utilizará entubación metálica. 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 2,0 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 2,0 m. Se evitará la práctica de realizar sistemáticamente un ensayo S.P.T. a continuación de una toma de muestra inalterada.

Se intensificará la toma de muestras en los metros más superficiales, reduciéndose el intervalo entre tomas a 1,5 metros.

En los casos en que la elevada dureza del terreno no permita tomar muestras inalteradas convencionales, se parafinarán porciones representativas del testigo obtenido. En ningún caso se tomará testigos parafinados en tramos de terreno en los que puedan tomarse muestras inalteradas.

En los sondeos en suelos se procederá a efectuar un ensayo S.P.T. al finalizar el sondeo. En sondeos en roca se tomará un testigo parafinado.

Cuando se detecten suelos blandos se procederá al muestro mediante el tomamuestras de pared delgada.



No obstante, el Director del contrato 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 piezométrico o ligeramente por encima del mismo. Tanto la herramienta de perforación, como el tomamuestras del ensayo 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 todo caso, la longitud realmente ejecutada de todos los sondeos estará justificada en base a las características geotécnicas del terreno atravesado y a la tipología y características de la cimentación propuesta.

En roca, se perforará a rotación, utilizando batería doble y con extracción de testigo continuo. 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 de la Dirección, 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 la Dirección 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.

En sondeos inclinados con longitud superior a 70 metros deberá medirse y registrarse la desviación producida.

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, la Dirección podrá ordenar la utilización de baterías especiales, refrigeradas por aire, y/o la utilización de baterías triples, dotadas de camisa de fibra de vidrio, baterías bipartidas u otras.

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 la canaleta. Se considerará como elemento imprescindible la utilización de canaleta para la colocación del testigo. Una vez dispuesto todo el testigo recuperado en la canaleta, se medirá la recuperación obtenida, se anotará si "falta" o "sobra" testigo y se anotará la causa. A continuación se cortará y colocará correctamente en la caja portatestigos suministrada por el Consultor, siguiendo la secuencia en que fue obtenido y empezando siempre por el final, disponiendo separadores entre las diferentes maniobras realizadas y delimitando las cotas de toma de muestras (S.P.T., muestras inalteradas, testigos parafinados, etc.). En caso de pérdida de testigo se indicará en la caja correspondiente.

Además del porcentaje de recuperación, se determinará para todos los testigos de materiales rocosos el índice de calidad de roca (RQD). 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.

La testificación geológico-geotécnica deberá realizarse "in situ" de forma simultánea a la perforación o inmediatamente después de la misma, no debiendo retrasarse. La zona de trabajo para realizarla estará fuera de peligro, de caídas accidentales de materiales, donde no se entorpezcan las labores del sondista, donde no se acumule o circule agua y con espacio suficiente para poder extender las cajas del sondeo.

El sondista 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 podrá ser solicitado por la Dirección del Contrato.

El técnico supervisor deberá llevar también un registro del sondeo, con el contenido mínimo que se detalla en este Pliego. Este registro o parte de campo, ejecutado en tiempo real, deberá estar en todo momento a disposición del Director del Estudio para comprobación de la marcha del sondeo. Una vez terminado el sondeo, se entregará al menos una copia del parte de campo a la Dirección.

La clasificación y descripción de los suelos y rocas se efectuará de acuerdo a los criterios de las Sociedades Españolas de Mecánica de Suelos y Rocas y de las prescripciones indicadas en este Pliego.

Ensayos de penetración estándar

Tanto el equipo utilizado como el procedimiento operativo del ensayo se ajustará a lo establecido en la Norma UNE-EN ISO22476-3. No obstante, si el tomamuestras penetra los 450 mm indicados en la misma, siguiendo una norma de buena práctica, se hincará el tomamuestras otros 150 mm más anotando el golpeo correspondiente. La longitud del tomamuestras se ajustará a la longitud ensayada.

Se dispondrá de un certificado de calibración del valor de Er bajo la cabeza de impacto o yunque, para cada uno de los equipos utilizados.



Toma de muestras inalteradas 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 de la Dirección. Este tipo de tomamuestras, en número razonable, con los complementos necesarios par 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. 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 hincada 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. Con anterioridad al sellado de la muestra se procederá a hincar el penetrómetro de bolsillo y el aparato Vane-test de bolsillo, en los extremos de la misma, anotando las medidas obtenidas.

Cuando la resistencia del terreno sea elevada impidiendo la toma de muestras inalteradas o la realización de ensayos SPT 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, la Dirección 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.

Toma de muestras de agua

Cuando se encuentra agua en el terreno en alguno de los puntos de reconocimiento (sondeos, calcatas, etc.), se procederá a la toma de muestras para estudiar su agresividad y/o calidad, garantizando siempre que se trata del agua del propio terreno. 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, procediéndose 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.

Mediciones del nivel piezométrico

El Consultor deberá llevar un registro del nivel piezométrico en todos los sondeos, no sólo durante la perforación, sino también tras su finalización, al menos hasta la terminación de la campaña de campo. 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 Director del Estudio, 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 piezométrico y posibles comprobaciones de la profundidad del sondeo. Este tubo tendrá un diámetro útil entre 60 y 100 mm, sus uniones irán soldadas o roscadas y sus extremos se taparán y protegerán adecuadamente. No serán de abono tubos de diámetro inferior al indicado.

Los tubos piezométricos se nivelarán cuidadosamente, dejando en el extremo libre una referencia de nivel. El Consultor tomará las medidas necesarias para evitar el atarramiento u obstrucción 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 piezométrico, 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 preverá la colocación de un revestimiento provisional de las características que se precisen.

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

Durante la realización de la campaña de campo el Consultor efectuará diariamente una medición del nivel piezométrico en todos los sondeos terminados hasta su estabilización. Una vez estabilizado éste, las medidas podrán espaciarse hasta una medición por semana. Como criterio general se considerará que un nivel está estabilizado cuando no existen diferencias en las medidas efectuadas a lo largo de una semana. La Dirección podrá modificar esta secuencia de medidas, en función de las características hidrogeológicas existentes.

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, deberá realizarse siempre un achique de la misma, total o parcial, al finalizar el sondeo, controlando los niveles de achique y las posibles recuperaciones de nivel, de modo que pueda garantizarse la posición del posible nivel piezométrico. Por lo tanto, el Consultor deberá disponer, a pie de obra, del adecuado equipo para realizar estos achiques (cacillo, minibomba, aire comprimido, etc.). La Dirección podrá solicitar achiques adicionales si las condiciones hidrogeológicas así lo requieren.



El Consultor llevará un registro de estos niveles, en el que se indique para cada sondeo la fecha de finalización, profundidad del sondeo, medición del nivel al acabar el sondeo, medición tras el achique y sucesivas mediciones. Dicho registro contendrá información sobre la naturaleza de los niveles indicando si corresponden, a su juicio, a niveles freáticos, niveles colgados, etc., así como sobre las incidencias que puedan haber influido en los niveles medidos, tales como lluvias, riegos, mareas, etc.

En el caso de sondeos surgentes, se procederá al control de los caudales de surgencia con un ritmo de medidas ajustado a la magnitud de los mismos y se instalarán manómetros en las bocas de los sondeos.

Si se considerase necesario, el Consultor propondrá a la Dirección la instalación de piezómetros cerrados (preferentemente de cuerda vibrante) en el interior del sondeo. El sensor del piezómetro tendrá una precisión superior al 0,5%, y un rango de medida suficiente para las presiones esperadas. Si en un mismo sondeo se quisieran determinar los niveles piezométricos de los posibles acuíferos interceptados en el mismo, se aislarán éstos disponiendo lechada de cemento, bentonita-cemento o bentonita granular entre uno y otro piezómetro. Todas las operaciones de suministro, transporte, colocación, engravillado, sellado, cableado y tiempos de espera están incluidas en la unidad correspondiente.

Los diferentes piezómetros de cuerda vibrante colocados en un sondeo, dispondrán de sus correspondientes cables conectados a una caja de bornes con protección a la intemperie. El Consultor entregará a la Dirección un esquema con la disposición de los piezómetros en cada sondeo y propondrá la secuencia de las medidas a realizar. Asimismo, deberá entregar un certificado de calibración de los mismos con las constantes de conversión frecuencia-presión y la lectura de presión cero.

Ensayos de permeabilidad "in situ"

Si las características de la obra a proyectar o del propio terreno lo aconsejan, se procederá a la realización de ensayos de permeabilidad "in situ". El tipo de ensayo, preferentemente Lugeon o Lefranc, se decidirá según la naturaleza y estado del terreno.

En roca se realizarán ensayos Lugeon, reservándose los ensayos Lefranc para suelos y rocas muy fracturadas. Cualquier otro tipo de ensayo de permeabilidad "in situ" requerirá la autorización previa de la Dirección.

El ensayo Lugeon se realizará durante la ejecución del sondeo, comenzando por el fondo y de forma ascendente, o una vez finalizado éste. Para ello se inyectará agua a presión, en escalones sucesivos de carga y descarga de 0, 1, 2, 5 y 10 kp/cm², manteniendo la presión constante en cada escalón durante un periodo de 10 minutos y midiendo las admisiones producidas. Se ensayarán tramos de sondeo de unos 5 m, aislando el tramo de ensayo del resto mediante dos obturadores, o uno sólo si el ensayo se realiza en el fondo del sondeo. Se utilizarán preferentemente obturadores hinchables.

La inyección se realizará mediante bomba, midiendo la presión con manómetro y el volumen inyectado con un contador de agua o un recipiente tarado. Se utilizarán bombas de 150 l/min cuando se trabaje a una presión de 10 Kp/cm².

Deberán siempre alcanzarse los 10 kp/cm², excepto en rocas blandas en las que se recomienda no superar los 5 kp/cm².



Los resultados del ensayo Lugeon se representarán en función de la profundidad, de forma gráfica, en unidades Lugeon, o caudal de admisión en l/min x m en función de la presión ensayada, indicando también el coeficiente de permeabilidad equivalente.

El ensayo Lefranc se realizará en el interior de un sondeo, durante su ejecución o una vez finalizado, para determinar el coeficiente de permeabilidad k en suelos permeables o semipermeables de tipo granular (aluviales, arena, limo) con velocidad de flujo lenta y situados bajo el nivel freático, o en rocas muy fracturadas.

Este ensayo se podrá realizar midiendo los caudales (a régimen permanente) o midiendo los niveles (a régimen variable). Si durante su ejecución la inestabilidad del terreno lo aconsejara, se procedería a rellenar con gravilla el tramo de ensayo.

En el ensayo Lefranc a régimen permanente, como norma general, deberá medirse el caudal de admisión cada 5 minutos, manteniendo constante el nivel en la boca del sondeo durante 45 minutos. Si la admisión es muy alta, deberá medirse cada minuto durante los 20 primeros y después cada 5 minutos hasta llegar a los 45 minutos. El k del tramo será el promedio de todos los valores obtenidos. Se utilizará sonda eléctrica, cronómetro y medidor de volúmenes de agua.

El ensayo a régimen variable se realizará preferentemente de forma descendente. La carga máxima de agua no excederá de 10 metros medidos desde el centro de la cámara filtrante y la longitud de ésta no excederá de 5 m. Se utilizará sonda eléctrica y cronómetro, realizándose al menos 5 observaciones tomando los tiempos de observación de acuerdo a la velocidad de descenso/ascenso del nivel de agua en el tubo. Para cada una se registrará la profundidad del tramo ensayado y demás datos geométricos, así como las sucesivas posiciones de la lámina de agua con el tiempo. Los puntos de observación se representarán en una gráfica descensos/tiempo.

En cada sondeo de túnel deberá realizarse, al menos, un ensayo de permeabilidad "in situ", Lugeon o Lefranc, realizado a cota de túnel. En los sondeos en terrenos aluviales se realizará al menos un ensayo Lefranc si se prevé proyectar rellenos apoyados sobre los mismos.

En todos los ensayos deberá describirse siempre la metodología seguida e indicarse las relaciones presión-admisión o carga de agua-admisión, para cada tramo ensayado, a fin de estimar la permeabilidad y/o inyectabilidad del terreno.

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 dilatométrico). 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.



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 para almacenaje de los testigos deberán protegerse siempre de la intemperie retirándose cada día al almacén. Bajo ningún concepto se abandonarán a la intemperie durante la noche en el mismo emplazamiento del sondeo. A tal efecto, el consultor dispondrá de un almacén próximo a la zona de trabajos para el acopio de las cajas de testigos.

Las cajas portatestigos preferentemente serán de plástico. El empleo de otros materiales (madera, cartón parafinado u otros) deberá ser aprobado previamente por la Dirección. En terrenos húmedos o arenosos saturados no es aconsejable la utilización de cajas de cartón parafinado por su escasa durabilidad.

Todas las muestras deberán conservarse en el laboratorio en un ambiente de temperatura y humedad controlados. 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 doce meses desde la fecha de finalización contractual en el laboratorio del Consultor o donde éste proponga previa notificación y visto bueno de la Dirección. 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 Director del Contrato con una antelación mínima de diez días a la fecha de eliminación.

1.3. Calicatas

Las calicatas se realizarán mecánicamente hasta una profundidad no inferior a 3,5 m, salvo que aparezca roca o que las características del terreno 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 m

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. La Dirección podrá requerir el empleo de martillo neumático.

La Dirección se reserva la facultad de requerir el empleo de maquinaria especial cuando considere necesario alcanzar mayores profundidades.

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 observasen indicios de humedad o rezume de agua, se mantendrá abierta la excavación al menos durante 30 minutos con el fin de valorar y estimar la posible 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. Durante la ejecución de las calicatas se procederá a la medición de la resistencia al corte sin drenaje mediante el aparato vane-test de bolsillo en las paredes de las calicatas. Se tomarán igualmente medidas con el penetrómetro de bolsillo. Si fuera necesario, se tomarán muestras inalteradas en las paredes de las calicatas.

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, en cortes de taludes o frentes de canteras, en calicatas o en sondeos con barrena helicoidal.

La toma de muestras en canteras debe ser al menos de 50 kg. y permitirá tener la cantidad adecuada para la realización de como mínimo los ensayos de granulometría y desgaste de Los Ángeles.

1.4. Ensayos de penetración

Ensayos de penetración dinámica tipo BORROS y DPSH

Para el ensayo tipo Borros se empleará una puntaza maciza de 16 cm² de sección cuadrada y un ángulo de 90º acoplada al extremo inferior de una barra de 32 mm de diámetro. La maza de golpeo deberá pesar 63,5 kg. y la altura de caída será de 50 cm.



Para el ensayo tipo DPSH, se empleará una puntaza maciza de 20 cm² de sección circular y un ángulo de 90º 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 preferentemente con el equipo DPSH. El uso del penetrómetro tipo Borros u otro similar, debe ser autorizado previamente por la Dirección.

Todos los ensayos se realizarán hasta alcanzar un rechazo de 100 golpes en 20 cm, o bien cualquier otro rechazo especificado por la Dirección.

En caso de producirse rechazo a menos de 2 m de profundidad o cuando lo considere preciso el Director del Estudio 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. Se indicará la profundidad del nivel piezométrico cuando sea posible su medición. Se registrará la longitud de varillaje mojado como una estimación de la misma.

1.5. Ensayos de penetración estática CPT y CPTU

Para la realización de los ensayos de penetración estática CPT deberán utilizarse equipos automáticos con punta eléctrica, que permitan medir independientemente la resistencia en punta y el rozamiento lateral. El cono normal (holandés) se hará penetrar en el suelo a una velocidad constante y lenta de unos 20 mm/seg y tendrá un ángulo de abertura en el vértice de 60º y un diámetro en el extremo de la punta de 35,7 mm, equivalente a un área de 1000 mm². Si el Director del Estudio lo considerase oportuno podría solicitar la utilización de conos diferentes para aplicaciones especiales. Las características geométricas del equipo, el procedimiento de ensayo, su ejecución y la presentación de resultados, se ajustarán a lo establecido en la norma UNE-103 804/93.

El dispositivo para la realización de los ensayos CPTU (piezocono) estará equipado con sistemas electrónicos de adquisición de datos y llevará instalado un sensor adicional situado en la punta eléctrica que permita el registro continuo en relación al tiempo, además de la resistencia en punta y el rozamiento por fuste, de las presiones intersticiales generadas durante la hincada (mediante señales analógicas o acústicas que se transforman en señales digitales y éstas se restituyen en forma gráfica o numérica mediante un ordenador situado en superficie). En función de los parámetros a investigar el Director del Estudio podrá solicitar la instalación adicional de otros sensores especiales.



1.6. Ensayos de corte en el interior de sondeos (vane-test)

Se realizará conforme a la norma ASTM D-2573.

Se utilizará un molinete formado por cuatro aspas con relación $H=2D$, siendo H la altura de las aspas y D el diámetro equivalente.

En suelos blandos, con $c_u < 50$ kN/m², se recomienda un tamaño del aspa de 75 mm de ancho y 150 mm de altura, mientras que en suelos algo más resistentes ($50 < c_u < 100$ kN/m²), un tamaño de 50 x 100 mm.

Este ensayo no se realizará en suelos de resistencia superior a 100 kN/m².

El ensayo se realizará en el fondo del sondeo, durante su ejecución o una vez finalizado, inmediatamente después de haber introducido el molinete a la profundidad requerida, y siempre antes de transcurridos 5 minutos para evitar distorsión en los resultados. El procedimiento de ejecución del ensayo requerirá hincar previamente, por métodos dinámicos o estáticos, el molinete en el suelo hasta una profundidad de 5 veces H y garantizar que la varilla no colabora a fricción. El par torsor en el extremo libre del varillaje se aplicará a velocidad constante entre 6 y 12 9/min.

El ensayo requerirá una cadencia intensa en su ejecución en cada punto del terreno a investigar (generalmente una vez por metro perforado),. La separación mínima entre puntos de ensayo a lo largo de la perforación será de 0.5 m.

La profundidad máxima de ejecución de este ensayo se limitará a 70 m, dependiendo de la naturaleza y características del suelo.

Los resultados incluirán los siguientes datos: momento torsor necesario para producir el corte del suelo, resistencia al corte del suelo inalterado y resistencia al corte del suelo remoldeado.

1.7. Ensayo de carga con placa

El ensayo de carga con placa circular se ajustará a lo establecido en la norma NLT 357/98.

En general, se utilizarán placas circulares de 30 cm de diámetro (La norma contempla emplear placas de 300, 600 y 762 mm). Si lo considera oportuno, el Director del Contrato podrá exigir el uso de determinado tamaño de placa, así como modificar el rango y secuencia de los escalones de carga. Siempre se realizarán como mínimo dos ciclos de carga-descarga. Como dispositivo de reacción se utilizará el más adecuado a las condiciones del ensayo y del emplazamiento en que éste se efectúe.

Una vez finalizado el ensayo, se procederá a la toma de una muestra en saco del suelo existente bajo la placa, para determinar la humedad natural y la densidad seca máxima y humedad óptima. En la zona más próxima posible a la ubicación del ensayo, aunque no afectada por las cargas, se determinará la densidad y humedad in situ del terreno.

Si para la realización del ensayo de carga con placa hubiera que realizar una excavación, deberá restituirse ésta adecuadamente, compactando por tongadas el material extraído, si procede, para lo cual se dispondrán los medios de compactación



necesarios. Por motivos de seguridad, la longitud máxima de los elementos de extensión para aplicar las cargas se limitará a 60 cm. Asimismo, la excavación no podrá superar 1,5 metros de profundidad, salvo que ésta quede inscrita en otra de mayor tamaño. En cualquier caso, el procedimiento para realizar el ensayo deberá requerir la aprobación previa del Director del Estudio.

1.8. Ensayos de carga con placa dinámica

Se efectuarán de acuerdo con la normativa ASTM E2835 – 11.

Siempre se realizarán como mínimo tres ciclos de aplicación de la carga, obteniéndose los módulos dinámicos en cada uno de ellos.

1.9. Investigación geofísica

Las técnicas geofísicas a aplicar deberán elegirse acertadamente en función del aspecto a investigar, la resolución, la penetración y las limitaciones de cada una de ellas.

Serán realizadas siempre por personal experto en el uso de las diferentes técnicas, tanto en las mediciones en campo como en su procesado e interpretación posterior.

Al tratarse de técnicas cuyos resultados se obtienen por métodos indirectos, deberán emplearse con precaución y su interpretación deberá estar siempre apoyada en métodos directos, tales como cartografía geológica de superficie, catas y sondeos, de modo que sus resultados sirvan de extrapolación.

Previamente a la ejecución de una campaña geofísica se hará un reconocimiento por la zona objeto de estudio, con el fin de verificar las condiciones en que se realizará ésta, quedando recogido en el documento de Propuesta de Campaña.

En los métodos de prospección eléctrica, para profundidades > 50 m, se deberá justificar expresamente que se alcanzan valores de voltaje en los electrodos de potencial suficiente para que la calidad de las medidas sea buena, mediante la utilización de un voltaje de inyección más elevado (>400 V), dispositivos electrónicos con baja K (Wenner), y suficientes niveles de investigación.

Los resultados obtenidos de los estudios geofísicos se representarán a la misma escala del proyecto y con el mismo sistema de representación, para que los datos geológicos y geofísicos puedan ser comparables de una manera directa.

Es responsabilidad del consultor garantizar que los aparatos empleados están debidamente calibrados. Se adjuntará al proyecto de reconocimientos los certificados correspondientes.

A continuación se incluyen las prescripciones de algunas de las técnicas más comunes. El empleo de otras distintas deberá contar con la autorización previa de la Dirección, para lo cual el Consultor realizará un informe específico indicando las características de la técnica a emplear, su objetivo y fiabilidad en base a sus limitaciones y condiciones de utilización.



Sondeo eléctrico vertical (SEV)

Se utilizará para la investigación de discontinuidades horizontales del subsuelo y posición del nivel freático, siempre que existan contrastes suficientes de resistividad entre las diversas capas del subsuelo, en medios estratificados horizontales o subhorizontales con extensión lateral de las capas muy elevada.

En caso de situarse los SEV cerca de conducciones eléctricas o elementos metálicos enterrados, se justificará dentro del documento de propuesta de campaña las condiciones en las que se debe realizar el ensayo para obtener una calidad óptima en la recogida de datos, por ejemplo, para paliar o eliminar las perturbaciones de origen industrial se utilizarán electrodos MN impolarizables, etc.

Se utilizarán preferentemente configuraciones tipo Schlumberger, debiéndose cumplir siempre la relación $MN < AB/5$ y se realizarán, al menos, 5 medidas por ciclo logarítmico. Para evitar problemas de polarización, se efectuarán al menos dos ciclos de inyección con polaridad cambiada en cada medida. El valor de potencial espontáneo (SP) se obtendrá también en cada medida.

La utilización de cualquier otra configuración será convenientemente justificada a la Dirección.

En la ubicación de uno de los SEV realizados, deberá ejecutarse un sondeo mecánico paramétrico que permita determinar el espesor y naturaleza de las distintas capas para un mejor ajuste y calibración del modelo.

Los datos obtenidos en campo deberán interpretarse en gabinete. Las curvas de campo de los SEV se representarán en gráficas bilogarítmicas con la variación de la resistividad aparente (ρ_{ap} en $\text{Ohm}\cdot\text{m}$) en función de la separación interelectródica $AB/2$ (semiapertura de ala en m).

Una vez interpretadas las curvas de resistividad, se presentarán los resultados con los valores de resistividad real en $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ y los valores de espesor en metros, confeccionándose perfiles geoelectricos que han de correlacionarse 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%. Para disminuir la incertidumbre en la interpretación, se realizará un análisis de equivalencia de cada SEV, representando las curvas equivalentes de resistividad vs profundidad superpuestas a la de menor error obtenido.

El informe presentado deberá incluir, al menos, los siguientes documentos:

- Datos originales medidos en campo (incluyendo Potencial espontáneo, voltaje medido, intensidad de corriente y constante de configuración geométrica).
- Curvas de campo de los SEV con Resistividad aparente frente a $AB/2$.
- Perfil geoelectrico del terreno con los valores de resistividad real del subsuelo y la correlación geológica correspondiente con la situación de los sondeos realizados.



Tomografía eléctrica

Los levantamientos utilizarán preferentemente los siguientes parámetros:

- Número de electrodos: Al menos de 16 electrodos, siendo preferible un número mayor (de 24, 48 o más).
- Separación de electrodos: Hasta 10 m de máximo, en función del objetivo del estudio.
- Niveles de investigación: Dependerá de la profundidad a investigar, pero preferiblemente superior a 10.
- Configuración electródica: En general se utilizará Schlumberger. La utilización de dispositivos focalizados, tipo polo-dipolo, polo-polo o dipolo-dipolo se justificará en su caso. En el caso de utilización de dispositivos dipolo-dipolo, se combinarán con otros dispositivos (Schlumberger, Wenner, etc.) para niveles de investigación superiores a 5, debido a su alta constante de configuración geométrica. Cuando se utilicen varios dispositivos electródicos en una misma sección se solaparán, al menos, dos niveles de investigación.

El informe de tomografía eléctrica presentado 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.
- Descripción del software y/o algoritmos utilizados en la inversión, así como el tipo de inversión realizada (robusta, suavizada,...). En ningún caso se realizarán inversiones de modelos ampliados ("extended models") a las zonas donde no se hayan realizado medidas.
- 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. Estas secciones se representarán a la misma escala del Proyecto, y la escala de colores será la misma para todas las secciones realizadas en el estudio.
- Ficheros digitales con los datos originales de campo.

Sísmica de refracción

Su aplicación requerirá que la velocidad V_p de las capas subyacentes en el terreno aumente con la profundidad, condición indispensable para que se produzca la refracción crítica de las ondas según la Ley de Snell. En caso de tener la certeza de que no se cumpla dicha condición, la utilización de esta técnica se justificará dentro del documento de propuesta de campaña, o bien se propondrá otro estudio alternativo que permita analizar la presencia de capas de baja velocidad en profundidad ("inversiones de velocidad").

En caso de que las litologías presenten anisotropías no horizontales (estratificación, esquistosidad,...), se realizará al menos un perfil transversal a la dirección de la anisotropía.



Se emplearán dispositivos constituidos por implantaciones de 12 o de 24 geófonos, espaciados de 2 a 5 metros, configurando implantaciones desde 24 hasta 100 metros, en función de la profundidad a investigar. En el caso de 12 geófonos se efectuará un mínimo de cinco tiros equidistantes (uno central, dos interiores y dos exteriores a unos 5 metros de ambos geófonos extremos) y de siete en el caso de 24 geófonos (uno central, cuatro interiores y dos exteriores a unos 5 metros de los geófonos extremos).

En caso de que varias implantaciones sísmicas se dispongan contiguas para configurar un perfil sísmico se solaparán al menos los dos últimos geófonos de la implantación anterior con los dos primeros de la siguiente para reducir la pérdida de información, y asegurar el recubrimiento de todo el perfil, aunque, en principio, se dará preferencia a la utilización de dispositivos largos.

En el caso de profundidades de investigación elevadas para el método (>25 m) se deberá demostrar que existe recubrimiento en ida y vuelta del refractor basal, mediante la realización de tiros lejanos. En estos casos es recomendable generar la señal con métodos de impacto, impulsivos o vibradores distintos al impacto de un martillo sobre una placa metálica apoyada sobre el terreno, que aseguren un registro de calidad. Cualquier otro dispositivo diferente al uso convencional de martillo sobre placa requerirá de la correspondiente propuesta y autorización previa de la Dirección.

El procesado e interpretación de los registros sísmicos de refracción obtenidos para determinar la distribución de los valores de V_p del terreno en la sección sísmica se podrá realizar al menos por el Método Recíproco Generalizado o equivalentes, y preferiblemente mediante métodos de tipo tomográfico que permitan su representación con distribución continua. El uso de cualquier otro método requerirá el permiso previo de la Dirección.

El informe sísmico de refracción presentado deberá incluir, al menos, los siguientes documentos:

- Gráficos tiempo-distancia (curvas dromocrónicas) y distribuciones de Velocidad de ondas p en profundidad a la escala del Proyecto. Se utilizará la misma escala de colores en todas las secciones del estudio.
- Interpretación de las secciones sísmicas interpretadas en base a los datos geológicos disponibles con indicación de los valores de V_p , espesor de cada capa y límites entre material excavable, ripable o que requiera explosivos. Se utilizarán correlaciones V_p /ripabilidad que tengan en cuenta factores geológicos (litología, diaclasado, etc...).
- Sismogramas de, al menos, los dos tiros exteriores de cada implantación y del tiro central.
- Registros digitales con los datos originales de campo.

En los gráficos tiempo-distancia (dromocrónicas) se considerarán inaceptables errores superiores al 5 % en el valor de los tiempos recíprocos.

En el caso de realizar la inversión mediante tomografía sísmica de superficie para obtener el modelo de velocidades, se utilizará preferiblemente un número de disparos no inferior a 5 por sección, y se deberán proporcionar las dromocronas medidas y calculadas para el modelo de velocidades ajustado, así como el trazado de los rayos.



Sísmica de reflexión

Se aplicará específicamente en la detección de contactos horizontales o de bajo buzamiento (alrededor de unos 30°), no siendo adecuado para el estudio de discontinuidades subverticales o zonas muy estructuradas en cuyo caso se justificará a la Dirección.

Se operará según la técnica Common Depth Point (CDP), para mejorar la relación señal/ruido en la sección sísmica resultante y obtener distribuciones de velocidades dinámicas que permitan calcular profundidades. Se realizará una corrección estática refiriendo los datos a un plano de referencia ("datum plane").

El espaciado entre geófonos será de 5 a 10 m y el espaciado entre puntos de tiro será el necesario en cada caso para obtener una cobertura ("fold") como mínimo del 120 % para aumentar la relación señal/ruido en las secciones sísmicas resultantes.

El sismógrafo a utilizar dispondrá como mínimo de 24 canales, y preferiblemente 48 ó 96, y los geófonos deberán tener una frecuencia natural igual o mayor de 35 Hz.

Al inicio de los trabajos se deberán realizar los ensayos de campo necesarios para determinar la distancia óptima ("offset") en cada caso del dispositivo de registro, entre el punto de tiro y el primer geófono activo, en función de la profundidad a investigar, velocidad de las capas del subsuelo, longitud del dispositivo de medida y espaciado entre geófonos. Estos ensayos y sus resultados deberán quedar documentados en el informe.

La generación de la señal sísmica habrá de hacerse, dependiendo de la profundidad a investigar, mediante métodos de impacto, impulsivos o vibradores de la suficiente energía para asegurar un registro de calidad. No se permite la utilización del impacto de un martillo sobre una placa metálica apoyada sobre el terreno.

Cuando existan pozos, especialmente con diagráfias de velocidades sísmicas (sonic logs), deberán proporcionarse al consultor, para que tenga en cuenta estos datos a la hora de realizar el análisis de velocidades y poder restituir la posición en profundidad de los reflectores.

El informe sísmico de reflexión presentado deberá incluir, al menos, los siguientes documentos:

- Secciones sísmicas distancia-tiempo y distancia-profundidad sin ninguna interpretación a la escala longitudinal del Proyecto. Se incluirán los resultados del análisis dinámico de velocidades y la posición de los mismos en la sección.
- Sección distancia-tiempo interpretada, y restitución en profundidad de la interpretación geológica.
- Sección distancia-profundidad con la interpretación geológica superpuesta.
- Sismogramas representativos del estudio; al menos los correspondientes al 10 % de los tiros.

En el informe deberá explicarse con detalle la secuencia de procesado con indicación de los filtros empleados y especialmente el análisis de velocidad aplicado para el cálculo de la sección sísmica distancia-profundidad a partir de la sección distancia-tiempo.



Sísmica pasiva (Refracción por Microtremor –ReMi–)

Esta técnica se aplicará para controlar la posición y espesores de rellenos, zonas alteradas, y zonas de baja velocidad en profundidad, así como para calcular módulos elásticos.

Se emplearán dispositivos constituidos por implantaciones de 24 geófonos, espaciados entre 1 y 5 metros. Para cada una de estas implantaciones se tomarán al menos 10 registros de 30 segundos de duración. Se utilizarán preferiblemente geófonos con frecuencia de corte entre 4,5 y 10 Hz aproximadamente. El intervalo de muestreo habitual en estas medidas es de 2 ms (frecuencia de muestreo de 500 Hz).

Para el análisis de las ondas superficiales se empleará preferiblemente el análisis espectral de Louie (2001).

Para enriquecer el registro espectral en frecuencias más altas (>50 Hz), se efectuarán de 3 a 5 golpes repartidos aleatoriamente a lo largo de la línea durante el tiempo de adquisición.

Los valores de Vs obtenidos se representarán en forma de diagramas velocidad-profundidad para cada una de las implantaciones efectuadas. En caso de disponerse de varias implantaciones contiguas los resultados se representarán como secciones bidimensionales. El solape entre implantaciones contiguas será de al menos tres geófonos.

En el caso de posibles variaciones laterales importantes de velocidad (ej. zonas kársticas), y si existe suficiente ruido ambiente, se realizarán inversiones en 2D mediante la interpretación de los registros de 4 a 6 geófonos de manera consecutiva, solapando dos geófonos con el anterior conjunto de trazas.

El empleo de otros métodos sísmicos basados en análisis de Ondas Superficiales (SASW y MASW se justificara a la Dirección indicando los objetivos perseguidos y sistemática de realización.

Para cada una de estas configuraciones se incluirán los siguientes datos:

- Registros digitales con los datos originales de campo (sismógrafo de 24 canales).
- Diagrama velocidad aparente de fase en función de la frecuencia (resultado del análisis espectral).
- Curva de dispersión (Velocidad de fase / Frecuencia o Periodo).
- Gráfico Vs con la profundidad a la misma escala del proyecto, interpretado según los datos geológico-geotécnicos disponibles, con identificación de los espesores de capas.

Geo-radar (GPR)

Para planificar la campaña de investigación se tendrán en cuenta factores tales como el contraste en las propiedades eléctricas de los materiales, la penetración y la resolución, que dependen del terreno, de la frecuencia de la antena empleada y del ruido electromagnético presente.



La separación entre medidas y/o la velocidad de desplazamiento será la necesaria para conseguir mayor resolución lateral en las secciones y se podrán utilizar antenas de contacto o aéreas que permitan auscultar con la suficiente calidad.

Se distinguen dos tipos de Geo-radar:

El Geo-radar monofrecuencia (GPR-1F) utiliza dos antenas, una emisora y otra receptora, ambas de la misma frecuencia, que se van desplazando a lo largo de un perfil.

La selección de la frecuencia de las antenas será función del compromiso entre la resolución y la penetración a alcanzar, lo que requerirá repetir las medidas operando con diferentes frecuencias sobre los mismos perfiles. Se operará preferentemente con un rango de frecuencias de las antenas entre los 100 MHz y 1 GHz. La frecuencia de las antenas no será inferior a 100 MHz.

La interpretación de los registros de geo-radar 1-F debe basarse en la adecuada caracterización de la textura, amplitud, continuidad y terminación de las reflexiones. Deberá integrarse toda la información proporcionada por los diferentes perfiles con el resto de la información disponible del subsuelo a la misma escala (geología, sondeos, calicatas y otros datos geofísicos).

Para la estimación de las velocidades de propagación se realizarán estudios de CMP (Common Mid Point) de zonas con control en profundidad, y, en su defecto, se podrán utilizar tablas de constantes dieléctricas siempre y cuando se calibren con datos de espesores obtenidos de calicatas previas situadas en el perfil geofísico.

Se indicará el método de procesado de la señal y el software a emplear, así como las correcciones aplicadas.

Su utilización se restringirá a la detección de huecos o cavidades a profundidad somera. Cualquier otra aplicación requerirá la autorización previa de la Dirección. En cualquier caso, deberán tenerse en cuenta las características de los materiales presentes que puedan desaconsejar su utilización.

Geo-radar multifrecuencia 3D (Step-frequency).

En casos complejos en que se necesite una alta resolución se podrán utilizar los sistemas de radar 3D multifrecuencia, siempre bajo permiso expreso de la Dirección y justificando su necesidad.

Se operará con baja velocidad de desplazamiento para conseguir mayor resolución lateral en las secciones y se mantendrán las antenas en contacto permanente con la superficie a auscultar para mejorar la calidad del registro.

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.

La Dirección podrá exigir la ejecución posterior de alguna calicata en puntos del perfil elegidos al azar o sobre anomalías concretas, para comprobar la precisión de los espesores obtenidos con el geo-radar.



1.10. Testificación geofísica de sondeos

Se analizará en la Propuesta de Reconocimientos si las diferentes técnicas a emplear requieren que el sondeo esté sin entubar y si es necesario que contengan agua concretándose que alternativas existen en el caso de que finalmente no se den esas circunstancias.

Técnicas radioactivas.

Si se usan sondas radiactivas activas, será necesario seguir las estrictas normas de seguridad a que están sujetas y contar con los permisos pertinentes para su utilización, tanto del propio equipo como del personal operario. Habitualmente se emplean las siguientes sondas:

- Gamma natural.
- Gamma-gamma.
- Neutrón-neutrón.
- Neutrón-gamma.

Técnicas eléctricas.

- Resistividad.
- Potencial espontáneo.

Técnicas electromagnéticas

Radar de sondeo.

Inducción electromagnética.

Técnicas acústicas

- Sonda acústica de onda completa
- Televiwer acústico.

Otras técnicas

- Calibre
- Temperatura
- Verticalidad y azimut
- Televiwer óptico



Proceso de adquisición de la información :

Se testificará siempre de abajo a arriba, introduciendo la sonda hasta el fondo del sondeo y subiéndola a velocidad constante a la vez que se mide, a excepción de la sonda de temperatura con la que se testificará de arriba a abajo para no alterar el equilibrio térmico del fluido, y con la sonda de acimut y verticalidad que se medirá en ambas direcciones.

Respecto a las medidas a realizar, el contratista aplicará para cada sonda los procedimientos específicos del equipo utilizado. En cualquier caso, se establece que todas las sondas deberán desplazarse a muy baja velocidad (máximo 6 m/min) para incrementar la resolución vertical de los registros, excepto la sonda de flujometría que podrá desplazarse a velocidad máxima de 12 m/min.

En el caso concreto del registro acoustic televiewer, la velocidad máxima de registro será de 1,5 m/min. La sonda sónica de onda completa se desplazará durante los registros a una velocidad máxima de 3 m/min.

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 misma, con una precisión de centímetros así como su velocidad.

Con los datos obtenidos se elaborará un informe final que contenga las diagrfías correctamente representadas, la interpretación litológica de las mismas y las distintas características de los materiales atravesados en términos de interés geológico-geotécnico, 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 cuál es el software y/o el método a aplicar para la interpretación litológica o paramétrica de las diagrfías.

Se identificarán las diferentes unidades litológicas atravesadas por los sondeos, definiendo los contactos entre ellas y estableciendo la correlación entre sondeos cuando sea posible.

Los registros sónicos de onda completa deberán incluir los registros brutos y los gráficos con los valores de V_p , V_s , Módulo de Young (E), Módulo de Rigidez (G), Módulo de Bulk (K) y Coeficiente de Poisson (μ) deducidos en su interpretación. También se deben identificar en ellos las zonas de falla diferenciando entre fallas abiertas y fallas selladas. Los registros acoustic televiewer, además de las imágenes 3D o de la pared del sondeo desarrollada, deben incluir el análisis estructural completo del sondeo (diagramas de polos, diferenciación de familias de discontinuidades en función de la profundidad, etc.).

Siempre ha de completarse la testificación geofísica realizada con el perfil obtenido procedente de la testificación geológico-geotécnica del sondeo correspondiente, si la hubiere. Si en un mismo sondeo se utilizasen varias técnicas distintas, deberán compararse conjuntamente sus diagrfías resultantes.

A efectos de medición y abono, si tuviera que testificarse, tanto en el descenso como en el ascenso de la sonda por el interior del sondeo, se considerará como un único perfil. El consultor propondrá a la Dirección el tramo del sondeo a ensayar, siendo de abono únicamente el tramo ensayado.



1.11. Ensayos sísmicos en Sondeo (Cross-Hole y Down-Hole)

Para mejorar la identificación de las ondas S se requiere obtener en cada punto al menos dos registros independientes correspondientes a impactos orientados en sentidos contrarios a lo largo de una dirección.

Los registros se obtendrán de abajo a arriba, con geófonos triaxiales.

En el caso de que los sondeos se encuentren llenos de agua deberán usarse hidrófonos.

Cross-Hole: Se debe realizar según la norma D4428 ASTM (2007), donde se explican los procedimientos específicos que hay que seguir para la preparación de los sondeos, la adquisición de los datos y su interpretación.

Se requiere un mínimo de dos sondeos separados entre sí entre 3 y 5 metros.

Se deberá cuidar al máximo la ejecución de los sondeos y medir la dirección y el azimut en cada registro. Además, los sondeos se deben revestir de forma que se asegure el contacto íntimo entre la entubación y el terreno para evitar un mal acoplamiento que pueda provocar retrasos en los tiempos de llegada y atenúe la amplitud de las ondas. Asimismo, deberán fijarse bien los geófonos a la pared del sondeo para cada profundidad ensayada. Debe realizarse el ensayo poco tiempo después de finalizar el sondeo, con el fin de evitar la posible alteración de las paredes de la perforación.

Se deben realizar ensayos independientes para la medida de ondas P y S empleando las fuentes impulsivas más adecuadas para cada uno de los ensayos.

La profundidad de investigación puede alcanzar los 100 m y se recomienda la medida a intervalos de 1 m.

Los resultados se proporcionarán en forma de curvas de V_p , V_s y los diferentes módulos calculados, junto con la señal en bruto. Se proporcionará también una interpretación geológica de los datos a la misma escala del proyecto.

Down-Hole. Deberá seguirse la norma ASTM D7400 (08 Standard Test Methods for Down-Hole Seismic Testing).

Para cada posición del geófono triaxial situado a determinada cota en el sondeo es necesario realizar tres registros independientes que corresponden a un impacto vertical y a dos tangenciales de sentidos contrarios producidos en un mismo punto del terreno próximo a la boca del sondeo.

Se recomienda que el espaciado no sea superior a 1 m. para lograr una óptima resolución.

Para la determinación de V_s es indispensable utilizar un geófono de pozo de tres componentes (triaxial).



1.12. Ensayos de bombeo

Para la ejecución de los ensayos de bombeo se efectuará una perforación de un diámetro tal que permita la colocación de tubería de 200 mm de diámetro mínimo de rejilla en el tramo a ensayar y el engravillado correspondiente. El huso granulométrico de esta gravilla y la apertura del filtro se ajustarán a la naturaleza del terreno. Cada uno de estos pozos penetrará al menos 3 m por debajo de la base del acuífero. Se procederá al sellado de la parte superior del pozo con mortero de cemento. Posteriormente se procederá al desarrollo del pozo con aire comprimido.

Cada uno de estos pozos de bombeo llevará asociado al menos 4 piezómetros.

Los ensayos constarán de dos fases, una primera fase de bombeo escalonado para determinar el caudal de ensayo y una segunda fase de bombeo a caudal constante hasta alcanzar el régimen permanente y en cualquier caso, de al menos 24 horas de duración. Se controlará igualmente la recuperación del nivel durante la menos 24 horas. Los caudales se controlarán mediante tubo de Pitot.

El consultor dispondrá de un sistema de evacuación del agua bombeada lo suficientemente alejado del punto de ensayo para evitar el retorno de caudales a la zona afectada por el ensayo de bombeo.

Las medidas piezométricas en el pozo y piezómetros auxiliares se realizan con frecuencias de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 105, 120, 150 y 180 minutos y posteriormente cada hora, siendo este también el plan de medidas seguidas en las recuperaciones. Los niveles se controlarán mediante sondas eléctricas graduadas en centímetros.

Previamente a su ejecución, deberá entregarse una propuesta de construcción del pozo de bombeo así como un protocolo de ejecución del ensayo de bombeo previsto, para su aprobación por la Dirección.

Se empleará un procedimiento de interpretación adecuado a las características del ensayo, método de Theis y Jacob para el régimen no permanente y/o método descensos-distancias (o de Thiem) para el régimen permanente. Para cada uno de ellos se incluirán las curvas que permitan el cálculo de la permeabilidad, la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento.

1.13. Supervisión de los trabajos y ensayos de campo

Consistirá en la disposición permanente a pie de obra, salvo autorización expresa en contrario de la Dirección, de como mínimo dos técnicos expertos en la materia que serán los encargados de la supervisión y correcta ejecución de todos los trabajos de campo que se estén realizando, la testificación "in situ" de los sondeos y calicatas, la petición de permisos si fueran necesarios, etc. Estos técnicos actuarán según el plan de trabajos previsto o según indique el Director del Contrato, debiendo estar a disposición del mismo siempre que éste lo requiera.

Durante la realización de los trabajos, el Consultor deberá llevar un registro completo, numerado, exacto y legible de cada sondeo o tipo de prospección, que contendrá toda la información sobre las condiciones y naturaleza del terreno, las características del sistema de reconocimiento empleado, las incidencias producidas y la interpretación de los resultados. La Dirección podrá solicitar en cualquier momento al Consultor la entrega de dichos registros.



2. ENSAYOS DE LABORATORIO

2.1. Condiciones generales

Las muestras tomadas en los distintos reconocimientos se enviarán al laboratorio para realizar los correspondientes ensayos. Éstos dependerán del tipo de terreno, la calidad y la cantidad de la muestra extraída.

Los ensayos de laboratorio se efectuarán conforme a la propuesta aprobada por el Director del Estudio que figura en el Proyecto de Reconocimientos. Se seguirá la normativa vigente, preferiblemente normativa UNE o NLT o, en caso de no existir norma, las reglas de buena práctica establecidas. En cualquier caso el Consultor seguirá las indicaciones que reciba por parte de la Dirección.

El Consultor deberá utilizar sus propios equipos materiales y humanos ofertados, con prioridad respecto a los de sus colaboradores o subcontratistas. Estos equipos no podrán ser sustituidos por otros distintos sin la aprobación expresa previa de la Dirección.

Todos los equipos de trabajo deberán estar en buenas condiciones durante el desarrollo de los ensayos. Si a juicio del Director del Estudio algún equipo fuera inadecuado, deberá ser reemplazado por otro a costa del Consultor.

No serán de abono aquellos ensayos de laboratorio que no hayan sido aprobados previamente por la Dirección, que no hayan sido realizados siguiendo las especificaciones de este Pliego o cuyos resultados sean incorrectos o defectuosos sistemáticamente por causas achacables al Consultor.

ADIF se reserva la facultad de comprobar los resultados de los ensayos que, a juicio del Director del Estudio, ofrezcan alguna duda, para lo cual el Consultor dispondrá una muestra preparada al efecto. Dicha comprobación será por cuenta de ADIF, salvo en las situaciones en las que la diferencia obtenida, una vez cotejada, difiera notablemente del resultado ofrecido por el Consultor, en cuyo caso, éste abonará el coste del mismo.

El Consultor se compromete a comenzar cuanto antes los ensayos de laboratorio, desde el mismo inicio de los trabajos de campo aprobados en el Proyecto de Reconocimientos.

A continuación se indica la normativa de referencia para algunos ensayos.

| Denominación | Norma | UNE |
|---|------------|-------------------|
| Apertura y descripción de muestras. | ASTM-D2488 | EN ISO 14688-1/02 |
| Preparación de cada muestra para cualquier nº de ensayos. | NLT-101/72 | 103100/95 |
| Determinación de humedad natural. | NLT-102/91 | 103300/93 |
| Densidad aparente ó seca | | 103301/94 |
| Peso específico de partículas sólidas | | 103302/94 |
| Granulometría por tamizado, en suelos. | NLT-104/71 | 103101/95 |
| Proctor normal. | NLT-107/91 | 103500/94 |



| Denominación | Norma | UNE |
|--|----------------------------|--------------------------|
| Proctor modificado. | NLT-108/91 | 103501/94 |
| CBR de Laboratorio, normal o modificado, sin incluir Proctor. | NLT-111/78 | 103502/95 |
| Presión máxima de hinchamiento, en muestra inalterada o remoldeada. | ASTM D-3877 | 103602/96 |
| Hinchamiento libre, en muestra inalterada o remoldeada, en edómetro. | ASTM D-3877 | 103601/96 |
| Hinchamiento Lambe | | 103600/96 |
| Ensayo edométrico con curvas consolidación – tiempo | | 103405/94 |
| Ensayo de colapsabilidad | NLT-254/99 | 103406/06 |
| Compresión simple en suelos. | NLT-202/91 | 103400/93 |
| Compresión simple en suelos con presión lateral en célula triaxial | | 103402/98 |
| Corte directo en suelos. | ASTM-D3080 | 103401/98 |
| Corte sobre discontinuidades rocosas | | ISRM |
| Triaxial en suelos. | | 103402/98 |
| Permeabilidad en célula triaxial (1,5" – 2") | | 103402/98 |
| Permeabilidad en aparato triaxial ó edómetro de gran diámetro (4" a 9") | | 103402/98 |
| Permeabilidad bajo carga constante en suelos granulares | | 103403/99 |
| Triaxial en roca | | 22950-4/92 |
| Carbonatos (cuantitativos). | NLT-116/91 | 103200/93 |
| Límites de Atterberg | | 103103/94 y 103104/93 |
| Comprobación de la no plasticidad. | NLT-106/91 | 103104/93 |
| Determinación del límite de retracción. | | 103108/96 |
| Granulometría del material que pasa por el tamiz 0,080 UNE. (Sedimentación). | MELC-16-01-a NLT-152/89 | 103102/95 |
| Granulometría por tamizado en zhorras. | NLT-150/89 | 103101/95 |



| Denominación | Norma | UNE |
|---|--------------------------|--|
| Análisis químico completo de agua según EHE para calificar la agresividad para amasados de morteros y hormigones, determinando: PH Sustancias orgánicas solubles en éter. Sulfatos. Sustancias solubles en agua. Cloruros. Hidratos de carbono. | (TGL-11357) | 7234 7235 7131 7130 7178 7132 |
| Análisis químico completo de agua según EHE anejo 5, para determinar su agresividad al hormigón, determinando: PH Magnesio Amonio Sulfatos Dióxido de carbono libre Residuo seco a 110°C | EHE | |
| Equivalente de arena. | NLT-113/87 | 103109/95 ´ EN 933-8/99 |
| Compresión simple en roca, incluso tallado y refrentado. | NLT-250/91 | 22950-1/90 |
| Determinación del coeficiente de desgaste de Los Ángeles. | NLT-149/91 | EN 1097-2/98 |
| Determinación cualitativa de sulfatos en suelos ó agua | | 103202/95 |
| Determinación del contenido de sulfatos solubles. | NLT-120/72 | 103201/96 |
| Determinación de la materia orgánica. | NLT-118/72 NLT-117/72 | 103204/93 |
| Determinación del contenido de sales en suelos. | NLT-114/99 | 103205/06 |
| Determinación del contenido de yesos en suelos. | NLT-115/99 | 103206/06 |
| Acidez de Baumann-Gully en suelos. | EHE Anejo 5 | |
| Contenido de sulfatos en suelos. | EHE Anejo 5 | |



| Denominación | Norma | UNE |
|--|-----------------|----------------------------|
| Análisis mineralógico. (Difracción por rayos X). Método del difractómetro de polvo | | |
| Porcentaje de absorción de agua. | ASTM-C97 | EN 1097-6/00 |
| Medida de la velocidad de propagación de ondas en probetas cilíndricas, incluida la preparación (velocidad sónica). | ASTM-D2845 | 83308 |
| Compresión simple en roca con bandas extensiométricas, incluso tallado y refrentado. | ASTM-D3148 | 22950-3/90 |
| Ensayo a tracción indirecta (brasileño). | NLT-253/91 | 22950-2/90 |
| Ensayo de dispersión o erosión interna (Pin- Hole). | NLT-207/91 | |
| Determinación del índice de Schimazek. | | Pr EN 22952 y 22950-2/90 |
| Abrasividad Cerchar. | NF P94-430-1/00 | |
| Dureza Cerchar. | XP P94-412/01 | |
| Determinación del D.R.I. (Drilling Rate Index). | NTNU 13 A-98 | |
| Determinación del desmoronamiento de rocas blandas. Slake Durability Index. | NLT-251/91 | |
| Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de desmoronamiento. | NLT-255/99 | |
| Determinación del Índice de Lutton. | | |
| Determinación de granulometría completa de balasto con tamices de malla redonda, incluyendo la determinación del porcentaje de elementos de $\phi > 80 \text{ mm}$. | U.I.C. | EN 933-1/97 |
| Granulometría de balasto con tamices de malla cuadrada. | NRV 3-4-0.2/96 | |
| Determinación del espesor mínimo de elementos granulares en balasto. | NRV 3-4-0.2/96 | |
| Determinación del coeficiente de limpieza de la piedra en balasto. | NVR 3-4-00 | 146130/00 anexo C |
| Resistencia a los ciclos de hielo y deshielo del balasto. | | EN 1367-1/99 |
| Análisis petrográfico mediante lámina delgada, incluyendo preparación y fotografías en color. | NVR 3-4-00 | EN 932-3/96 EN 12407/00 |
| Ensayo de carga puntual Franklin. | NLT-252/91 | 22950-5/96 |
| Determinación de caras de fractura en balasto o subbalasto. | | EN 933-5/98 |



| Denominación | Norma | UNE |
|--|------------------------------|--------------|
| Coeficiente de forma del árido. | | EN 933-4/99 |
| Determinación de elementos aciculares y lajosos (índice de forma) en balasto, mediante calibre o plantilla. | NVR 3-4-00 NRV 3-4-0.2/96 | |
| Determinación del porcentaje de distintos tipos de roca constituyentes de un balasto. (Coeficiente de homogeneidad). | NRV 3-4-0.2/96 | |
| Determinación del coeficiente Micro-Deval húmedo. | NF P 18572 | EN 1097-1/96 |
| Determinación del coeficiente de friabilidad. | NLT-351/74 | 83112/89 |
| Determinación de la dureza Schmidt. | NRV 3-400 | 83307 |
| Determinación de la estabilidad de un balasto frente a disoluciones de sulfato sódico o magnésico. | NLT-158/72 | EN 1367-2/98 |
| Reactividad de los áridos con los álcalis del cemento (álcali-sílice). | | 146507-1/99 |
| Densidad "in situ" por medio de isótopos radioactivos. | ASTM D-3017/01 | |

3. PRESENTACIÓN DE TRABAJOS Y ENSAYOS DE CAMPO

En los anejos del estudio deberán quedar recogidos en formato DIN-A3 todos los datos que se incluyen a continuación. En la parte superior de cada hoja se indicará el nombre del Consultor, la denominación contractual del proyecto y se incluirá el logotipo de ADIF.

Sondeos

Para cada sondeo se adjuntará una ficha técnica que incluya al menos lo siguiente:

Un registro de situación y emplazamiento del sondeo, en hoja previa, que incluya: fotografías en color (del entorno antes y después del emplazamiento, con la sonda posicionada durante su ejecución y de la tapa del sondeo), planta de situación (sobre planos del estudio informativo) y ubicación sobre foto aérea/ortofoto. En el caso de que se haya realizado un acceso se indicará en la planta de situación.

El registro del sondeo que contenga al menos la siguiente información:

Identificación del sondeo y referencia a los datos de levantamiento (coordenadas x,y,z). Se indicará también el PK, la distancia al eje y la inclinación y orientación del sondeo.



Fecha de comienzo y de terminación.

Nombres del técnico supervisor y del sondista.

Identificación de la maquinaria utilizada.

Datos de perforación: sistema de perforación, tipo de batería, corona, diámetro de perforación, perforación en seco o con adición de agua, tipo de lodos (si se emplearan), diámetro del revestimiento y profundidades de todas las maniobras realizadas.

Porcentaje de recuperación del testigo.

Descripción geológico-geotécnica del testigo. Se efectuará una descripción sistemática del testigo, indicando siempre primero la abreviatura de la unidad geológico-geotécnica correspondiente.

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, valores de la resistencia al corte sin drenaje con aparato vane-test de bolsillo y resistencia a la penetración con el penetrómetro de bolsillo, 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 la Dirección.

Profundidad de cada cambio de tipo de terreno y su espesor.

Profundidad de fin de sondeo.

Para cada muestra obtenida, las cotas del principio y del fondo, tipo, longitud y número (todas las muestras se numerarán consecutivamente).

Número de golpes para 4 tandas de 15 cm de penetración y el valor del golpeo N del ensayo SPT. En columna aparte se indicará el valor de N corregido.

El número de golpes por cada tramo de penetración deberá incluirse también en el caso de muestra inalterada (MI).



Profundidad del nivel piezométrico.

Método y cuantía de presión utilizado para introducir el tomamuestras de pared delgada y longitud y diámetro de cada una de las muestras obtenidas.

Resultado de los ensayos in situ: ensayos de permeabilidad, presiómetros y otros.

Resultados de la totalidad de los ensayos de laboratorio realizados y clasificación según USCS de todas las muestras ensayadas en suelos.

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.

Se incluirá un apartado denominado "observaciones" en la parte inferior de cada hoja, en el cual deberá registrarse siempre si se ha detectado o no nivel piezométrico, su cota y fecha y los comentarios al respecto. Se registrarán también datos tales como achiques realizados, pérdidas de fluido de perforación, inestabilidades de las paredes, caídas de batería, comentarios sobre recuperaciones, expansiones o retracciones del testigo, averías y otras incidencias. Se indicarán las correcciones aplicadas para determinar el valor de golpeo Ncorregido. Se incluirá también la leyenda de las siglas y abreviaturas adoptadas.

Fotografías en color de cada una de las cajas portatestigos, incluidas en hojas aparte a continuación, indicando al pie de cada una el tramo de profundidad que corresponda.

Además, en los sondeos en roca el registro incluirá también:

RQD, número de fracturas cada 30 cm y grado de meteorización.

Resistencia de la matriz rocosa.

Identificación del tipo de discontinuidad: estratificación, esquistosidad, falla, diaclasa, etc.

Número y orientación de las familias de discontinuidades (dirección y buzamiento).

Características de las discontinuidades: rugosidad, espesor y naturaleza del material de relleno.

Profundidades en las que se observan cambios en la velocidad de avance del sondeo, con las observaciones precisas.

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. Los criterios de descripción serán los mismos que los indicados para los sondeos.

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.

Además, en las calicatas de plataforma se incluirá también:

Clasificación según la ficha UIC-719 (para plataformas en estudio con ancho ibérico)

Densidad y humedad "in situ" por el método nuclear y por el método de la arena.

Grado de compactación (%) respecto de la densidad máxima Próctor Normal/Modificado.

Croquis de la sección transversal que ilustre la posición del reconocimiento.

Ensayos de penetración dinámica o estática

Para cada ensayo de penetración se adjuntará una ficha técnica que contenga al menos la siguiente información:

Identificación del ensayo de penetración 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.



Identificación del nivel de rechazo.

Profundidad del nivel freático cuando sea posible su medición o estimación mediante la longitud del varillaje mojado u otro sistema.

Fotografía en color del emplazamiento durante la ejecución de cada ensayo.

En el caso del ensayo de penetración dinámica se incluirá el registro del número de golpes necesarios para cada 20 cm de penetración, así como los datos del aparato siguientes: peso de la maza, altura de caída, dimensiones de la puntaza, diámetro del varillaje y sistema de golpeo (automático o manual).

Además, en los penetrómetros de plataforma se incluirá también:

Croquis de la sección transversal que ilustre la posición del reconocimiento.

En el caso del ensayo de penetración estática se utilizarán exclusivamente equipos automáticos con punta eléctrica y se incluirán los datos del aparato siguientes: croquis con dimensiones de la puntaza, área de la camisa de fricción, capacidad de empuje y velocidad de avance y los registros continuos de la resistencia en punta y del rozamiento lateral, así como el de presión intersticial y de disipación de la misma en el caso del piezocono.

Investigación geofísica

Para cada punto o perfil geofísico investigado se adjuntará un informe que contenga, con carácter general, la siguiente información:

Identificación de la prospección: método geofísico utilizado.

Nombres del operador y del técnico responsable.

Fecha de ejecución.

Plano de replanteo en planta de los puntos y perfiles investigados con la situación de las prospecciones realizadas.

Croquis de las configuraciones o dispositivos utilizados.

Descripción de los equipos utilizados, medios auxiliares y cuantas observaciones sean precisas, en relación con la ejecución.

Método de procesado e interpretación de los datos, con indicación del software empleado.

Registros numéricos originales de campo.

Filtrado de los datos defectuosos.

Perfiles resultantes de las alineaciones prospectadas y características de los distintos horizontes con la interpretación geológica superpuesta y la ubicación de los reconocimientos existentes.

Informe explicativo de la campaña realizada y los resultados obtenidos.



Fotografías en color.

De modo específico, en función del tipo de investigación realizada, se completará la anterior información con los documentos especificados con anterioridad en los apartados correspondientes del presente Pliego.

Ensayos de presiometría y dilatometría

Se incluirá una memoria previa que incluirá los siguientes aspectos:

Propietario de los equipos y técnicos que realizan los ensayos y su interpretación.

Modelo y marca de los equipos utilizados y sus características.

Descripción de los métodos de interpretación utilizados y contraste entre los distintos resultados obtenidos. Especial atención se prestará en lo referente a la estimación de la presión límite, donde se podrán utilizar distintos métodos. En cualquier caso, cuando sea necesario utilizar una extrapolación, los resultados siempre se compararan con los obtenidos mediante el siguiente sistema:

Se considera como presión límite la necesaria para alcanzar un valor de deformación volumétrica $(V_i - V_0)/V_0 = 1$. Para estimarlo se utilizará la extrapolación de la curva neta de la Presión VS $\log((V_i - V_0)/V_0)$. Siendo:

V_0 es el volumen inicial de la cavidad donde se realiza el ensayo.

V_i es el volumen de la cavidad alcanzado en el escalón i .

Resultados de la calibración en tubo rígido y en vacío de todas las camisas empleadas en la campaña, identificando claramente cada una e indicando las siguientes características: material, espesor y diámetro exterior. Se incluirán las curvas presión-deformación y las correlaciones matemáticas que se vayan a emplear en los cálculos.

Para cada punto ensayado se aportará la siguiente información:

Sondeo donde se realiza el ensayo, profundidad donde se emplaza, litología y unidad geotécnica ensayada.

Identificación clara de la camisa empleada en la prueba y la marca y modelo de la sonda.

Registro de la curva presiométrica bruta, representado adicionalmente todos los valores de corrección acumulada que se aplican en cada escalón de carga.

Registro de la curva presiométrica neta, indicando los tramos rectos usados en los cálculos de los módulos de rigidez del terreno en cada ciclo de carga-descarga. También se indicará la presión de fluencia bruta y neta estimada.

Para cada ciclo se indicará los pares de valores netos utilizados en el cálculo de la rigidez del terreno, radio neto inicial adoptado de la cavidad, coeficiente de Poisson y módulos de corte y módulos presiométricos estimados.



Salvo que se alcance claramente la rama horizontal de la curva presiométrica y se pueda estimar directamente la presión límite, se representará la extrapolación utilizada para estimarla. Se indicará claramente cual es la curva de partida, el tramo utilizado en la extrapolación y el tramo extrapolado hasta alcanzar la deformación correspondiente a la presión límite.

Ensayos de carga con placa

Para cada ensayo de carga con placa se adjuntará una ficha técnica que contenga al menos la siguiente información:

Identificación del ensayo de carga con placa 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.

Condiciones de ejecución del ensayo: climatología, temperatura y humedad.

Características de la placa empleada (forma y dimensiones, dispositivo de reacción, etc.) y croquis del dispositivo de ensayo utilizado.

Corte del terreno visualizado en la calicata abierta y características de identificación del suelo bajo la placa, ensayada a partir de muestra obtenida una vez finalizado el ensayo.

Datos originales de campo donde figuren los escalones de carga, el tiempo, la lectura de los cuadrantes y el asiento obtenido.

Gráficos presión-asiento y tiempo-asiento.

Módulo de deformación vertical de cada ciclo de carga y relación entre módulos E_{v2}/E_{v1} .

Se indicarán en un apartado denominado "observaciones", situado en la parte inferior, los comentarios en relación al comportamiento del terreno durante la realización del ensayo y las incidencias ocurridas durante su ejecución.

Fotografías en color durante la ejecución del ensayo y después del mismo.



**SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACION AMBIENTAL Y LA REDACCIÓN DEL
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL TÚNEL 40 Y ESTABILIZACIÓN DE
LA LADERA DEL P.K. 277+400. LÍNEA LEÓN – A CORUÑA. PROVINCIA DE ORENSE**

ANEJO Nº 4

**INSTRUCCIONES GENERALES PARA TRABAJOS DE INSTRUMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO
HIDROGEOLÓGICO**



ÍNDICE

ÍNDICE 2

| | |
|---|----|
| 1. PLAN DE AUSCULTACIÓN..... | 4 |
| 1.1. Sistemas de auscultación | 4 |
| 1.2. Umbrales..... | 5 |
| 1.3. Frecuencia de lecturas | 6 |
| 1.4. Protocolo de Actuación | 6 |
| 1.5. Procesado de datos..... | 6 |
| 2. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN | 7 |
| 2.1. Control hidrogeológico..... | 7 |
| 2.2. Instalación de piezómetros..... | 7 |
| 2.3. Aforos | 13 |
| 2.4. Instrumentación | 17 |
| 2.5. Módulos de adquisición y almacenamiento de datos..... | 20 |
| 2.6. Estaciones meteorológicas..... | 21 |
| 2.7. Control de movimientos verticales..... | 21 |
| 2.8. Extensómetros | 21 |
| 2.9. Hitos de nivelación | 21 |
| 2.10. Bases de nivelación | 22 |
| 2.11. Regletas de nivelación..... | 22 |
| 2.12. Miniprismas y control de asientos robotizado | 22 |
| 2.13. Electroniveles | 23 |
| 2.14. Arquetas de subsidencia combinada..... | 24 |
| 2.15. Placas de asiento..... | 24 |
| 2.16. Líneas continuas de asiento..... | 25 |
| 2.17. Otros sistemas de control de movimientos verticales | 27 |



| | | |
|-------|--|----|
| 2.18. | Control de movimientos horizontales | 27 |
| 2.19. | Inclinómetros | 27 |
| 2.20. | Clinómetros..... | 27 |
| 2.21. | Desplomes | 27 |
| 2.22. | Otros sistemas de control de movimientos horizontales | 28 |
| 2.23. | Control de movimientos en el interior de túneles | 28 |
| 2.24. | Convergencias..... | 28 |
| 2.25. | Células de presión | 28 |
| 2.26. | Extensómetros de cuerda vibrante | 28 |
| 2.27. | Células de carga en anclajes | 29 |
| 2.28. | Vehículo auscultador (vehículo de inspección automatizada) | 29 |
| 1. | Láser-Escáner | 30 |
| 2. | Cámaras de alta resolución | 30 |
| 3. | INFORMES DE SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS | 31 |
| 3.1. | Informe de Incidencias | 31 |
| 3.2. | Informes de seguimiento periódicos | 31 |
| 3.3. | Informe Final de Auscultación | 32 |



TRABAJOS DE AUSCULTACIÓN

El objeto de estos trabajos es disponer los sistemas de instrumentación necesarios, en su caso, y las actuaciones preventivas y/o correctoras de auscultación para seguimiento y control, una vez realizada la correcta identificación de la problemática existente en la zona de estudio.

Todos los instrumentos y accesorios necesarios deberán ser suministrados por el Contratista, conforme a las condiciones del Pliego vigente, debiendo estar disponibles con anterioridad al comienzo de la auscultación y debiendo prever el Contratista la incorporación de los medios auxiliares necesarios para la correcta realización de los trabajos.

El personal de instrumentación responsable de la instalación, pruebas, vigilancia y toma de lecturas y registros de los instrumentos, deberá ser personal cualificado y con experiencia en el campo de la instrumentación, a satisfacción de la Dirección del Contrato.

1. PLAN DE AUSCULTACIÓN

Será responsabilidad del Contratista la ejecución de todos los trabajos de instrumentación, incluida instalación, mantenimiento de equipos, toma de lecturas... y de la Dirección el seguimiento y comprobación de las mismas.

Para todo ello, el contratista seguirá las indicaciones de la Dirección.

Previamente al comienzo de los trabajos de campo u obra, el Consultor deberá entregar un Plan de Instrumentación, encuadrado en formato DIN-A3, que estará constituido por la memoria y anejos, planos, programa de trabajos propuesto, presupuesto comparado con el de adjudicación, las prescripciones técnicas de este pliego.

Dicha Propuesta de Instrumentación contendrá al menos los siguientes elementos:

- Resumen del análisis de la situación y problemática de la zona, así como los principales aspectos a controlar.
- Se incluirán los reconocimientos geotécnicos necesarios para la instalación de los distintos sistemas, como por ejemplo para la instalación de inclinómetros, extensómetros y piezómetros que requieren en la mayoría de los casos de la ejecución de un sondeo.
- Se definirán los distintos sistemas de auscultación a aplicar y su diseño apoyado en planos y esquemas que recojan la disposición de cada sistema. Todo ello conforme se detalla en el presente pliego en los apartados siguientes.
- Se desarrollarán además los siguientes aspectos: umbrales de alarma para cada tipo de instrumentación, frecuencia de lecturas, protocolo de actuación, tratamiento de la información, sistema de transmisión de datos...

1.1. Sistemas de auscultación

En el Plan de Instrumentación se realizará una descripción de las principales características del sistema a implantar, donde al menos deberán quedar recogidos los siguientes aspectos:



- Elementos del sistema. Se describirá cada sistema de instrumentación a emplear, instalación, funcionamiento, interpretación, especificaciones técnicas, plan de calibración y mantenimientos, costes, etc..., incluyendo planos, esquemas de configuración y/o fotografías de los distintos elementos.
- Esquema de funcionamiento. Deberán incluirse planos, esquemas de configuración y/o fotografías que muestren los distintos componentes que forman cada sistema y su funcionamiento.
- Instalación. Será responsabilidad del Contratista la correcta instalación de la instrumentación, así como la verificación del buen funcionamiento del sensor una vez instalado, su calibración y el mantenimiento de los equipos. Si se detectase cualquier fallo en el mismo, el coste repercutido por su sustitución será asumido por el Contratista.
- Toma de datos. Para cada instrumento se detallará el modo en el que se realizará la toma de lecturas, para lo cual deberá especificarse si se trata de sensores de lectura manual o automática.
- Procesado de datos. Este tema se encuentra desarrolla más adelante.
- Especificaciones técnicas. Siempre que proceda, se deberá incluir en un anejo las fichas del fabricante donde aparezcan las especificaciones técnicas de cada uno de los tipos de sensores a instalar. Se incluirán expresamente los datos básicos referentes a rango de medida, precisión, exactitud... de cada sensor.
- Plan de calibración y mantenimiento de equipos. Será responsabilidad del Contratista la realización del Plan de Calibraciones así como su correcta ejecución. Se deberá incluir una tabla que recoja por cada sensor, siempre que proceda, las fechas de inicio y fin de vigencia de la misma. Será condición indispensable mantener actualizada dicha tabla. Se adjuntará en un anejo correspondiente copia de los certificados de calibración acreditados de cada uno de los instrumentos instalados.

De igual forma se expondrá en una tabla los hitos de mantenimiento periódico relacionados con el cambio de baterías, limpieza de sensores, revisión de las instalaciones, etc. Antes de colocar cada tipo de aparato, se realizarán pruebas de consumo de batería para determinar dichos periodos.

Se elaborará un cronograma con las visitas previstas relacionadas con calibración y mantenimiento periódicos.

1.2. Umbrales

Incluido en el Proyecto de Instrumentación, para cada una de las magnitudes a controlar deberán establecerse unos umbrales iniciales de referencia de forma que permitan conocer en todo momento el nivel de alerta en el que se encuentra cada sensor.

Para la definición de dichos umbrales se tendrán en cuenta datos básicos tales como: naturaleza del suelo, tipología de la estructura, tipo de cimentación, previsión de movimientos admisibles en función de las distintas fases constructivas cuando proceda y experiencias previas en entornos similares. Asimismo, se tendrá en cuenta la normativa o recomendaciones existentes, y, en particular, las que se refieren a los



condicionantes en cuanto a explotación y mantenimiento de la línea.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, deberá realizarse una descripción en forma de resumen que justifique la consecución de dichos umbrales. La definición de estos umbrales estará basada principalmente en cálculos teóricos y en experiencia práctica y sentido común.

Con posterioridad, una vez se vayan obteniendo datos y éstos se vayan analizando e interpretando, los umbrales deberán revisarse y ajustarse de acuerdo a las condiciones reales del entorno.

Se emplearán como mínimo dos umbrales, que imitando el código semafórico, establecerán tres niveles de riesgo: verde, ámbar y rojo.

Atendiendo a los umbrales establecidos y a las implicaciones de los niveles de riesgo se deberán establecer las distintas frecuencias de lectura, así como las posibles medidas de actuación que deberán quedar recogidas en el Protocolo de Actuación.

1.3. Frecuencia de lecturas

Al igual que los umbrales, todos los instrumentos deberán llevar asociados unas frecuencias de medida. Estas frecuencias podrán verse modificadas en vista de la evolución de las magnitudes registradas a lo largo de todo el periodo de auscultación. Cualquier modificación estará siempre sujeta a la aprobación de la Dirección.

Las periodicidades propuestas deberán quedar reflejadas en tablas donde estará perfectamente definido el aumento en la frecuencia de lecturas en función del umbral de referencia en el que se encuentre el instrumento analizado.

Previo al inicio de las lecturas deberá realizarse una "lectura cero" para toda la instrumentación instalada. Esta lectura cero será la media de dos lecturas consecutivas.

El Contratista propondrá una frecuencia de lecturas, que podrá ser modificada durante la ejecución de la obra en función de los resultados obtenidos, de la evolución de los registros o de la superación de los umbrales de control establecidos, si la Dirección así lo estima oportuno.

1.4. Protocolo de Actuación

Una vez establecidos los umbrales de control y la frecuencia de lecturas, se deberán prever medidas de actuación en cada caso. Previo a la activación del protocolo, deberá realizarse una comprobación del resultado obtenido. Para ello se realizará una segunda lectura de comprobación, además de comprobar el dato con los obtenidos en los sensores ubicados en su entorno.

En la redacción del protocolo se deberá incluir una lista de personas que actuarán como la cadena de mando responsable de la toma de decisiones cuando algún sensor rebese el umbral rojo. En ese listado de personas deberán estar representadas todas las partes implicadas.

1.5. Procesado de datos

Cada instalación tendrá en campo su propio sistema de medición y registro de datos.



Dichos datos, en bruto, tal cual se toman por cada instalador se guardarán en su formato original. Cada grupo de datos se enviará a la Dirección (vía telefónica a través de Internet) en formato legible (ASCII) indicando la fecha y magnitud medida.

Dependiendo de la magnitud de la información a medir y del propio sistema de medida el periodo de lecturas será diferente.

Con el fin de hacer las magnitudes y control más manejable, se realizará un "pretratamiento" de datos que incluirá una tabla resumen diaria de cada una de esas magnitudes. Para cada punto de medida se obtendrán los valores estadísticos máximo, mínimo, medio y desviación. Asimismo se establecerá una comparación con los umbrales de control del proyecto, para que en el caso de que se supere cualquier umbral se emita un comunicado de aviso.

Adicionalmente, y a solicitud de la Dirección, se dispondrá un sistema de gestión de ficheros de medida a través de un servidor FTP, desde donde se podrán descargar los ficheros originales con toda la información de las medidas. Será por una parte un sistema de Back Up y, por otra parte, la fuente desde donde se podrá estudiar con detalle el histórico de cualquier posible incidencia.

Una vez puesto en marcha el sistema y realizados los primeros análisis, será el momento de comparar las medidas con los umbrales prefijados. Si la medida se sale fuera del intervalo, una vez ajustados los umbrales, se activará el plan de acción establecido poniendo en marcha los mecanismos de aviso y protocolo de actuación.

Se establece entre el inicio de la recepción y análisis de las primeras medidas un periodo de "aprendizaje" de la forma del tratamiento inicial que lleve a optimizar la periodicidad de las medidas y el número de datos a guardar y representar. Dicho período de aprendizaje será definido por la Dirección en función de la magnitud y complejidad del estudio a realizar.

En cualquier caso, los datos temporales pretratados se podrán consultar en tiempo real en la Web de instrumentación creada a tal efecto. Su uso se habilitará de forma privada bajo "usuario" y "contraseña". El sistema de consulta Web deberá ser totalmente compacto y, una vez introducidos los datos en su base, deberá asignarse una codificación que permita visualizar que tipo de sensor es el origen del dato, así como hacer referencia a su ubicación (sección, zona o nombre que les identifique). Estarán codificados según el esquema de instrumentación. Ello permitirá punto a punto observar la evolución temporal.

2. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN

2.1. Control hidrogeológico

Se describen a continuación las prescripciones generales para la instalación y seguimiento de la instrumentación habitualmente empleada en campañas de investigación hidrogeológica

2.2. Instalación de piezómetros

Prescripciones generales

Aunque la denominación puede producir confusión, no se debe confundir este tipo de piezómetros con los sondeos geotécnicos con tubería ranurada instalada para la



observación del nivel freático.

Antes de darse el visto bueno a cada piezómetro instalado, se comprobará su funcionamiento, previa entrega por parte del Consultor, de un Croquis Constructivo de Piezómetro, en el que se reflejen como mínimo los diámetros de perforación y entubado, tipo de tubería y tramos ranurados y ciegos, y la disposición y composición final del relleno anular, sello sanitario, etc.

Adicionalmente el estado final del piezómetro y mediciones realizadas quedarán reflejadas en el Acta de Finalización de Sondeo, que la Dirección del Estudio podrá proponer cumplimentar a través del Apoyo Técnico.

Piezómetros abiertos

Se realizarán mediante perforación a rotación como tónica habitual, aunque si la información geológica y las dimensiones y potencia de las unidades a perforar son suficientemente conocidas se pueden realizar a destroza (con corona ciega, trialeta tricono, etc.) previa justificación por parte del Consultor y aceptación por la Dirección del Estudio.

Cuando las perforaciones y los piezómetros tengan como objetivo la investigación de la contaminación de suelos o aguas, se utilizarán materiales y procedimientos adecuados a esta finalidad.

La perforación deberá ser realizada con un diámetro mínimo (que permita el sistema de perforación empleado) y que asegure una correcta instalación del piezómetro y la conexión fiable de éste con el acuífero.

Se instalará tubería piezométrica comercial (siempre ranurado de fábrica), de un diámetro interior mínimo de 60 mm., aunque este diámetro se puede ver incrementado en los casos en los que las condiciones geológicas hidrogeológicas lo aconsejen. Se debe tener en cuenta en la elección de la entubación, que ésta debe tener un diámetro suficiente para poder introducir una bomba sumergible de una capacidad suficiente para generar un descenso de lámina de agua de al menos 2 metros.

La disposición de tubería ciega y ranurada en el interior del sondeo se diseñará de forma que los límites inferior y superior de la rejilla queden siempre enfrentados a relleno anular de gravilla o arena silíceas (en caso de instalarse empaque), que a su vez debe quedar dentro de los límites de la formación acuífera a estudiar, sin alcanzar el contacto de la formación acuífero con las unidades que la limitan.

La tubería piezométrica filtrante presentará una superficie abierta de al menos el 10%, y la apertura de rejilla o paso de rejilla será seleccionado en función de la granulometría del acuífero y del empaque de gravas empleado (en caso de utilizarse).

Se entiende que el grosor de pared debe ser seleccionado a partir de los espesores comerciales disponibles, en relación con el diámetro interior de tubería seleccionado y el material de la propia tubería (PVC-U, acero, acero inoxidable, etc). De entre los espesores disponibles se debe tener en cuenta además, los condicionantes geológico-hidrogeológicos que puedan afectar a la durabilidad de la tubería en el tiempo, especialmente la acidez del agua si se pretende instalar tubería de acero o el carácter incrustante del agua. Otros condicionantes a tener en cuenta (sobre todo en



piezómetros de gran profundidad), son la resistencia a las tracciones mecánicas y a los esfuerzos de compresión exterior producidos por empujes del terreno, e incluso por el relleno del anular.

La unión entre tubos debe ser mecánica roscado de fábrica, no aceptándose en ningún caso fijaciones mediante cinta adhesiva, pegamentos o similares. Se admitirá, de forma justificada, el empleo de sistemas de fijación adicionales a la rosca de fábrica (pegamento, remaches, etc.).

Se colocará un tapón de fondo en la tubería, con fijación similar a la de las juntas de tubería, no admitiéndose de igual manera fijaciones mediante cinta adhesiva, pegamentos, etc.

Se deben instalar centradores en la tubería que aseguren el correcto centrado de ésta en el interior de la perforación. La instalación se debe hacer de forma mecánica, utilizando para la bajada y sujeción los elementos y mordazas necesarios con los que debe contar el equipo de perforación.

La longitud final de la tubería instalada debe ser tal que, como mínimo, se supere en 5 metros con tubería ciega la profundidad del último tramo ranurado.

Una vez conocidas las características litológicas y geomecánicas de los materiales perforados, se decidirá la conveniencia de la instalación de empaque de gravas o no, y sus características. En el caso de perforarse varios niveles incluida la formación que se pretende controlar piezométricamente (formación acuífera), se debe asegurar el correcto aislamiento piezométrico entre la formación de interés y el resto mediante sellos de bentonita. En estos casos se hace indispensable la implantación de macizo de gravas para asegurar la ubicación de los sellos de bentonita, asegurando así la independencia piezométrica de niveles.

El prefiltro o macizo de gravas, en caso de instalarse, debe tener un espesor total mínimo de 30 mm. Estará compuesto de gravilla y/o arena silíceas calibradas, en el anular, entre la tubería y la pared del sondeo. Tanto la apertura de los tramos filtrantes como la granulometría de este prefiltro será determinada en función de la granulometría del acuífero, con el objeto de construir piezómetros eficientes para su seguimiento piezométrico, incluso en la realización de ensayos de bombeo; exigiéndose esta condición para el abono de los piezómetros.

La elección inicial de la granulometría del prefiltro debe elegirse en función de los datos granulométricos recogidos en estudios previos o en la bibliografía consultada. No obstante, estos valores y la idoneidad del prefiltro empleado deben ser confirmados tras la perforación de los primeros sondeos de campaña, sondeos en los que se tomarán específicamente muestras con esta finalidad para su ensayo granulométrico en laboratorio.

A continuación se indica, tan solo a modo informativo, el criterio general para la elección de rejilla y prefiltro, no obstante el Consultor será responsable de la su elección y de la correcta eficiencia de los piezómetros construidos:

- Niveles de gravas medias y gruesas predominantes sobre la fracción arenosa; la cantidad de gravas es de un 60 - 70 % o superior y la proporción de arenas finas es inferior al 10 %: son adecuadas aperturas de rejilla entre 5-10 mm. y es posible que no proceda la utilización de macizos de gravas artificiales y son



ideales para la creación de prefiltros naturales mediante sistemas de desarrollo bidireccionales.

- Mezclas de arenas y gravas en distinta proporción, pero siempre con un contenido en finos inferior al 20%: son adecuados pasos de rejilla entre 0,5–3 mm. y la colocación de un prefiltro de granulometría entre 2–15 mm. El paso de rejilla siempre debe ser inferior a la granulometría del prefiltro y tanto la granulometría de éste como el paso de la rejilla se fijarán dentro de los intervalos anteriores, a la vista de las curvas granulométricas de los ensayos de laboratorio.
- Mezclas de gravas y/o arenas con un contenido en finos superior al 20%: es adecuado la utilización de filtros dobles constituidos por un macizo de arena (1–2 mm. de grosor) pegada a la rejilla (apertura 0,5–1 mm.) con resinas epoxy de 15–20 mm. de espesor y un prefiltro exterior, de granulometría más gruesa (2–3 mm.) y 80 mm. de espesor. En caso de imposibilidad de utilizar tubería con macizo de arenas pegado, se puede sustituir éste por un forrado de la tubería filtrante troquelada con tela metálica mosquitera, colocando el prefiltro exterior directamente entre la tela y el terreno.

El engravillado (en caso de utilizarse) se hará simultáneamente a la retirada del tubo de revestimiento para evitar el desmoronamiento de las paredes.

En los tramos no ranurados, el espacio anular entre el terreno y la entubación se rellenará mediante un sello impermeable, que puede estar constituido por dos alternativas:

- Sellos de bentonita granular sin finos sueltos ni partículas que floten. Si es necesario, se eliminarán mediante cribado.
- Cementaciones de lechada de cemento–bentonita vertida mediante tubería auxiliar. Cuando se coloquen sobre filtros granulares se dispondrá un una capa de separación de bentonita granular. Este tipo de cementaciones son indispensables cuando se requiera que el relleno anular tenga resistencia mecánica y se debe tener en cuenta el tiempo de curado necesario para programar las operaciones.

La disposición de tramos de tubería ranurada y ciega y de los rellenos anulares de material filtro o de sellante se diseñará a partir de la columna litológica obtenida. Como criterio general se debe considerar que los límites superior e inferior de los sellos deben rebasar por ambos márgenes el contacto litológico que pretenden sellar. Los tramos de sello deben quedar siempre e invariablemente enfrentados a tramos de tubería ciega.

La instalación de bentonita se hará de forma lenta, simultáneamente a la retirada de la tubería de revestimiento. Se debe controlar en todo momento la profundidad alcanzada durante la instalación, esperando los tiempos necesarios para su depósito, decantación y consolidación inicial. Las profundidades de instalación deben ser invariablemente las diseñadas de forma previa a la instalación.

Se sellará el anular entre la tubería de revestimiento y el taladro en, como mínimo, los 2 metros superiores con el fin de crear un sello superficial sanitario que evite la entrada de contaminantes o aguas superficiales entre el anular y el terreno. La profundidad de alcance del sello sanitario debe estar justificada en función de la naturaleza y características de los materiales superficiales perforados (rellenos, zonas



de alteración, epikarst, etc.) debiendo salvarse estos niveles mediante el sello sanitario superficial.

Por encima del tramo ranurado se instalará una longitud de tubería ciega suficiente para evitar la entrada de aguas superficiales por infiltración externa a la tubería.

Se dotará con tapa (roscada o a presión) la tubería piezométrica y tapa o arqueta metálica de protección con cierre, antivandálico si fuese necesario, al piezómetro.

La arqueta de protección de la boca del piezómetro se fijará firmemente al terreno, cementados de forma que no sea posible levantarla ni moverla manualmente. Dicha arqueta estará roscada interiormente con una rosca estándar, de manera que sea posible prolongarla hacia arriba mediante un tubo acoplado a ella. La finalidad de este sistema es permitir que el piezómetro siga siendo operativo aun en el caso de que la superficie del terreno cambie de cota, por adición de terraplén, pavimentación u otra obra futura durante las actuaciones proyectadas/en ejecución.

En caso de previsión de instalación de algún tipo de instrumentación en el interior de los piezómetros durante la fase de trabajos de campo o en fases posteriores de seguimiento (si las hubiere), se deben instalar arquetas metálicas de protección de tipo antivandálico. Estas arquetas, cuyo diseño se debe presentar a la Dirección y debe contar con el visto bueno de ésta, dispondrán de doble o triple cierre mediante candado o similar y /o tornillos de cierre de seguridad con apertura mediante empleo de herramientas específicas que no sean de uso común.

Piezómetros cerrados

Estos piezómetros quedarán preferentemente equipados con sensores piezométricos de cuerda vibrante en el interior del sondeo.

Una de las ventajas de este tipo de instrumentos es que permiten instalar varios sensores en un sondeo, siempre que haya suficiente separación y se utilice un procedimiento de instalación adecuado.

El sensor del piezómetro tendrá una precisión superior al 0,5%, y un rango de medida suficiente para las presiones esperadas. Como norma general estos sensores se instalarán suspendidos de una tubería auxiliar perdida de acero o PVC rígido que llegará hasta el fondo de la perforación. Esta tubería servirá para rellenar totalmente el sondeo de lechada de abajo hacia arriba, dejando los sensores embebidos en el relleno. El espacio ocupado por la instalación y el diámetro de la perforación deben ser suficientes para permitir el ascenso de la lechada sin obstrucciones y sin que los equipos sean arrastrados.

En situaciones concretas y simples se puede estudiar otras alternativas de instalación que debe ser aprobado por la Dirección del Contrato, como:

- Englobar el sensor dentro de un lecho de material granular y rellenar el resto del sondeo con bentonita granular.
- Usar un piezómetro hincado en el fondo del sondeo y rellenar el sondeo de material sellante.

El filtro de los sensores será de acero sinterizado y estará situado en la base del sensor. Antes de su instalación se desmontará el filtro y se volverá a montar sumergido en un recipiente lleno. Durante la instalación se mantendrá con el filtro



hacia arriba para evitar que se vacíe el agua que contiene. Esta agua impide la entrada de aire, que aumentaría el tiempo de respuesta, y de lechada de relleno.

En los piezómetros hincados en el terreno y utilizados para medir presiones intersticiales negativas, se utilizarán filtros cerámicos laterales. Se seguirán las instrucciones del fabricante para evitar que estos filtros se sequen o contengan aire ocluido.

Los diferentes piezómetros de cuerda vibrante colocados en un sondeo, dispondrán de sus correspondientes cables conectados a una caja de bornes con protección a la intemperie.

El Consultor entregará a la Dirección, un Croquis de instalación piezométrica a modo de esquema con la disposición de los piezómetros en cada sondeo y la composición del mismo en cuanto a relleno (espesores y tipo de gravilla, sellos o cemento, diámetro de perforación, etc). Asimismo se reflejará la secuencia de las medidas a realizar. Asimismo, deberá entregar un certificado de calibración de los mismos con las constantes de conversión frecuencia-presión y la frecuencia de lectura del sensor a presión cero atmosférica en el momento y en la ubicación de la instalación.

A efectos de medición y abono, todas las operaciones de suministro, transporte, colocación, engravillado, sellado, cableado y tiempos de espera están incluidas en la unidad correspondiente.

Medidas de nivel piezométrico automáticas

Durante el avance de los trabajos, se podrán sustituir las medidas de tipo manual o bien ser planteadas en nuevos sondeos, por medidas de nivel piezométrico de tipo automatizado.

Este tipo de medidas se basan en el empleo de sensores y registradores de datos ("dataloggers"). Los sensores se emplazan en el interior de la perforación, a profundidades determinadas siempre por debajo de la lámina de agua existente. El rango de medida debe ser adecuado a la columna de agua esperable por encima del sensor.

Los sensores son capaces de medir instantáneamente la presión de columna de agua existente sobre ellos. Estas mediciones serán almacenadas en un registrador de datos (datalogger), con un intervalo temporal de medida fijado inicialmente.

La periodicidad de descarga de datos (en caso de contar con registrador de datos de almacenamiento) se puede espaciar en el tiempo, con respecto a las medidas de tipo manual fijadas para seguimiento piezométrico.

Las medidas de piezometría o descarga de datos en piezómetros abiertos deben ir acompañadas invariablemente de una medida piezométrica de tipo manual, para contraste y calibración de las medidas registradas por el sensor.

El tipo de instrumentación, rango, pautas de medida y descarga de datos deben ser fijados de forma previa a su implantación, pautas que deben ser presentadas de forma justificativa a la Dirección del Contrato y aceptadas por ésta.



2.3. Aforos

Prescripciones generales

Se refiere a la realización de campañas foronómicas. Se establecerá la metodología atendiendo a dos criterios fundamentales: El objetivo del aforo y la técnica de aforo empleado.

Se empleará la técnica de aforo más conveniente en cada caso concreto y cada escenario concreto.

Los aforos deben realizarse en un periodo de tiempo lo más reducido posible con el fin de intentar asegurar que todos los datos que se obtengan puedan considerarse representativos de unas condiciones externas (periodo hídrico, funcionamiento de derivaciones, caudales de descarga de embalses, etc.), que resulten lo más homogéneas posibles en todos los puntos del curso de agua que queramos estudiar.

En caso de que una vez iniciados los aforos en un cauce superficial de agua, el régimen del mismo se vea modificado por algún tipo de cambio en estas condiciones externas (por periodos de lluvias, detracciones de caudal, etc.); los aforos se deben interrumpir. Una vez recuperadas las condiciones de estabilidad, se debe repetir el aforo, y en su caso todos los aforos anteriores que tengan implicación en un aforo diferencial.

Aforos con molinete

Se podrá utilizar este método cuando la altura de la sección mojada sea mayor que la longitud del radio de la hélice del molinete. Los aforos con molinete, en especial en cauces naturales, se efectuarán siguiendo la metodología establecida en el capítulo 7.1 y apéndice 7.1 de la publicación Manual de Hidrología Subterránea, *Custodio, E. & Llamas, M. R. (1996)*.

Los aforos con molinete pueden realizarse por vadeo o bien desde un puente, en el caso que se disponga de un molinete de la suficiente longitud. El aforo por vadeo es adecuado sólo para profundidades menores de 1m, y el de puente para profundidades mayores.

Se tomarán todas las precauciones necesarias para evitar accidentes, tales como el uso de traje impermeable (vadeadores), cinturón de seguridad con cabo deslizante, sujeto firmemente en ambas orillas del cauce, etc...

Las secciones de aforo deben situarse siempre de forma perpendicular a las líneas de la corriente. El punto de aforo debe ser seleccionado de forma que la sección transversal sea lo más regular posible, con flujo de agua perceptible en toda la sección y profundidad de lámina de agua adecuada para el modelo de molinete empleado.

En caso de existir, se deben seleccionar tramos canalizados del cauce, estribos de puentes o tramos de cauces en estado natural, pero con secciones regulares y limpias de grandes piedras o vegetación, y en los que no se produzcan pérdidas o retornos, remolinos y contracorrientes, ni tampoco, zonas de aguas muertas que alteren su régimen laminar. En la búsqueda de estas infraestructuras, se debe primar la identificación y empleo de instalaciones de aforo construidas a tal efecto, por



organismos que realizan controles foronómicos propios (IGME, Confederaciones Hidrográficas, etc.).

Se deberá dividir la superficie libre del transversal del río en los puntos necesarios, suficientemente próximos entre sí para la correcta discretización del cauce, en cuanto a forma y profundidad. Los dos puntos extremos deben de estar próximos a las respectivas orillas, y la distribución de estos puntos debe ser tal que las franjas resultantes sean aproximadamente rectangulares. En caso de que la topografía del fondo sea irregular los puntos deben ser más numerosos.

Las separaciones o distancias entre las verticales variarán en función de las discontinuidades del perfil o sección transversal del cauce, de manera que serán mayores en los más regulares y menores en los más irregulares, dado que deberán controlarse todos aquellos puntos en los que exista cambio de pendiente en la línea de fondo, así como los puntos considerados de velocidad máxima.

En cada uno de los puntos se realizarán las medidas de velocidad media con el molinete en la vertical, moviendo el molinete lentamente de arriba abajo, de forma que una de las medidas debe estar muy próxima a la superficie del agua y otra muy próxima al fondo. La medida deberá tener la duración suficientemente para asegurar que la velocidad media reflejada corresponde a la media de velocidades que se dan en la vertical del punto de medida, no aceptándose medidas por debajo de 1 minuto de duración en cauces poco profundos y de 5 minutos en cauces profundos. Esta operación se debe repetir en cada uno de los puntos en los que se haya dividido la sección.

En cauces estrechos en los que la discretización de la sección obtiene puntos de medición muy próximos y similares entre sí (profundidad, velocidad de flujo medida...) se puede hacer una única medición de velocidad media a lo largo de toda la sección de cauce, adoptando la velocidad media obtenido como la propia de circulación del cauce. Se debe medir y describir con detalle todas las particularidades y dimensiones del cauce o sección.

Se debe aplicar el coeficiente de corrección adecuado, según la forma y tipología de margen, en cada una de los dos puntos extremos configurados.

Los aforos deberán repetirse las veces que sean necesarias hasta verificar que los valores obtenidos son coherentes. Con el mismo fin se ha de comprobar periódicamente el correcto funcionamiento del dispositivo de medida, en este caso el molinete (palas del molinete, giro sobre el eje, conexiones con la unidad de visualización...).

Aforos con flotador

Debido a la imprecisión de este método, su uso quedará limitado a situaciones donde no se pueda utilizar otros de los procedimientos descritos o bien como método de contraste.

Para la ejecución del aforo se procederá de la siguiente forma: Se tomará un tramo de la corriente de longitud conocida; se medirá el área de la sección, y se lanzará un cuerpo flotante, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que tarda el flotador en llegar al punto de control situado aguas abajo.



El objeto flotante debe cumplir una serie de condiciones que favorecen la medida de velocidad. Entre estas condiciones se cuentan la esfericidad del objeto, sus dimensiones con respecto a la sección del cauce, la flotabilidad (favoreciéndose aquellos que por peso, en su avance discurren por debajo de la superficie del agua y no sobre ésta). Una esfera de madera o plástico denso (densidad ligeramente inferior a 1) y diámetro de unos 50 mm es un flotador ideal.

Aforos con recipiente graduado

Se empleará este método en fuentes y manantiales y cauces de pequeña entidad, en los que el caudal drenado se puede controlar mediante el llenado de un recipiente graduado, de dimensiones manejables por el operario.

El material necesario es un recipiente graduado adecuado para el caudal de la surgencia y un cronómetro para calcular tiempos de llenado. La técnica consiste en el llenado de un volumen exacto y conocido en un tiempo determinado.

El aforo se repetirá el número de veces que resulte necesario (al menos 3) hasta comprobar que la medida obtenida es fiable y representativa, siendo el valor válido la media de los valores de tiempo empleados en cada aforo.

Aforos con colorantes y trazadores químicos

Se debe elegir una sección adecuada del cauce, en la que el flujo sea prácticamente constante y uniforme.

Estos métodos se basan en, la variación de concentración que experimenta un soluto en disolución, desde su punto de vertido a otro de observación, situado a una distancia determinada, al ser vertida sobre el cauce de un río. En este sentido se seguirá las diferentes metodologías establecidas en el capítulo 7.1 y apéndice 7.1 de la publicación Manual de Hidrología Subterránea, *Custodio, E. & Llamas, M. R. (1996)*.

Se añadirá la sustancia a diluir o el colorante en el punto de control aguas arriba. Se medirá la concentración o colorimetría, en función del tiempo un punto de control situado aguas abajo, a una distancia conocida del punto de vertido.

El cálculo de la velocidad de flujo, en una sección de dimensiones conocidas da lugar a la obtención del caudal de circulación puntual.

Aforos en cauces superficiales

Los aforos en cauces superficiales, tienen como objetivo la medida del caudal circulante por todos los cauces de tipo superficial (ríos, arroyos, caudales efluentes, etc.). Estos cauces normalmente tienen relación directa o indirecta con el medio acuífero a estudiar, por lo que en ocasiones su caudal debe ser cuantificado y analizado convenientemente, así como sus variaciones temporales.

Una particularidad de este tipo de aforos es la realización de aforos diferenciales, que tiene por objeto estudiar la evolución en la relación existente entre los sistemas acuíferos y los diferentes cauces fluviales que atraviesan los afloramientos permeables en la superficie. Esta relación se puede cuantificar evaluando el caudal de paso antes y después de atravesar el cauce una formación, conjunto de materiales, falla... La diferencia constituye el caudal intercambiado entre ambos.



Aforos en fuentes y manantiales

Los aforos en fuentes o manantiales tienen la finalidad de seguimiento de caudal drenado por surgencias naturales, en función de las condiciones hidrogeológicas reinantes en cada momento, ya sean naturales o en estado de afección por actuaciones en el medio.

La metodología de aforos cuenta con diversos métodos de ejecución. El método elegido será el que se considere más adecuado para cada caso en particular y que garantice unos resultados precisos y fiables, si bien el método va a depender en gran medida de la entidad de la surgencia natural y del volumen de agua drenado por unidad de tiempo.

Aforos en túnel

Los aforos en túnel corresponden a un caso muy particular en cuanto a la tipología de punto a controlar. En el caso de túneles que no han sido sometidos a tratamientos de impermeabilización (o ésta no ha sido eficiente), se convierten en zonas de drenaje de acuíferos, en los que es posible establecer puntos de observación directa para controlar el caudal drenado por éste, bien sea en el avance de la perforación durante la construcción, bien las fluctuaciones de caudal acontecidas posteriormente (ya sean por causas naturales o modificaciones antrópicas).

Los métodos de aforo serán los mismos que los indicados para cauces superficiales y para manantiales y fuentes, aunque el sistema empleado habitualmente en este tipo de medidas es el del molinete. En todo caso el método de medida estará condicionado por el caudal a aforar, empleando en cada caso el método que mejor se ajuste a éste.

La localización de los puntos de agua a controlar en el interior del túnel, se hará a partir del punto kilométrico (p.k.), túnel (en caso de existencia de dos túneles paralelos) y posición de la surgencia en la sección del túnel, haciendo referencia a izquierda y derecha en el sentido de avance de p.k.

La formación geológica en la cual se detecta la surgencia es otro apartado importante a definir a la hora de hacer el control de caudales en el interior del túnel.

Este tipo de seguimiento cuenta con la dificultad añadida de que las secciones de aforo son del todo irregulares y muy difíciles de controlar. Si el caudal drenado por el túnel tiene una magnitud suficiente (de forma constante o en picos de caudal) se debe proponer la construcción de secciones de control de aforo para su medición y seguimiento en el tiempo.

Estas secciones se deben construir en uno o los dos márgenes del túnel, en zonas que entorpezcan los trabajos en el interior y que a su vez no se vean afectados por los mismos, como pueda ser el tránsito de maquinaria, personal etc. Deben recoger la totalidad del agua drenado por el túnel. Deben estar configuradas de forma que su interior conforme una sección uniforme y homogénea con velocidad de circulación a su través uniforme, que posibilite una medición fiable del caudal circulante mediante el método seleccionado finalmente.

La posición de las secciones de control de aforo debe ser definida de forma



conveniente por el Consultor, presentando un plan de control que de manera justificada recoja todos los aspectos constructivos de las mismas, número, dimensiones, posición, etc. La propuesta de instalación y características deben ser aceptadas por la Dirección del Contrato.

Registro de datos y presentación

Todos los datos del aforo deberán quedar reflejados en un Parte de Aforo en Campo, y posteriormente transcritos a las correspondientes Fichas de Aforo. La Dirección del Estudio podrá solicitar en cualquier momento los Partes de Aforo en Campo, una vez realizados los aforos, debiéndose cumplimentarse éstos durante la ejecución.

Los aforos realizados con molinete deben formalizarse en un estadillo de registro, en el que deben constar la anchura del cauce, distancias parciales de las medidas a uno de los márgenes, profundidades en cada punto de medida, velocidad media medida en la vertical de cada punto, así como una valoración de la forma y estado de los márgenes que permita la aplicación del coeficiente correspondiente. Se debe acompañar de un croquis de la sección del cauce, reflejando en el mismo, forma y magnitudes.

La Ficha de Aforo debe incluir toda esta información reflejada en los Partes, así como el cálculo final de caudal circulante por la sección de aforo, un croquis en planta de la situación del punto de aforo y fotografía de ejecución y ubicación.

En el resto de tipos de aforos se debe incluir una descripción detallada del método de medición, así como de la sustancia u objeto empleado, medidas realizadas, tiempos empleados, distancias de control, muestreos y concentraciones detectadas y dimensiones del canal de aforo (profundidad de márgenes e interior del canal, ancho de cauce...).

En el caso de manantiales, se deben incluir una serie de observaciones específicas, en cuanto a la naturaleza del punto de aforo: estas son la naturaleza genética de la surgencia, la observación de la variación de la cota de surgencia en función de la época de año en que se realiza el aforo, el carácter estacional del caudal drenado por la misma, etc.

Las Fichas de Aforo deben incluir de forma detallada y descriptiva el método de aforo empleado, así como los cálculos de caudal obtenidos a partir de ellas y las posibles interpretaciones a realizar una vez analizados los resultados.

2.4. Instrumentación

Instrumentación de piezómetros cerrados

Los sondeos piezométricos cerrados se instrumentarán preferiblemente con sensores de cuerda vibrante.

Cada sensor piezométrico necesita, una vez construido, una calibración inicial en la que se obtiene su constante de conversión, necesaria para transformar las frecuencias medidas en presiones. Además, en el momento de la instalación se calibra su "cero" de presión, que al igual que las constantes, es también distinto para cada sensor. El dispositivo ha de contar asimismo con un termistor integrado, que permita controlar la posible influencia térmica sobre el transductor de presión.



Los sensores piezométricos deberán tener una precisión mínima del 0,5%, y un rango de medida suficiente para las presiones esperadas.

La instalación exterior del cable, permitirá la correcta identificación del sensor a donde está conectado y permitirá siempre la lectura manual mediante conectores aprobados por la Dirección del Contrato.

Cuando se considere necesario un registro continuo de los sensores se conectaran a un módulo de adquisición y almacenamiento de datos ("datalogger"). El cableado se realizará de manera que permita la fácil conexión de un lector manual sin tener que desconectar el módulo de lectura automático. El dispositivo se elegirá en función de la memoria necesaria, número de canales ocupados y las funcionalidades que debe tener y será aprobado por la Dirección del Contrato a propuesta del Consultor.

Instrumentación de piezómetros abiertos

Los sondeos piezométricos abiertos podrán ser instrumentados mediante la colocación de un sensor de presión autónomo, que permitirá medir y registrar el nivel del agua en el sondeo.

El dispositivo se suspenderá de un cable de acero inextensible, de textura Vectran, y de longitud conocida. Deberá estar siempre inmerso en la columna de agua, para lo cual habrá de preverse la posible variación del nivel piezométrico. El sensor de presión tendrá una precisión de 0,5%, y un rango de medida suficiente para las presiones esperadas.

Estos dispositivos registran la presión de la columna de agua que se encuentra por encima del sensor más la presión atmosférica. Por tanto, para conocer exactamente la presión correspondiente a la columna de agua, será necesario compensar las variaciones de la presión atmosférica, restándola de la presión absoluta registrada. Con este propósito debe instalarse a su vez un sistema de medida de presión atmosférica. Para ello se puede emplear en el propio piezómetro por un barómetro de superficie de dimensiones reducidas, o bien, emplear un sensor que permita compensar la presión:

El sensor de presión atmosférica puede ser único si los sondeos equipados con sensores de registro continuo se encuentran en áreas próximas y a cotas absolutas del mismo rango, o bien se deben instalar varios cuando las condiciones de proximidad y altitud entre piezómetros es muy diferente.

El dispositivo ha de contar también con un termistor integrado, que permita controlar la posible influencia térmica sobre el transductor de presión.

Para volcar los datos registrados a un ordenador portátil, u otro dispositivo, es necesario extraer el sensor del sondeo y tras realizar el volcado, devolverlo a su posición inicial. Es posible también conectar el sensor a un cable de datos que permita hacer la lectura en el exterior del sondeo (sin extraerlo), o interconectarlo a un registrador de datos, pero debe disponerse de una fuente de alimentación externa pues en caso contrario está muy limitada la longitud del cable que puede emplearse.

El Consultor determinará en cada caso el método más conveniente a utilizar, en función de la cota del nivel piezométrico y las variaciones que del mismo se prevean. El tipo de sensores, precisión, periodicidad de medidas y descarga de datos se deben



fijar de acuerdo con la Dirección del Contrato.

Instrumentación de aforos

Deberán efectuarse medidas de caudal de forma automática o programada en las secciones de control que a tal efecto se determinen en el Estudio. Para ello, se instalarán previa adecuación de estas secciones, los oportunos dispositivos de lectura y registro.

Las secciones de control de aforo estarán conformadas por un canal prefabricado de sección conocida, de hormigón u otros materiales resistentes a la intemperie y a condiciones atmosféricas adversas.

Para dimensionar los canales de aforo es necesario considerar el caudal máximo y mínimo que han de soportar. Antes del punto de medición, el canal ha de extenderse al menos diez veces la anchura de la sección. En la zona de salida el flujo ha de discurrir libremente.

Para evitar el crecimiento de maleza y la acumulación de sedimentos en el canal de aforo, la velocidad de la corriente deberá ser superior a 0.3 m/s. Es preciso también disponer de un flujo laminar, sin remansos ni remolinos en toda su longitud.

Se determinará la pendiente por métodos topográficos con una precisión del 0,5%.

El cálculo del caudal se realizará preferentemente mediante el empleo de dispositivos que obtengan tanto la velocidad de flujo como el área mojada del canal (superficie total atravesada por el flujo).

Para el cálculo de la velocidad de flujo podrán emplearse dispositivos de tecnologías diversas, tales como la correlación ultrasónica, efecto Doppler u otras, de una precisión del 2%. El área mojada, puede obtenerse a partir de la medida del calado, aplicando el algoritmo correspondiente a la superficie transversal de la sección de control. Existen en el mercado dispositivos que proporcionan simultáneamente la velocidad de flujo y el calado.

El caudal puede también deducirse de forma indirecta determinando únicamente el calado. Para ello podrán emplearse vertederos de pared delgada, canales Parshall, o simplemente aplicando la fórmula de Manning. No obstante, deberán realizarse mediciones de campo de la velocidad de flujo con distintos métodos (micromolinete, flotador, etc.), y establecer una curva de gasto que permita contrastar los datos de caudal que se obtengan con los que se esperan de la aplicación de los métodos de cálculo del caudal reseñados.

Cuando el aforo se realice aplicando la fórmula de Manning (u otra similar) es imprescindible que el canal tenga la longitud necesaria para que el flujo sea uniforme y que se calibre la constante del canal una vez instalado mediante técnicas de aforo manual.

Se debe tener en cuenta que los dispositivos de aforo basados en el calado crítico (vertederos, canales Parshall o RBC...) necesitan que el régimen de flujo de aguas arriba sea de tipo lento, si no es así y no se pueden instalar dispositivos de resalto para tranquilizar el flujo, estos sistemas no se podrán emplear.

Cuando el aforo realice en una tubería se puede utilizar contadores de agua como dispositivos de aforo, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:



- El diámetro empleado y el rango del contador debe ser adecuado a las velocidades esperadas del flujo del agua.
- El flujo del agua debe ser siempre a sección llena y respetando la distancia de homogeneidad antes y después del medidor indicadas por el fabricante.
- No se utilizarán contadores de molinete transversal, por su facilidad de atasco y baja resistencia a la abrasión.
- Siempre que sea necesario se utilizarán contadores con salida de pulsos que permita su conexión a un registrador de datos continuo.

Cuando la medida del calado se realice mediante un dispositivo de medida de la presión hidrostática, deberá necesariamente estar dotado de cable venteado u otro mecanismo que permita compensar las variaciones de la presión atmosférica. La precisión del dispositivo será del 2%.

Los dispositivos de medida de velocidad y/o calado deberán ser autónomos o bien podrán alimentarse a través de un módulo de adquisición y almacenamiento de datos al que necesariamente estarán conectados.

El módulo de almacenamiento se instalará en interior de un armario de control ubicado en el interior de una caseta prefabricada o de obra de fábrica construida al efecto; o bien, de existir, en la propia caseta del manantial o captación.

Todos los dispositivos tendrán un grado de protección, rango de operatividad térmica y rango de trabajo acorde con la función que realicen.

Deberán justificarse los sistemas y tecnologías elegidas para determinar el caudal en cada sección de control instrumentada, y éstos deben ser aprobados por la Dirección del Estudio.

2.5. Módulos de adquisición y almacenamiento de datos

Los módulos de adquisición y almacenamiento de datos deben tener las siguientes características:

- Ser dispositivos programables que permitan almacenar las lecturas correspondientes al menos a tres meses con un periodo entre lecturas de 15 minutos.
- La aplicación de programación y traspaso de datos deberá ejecutarse en un ordenador portátil, sin requisitos que puedan considerarse singulares. También debe ser compatible con el software y la emulación de puerto serie que realice el módulo de comunicaciones.
- Tener un grado de protección similar o superior a IP-65 y un rango mínimo de operatividad térmica entre 0º C y 50º C.
- Tener una alimentación interna y autónoma por baterías, capaz de garantizar el funcionamiento del equipo durante más de seis meses. La alimentación se adaptará a una fuente externa de corriente continua cuando el módulo se integre dentro de un armario de terminales y de montaje de módulos cuando así lo determine la Dirección del Estudio.
- El armario de terminales se instalará en el interior de una caseta de obra o



prefabricada dotada de puerta con cerradura.

2.6. Estaciones meteorológicas.

Cuando no sea posible obtener registros de estaciones meteorológicas públicas o cuando estas no tengan la calidad suficiente o simplemente no sean útiles, la Dirección del Contrato puede ordenar la instalación de estaciones meteorológicas propias de ADIF.

Al menos serán estaciones con registro continuo de temperatura y pluviometría. Tendrán de alimentación autónoma y estarán dotadas de sistema calefactor, o similar cuando se prevean precipitaciones de nieve con una frecuencia significativa.

2.7. Control de movimientos verticales

Todos aquellos dispositivos de control de movimientos verticales que se midan mediante un Nivel de Precisión (extensómetros, hitos, bases y regletas de nivelación), tendrán la precisión del propio aparato de medida.

Existen dos tipos de niveles, ópticos y digitales. En ambos casos las precisiones del aparato serán de 0,3mm para un recorrido de un kilómetro de nivelación doble.

2.8. Extensómetros

Los extensómetros se colocarán en los puntos indicados en el Plan de Instrumentación, correspondiendo a zonas especialmente conflictivas desde el punto de vista del terreno, o de la posible afección a edificios, obras o instalaciones. Cualquier otra ubicación o especificación relativa al número de puntos de anclaje o posición de los mismos, no contemplada en el Plan de Instrumentación inicial, debe contar con la autorización expresa de la Dirección.

En el caso de los extensómetros de exterior, se instalarán con suficiente antelación con respecto al momento en que la influencia de la excavación alcance el punto en que están situados. Como norma general, la distancia mínima entre el extensómetro y el frente de excavación en el momento de la instalación será de treinta metros (30 m). La cabeza del extensómetro estará protegida por una arqueta cerrada con llave.

Los extensómetros de interior se instalarán lo más rápido posible tras la excavación. No deberá transcurrir más de un día desde ésta hasta el momento de su instalación y la primera lectura se hará de forma inmediata.

La lectura podrá realizarse manualmente con un calibrador, aunque se recomienda la lectura eléctrica centralizada mediante potenciómetro, cuerda vibrante o cualquier otro método similar. La frecuencia de lecturas se determinará en función de todos los condicionantes existentes y de acuerdo con la Dirección.

2.9. Hitos de nivelación

Se situarán en superficie según itinerarios longitudinales al relleno, en coronación y taludes, o transversales para medir cubetas de asiento. Se procurará no separar los hitos entre sí más allá de veinte metros (20 m), con objeto de preservar la calidad de la medición.



Al igual que los extensómetros de varillas, solo proporcionan información de los movimientos registrados en el extremo del hito, que es el que se encuentra anclado solidariamente al terreno.

La lectura se realizará de forma manual mediante Nivelación de Precisión. La frecuencia de lecturas se determinará en función de todos los condicionantes existentes y de acuerdo con la Dirección.

2.10. Bases de nivelación

Las bases de nivelación son dispositivos auxiliares que se emplean para poder realizar los controles topográficos de nivelación de precisión. Son los puntos de referencia de los controles topográficos. Toda nivelación de precisión debe empezar y acabar en una base de nivelación. Se deben situar, siempre que sea posible, fuera de la zona de afección de forma que no se vean afectados por ningún movimiento. Su estabilidad es la característica principal que les confiere ser los puntos de referencia.

En el caso en el que fuese inviable la instalación de la base fuera de la zona de afección, entonces se instalará a la profundidad a la que se considere que el sustrato es estable (habitualmente suelen estar instalados a unos 20m de profundidad).

El proceso de instalación será el mismo que en el caso de los extensómetros de varillas.

2.11. Regletas de nivelación

Para realizar el control de movimientos verticales en edificios deberán instalarse regletas de nivelación en los elementos estructurales de la fachada.

La medición se realizará de forma manual mediante nivelación de precisión. La frecuencia de lecturas se determinará en función de todos los condicionantes existentes y de acuerdo con la Dirección.

2.12. Miniprismas y control de asientos robotizado

Cuando la Dirección estime necesario realizar un control de subsidencias en tiempo real, se empleará el sistema de control de asientos robotizados mediante estaciones totales.

Para ello es necesario instalar los siguientes componentes:

Puntos de control. Pueden ser de 2 tipos:

Sistema de medición con prismas: requiere la instalación física de prismas, los cuales deben estar colocados de manera firme y estable.

Mide el movimiento vertical de puntos colocados sobre una rejilla virtual horizontal. El ángulo de medida en relación con el ángulo horizontal es de 0° a 45°, por lo que no se pueden tomar medidas en un radio de 6 m con centro en la estación robotizada.

Sistema de medición sin prismas: no requiere la instalación de prismas, ya que la lectura se realiza directamente sobre la misma superficie a medir. Este último sistema se deberá combinar con el sistema de medición con prismas, con objeto de confirmar que las lecturas de este sistema son correctas.



Este sistema se usa para la supervisión en tiempo real del hundimiento y elevación sin la necesidad de objetivos o prismas, proporcionando las medidas absolutas de deformación vertical mientras continuamente se calibra con objetivos o prismas de referencia. La temperatura y correcciones de presión, son aplicadas de la misma manera en tiempo real.

Se deberán instalar algunos prismas de referencia fuera de la zona de trabajo, con objeto de que el sistema pueda comprobar que funciona correctamente, corrigiendo eventualmente sus medidas por el método de los menores cuadrados (posición virtual del teodolito en caso de movimiento de éste, corrección de los efectos térmicos).

Estaciones motorizadas: para la toma de lecturas de los puntos de control. El sistema se instalará en altura sobre un poste en acero u hormigón, o en una azotea o terraza de edificios cercanos situado fuera de la influencia de los movimientos.

Sistema de comunicación: el sistema debe permite comunicar sus lecturas en tiempo real mediante sistemas de transmisión remotos (vía radio, Wifi, 3G, GPRS, etc) al puesto de vigilancia que puede encontrarse en un local próximo. Dicho sistema de comunicación deberá estar constituido por los elementos necesarios, tales como ordenadores, alimentación eléctrica, materiales para las conexiones del tipo cables, convertidores de los protocolos de transmisión, radios y/o módems, etc., y todo lo necesario para llevar a cabo la transmisión de datos.

2.13. Electroniveles

El fundamento de estos sensores consiste en medir variaciones de tensión proporcionales a la inclinación del dispositivo que contiene al sensor. De esta forma se obtienen asientos diferenciales si se colocan de forma horizontal, o de control de desplome si se colocan verticales.

Los componentes de este sistema son los siguientes:

Sensor: es el encargado de medir las variaciones de tensión en función de la inclinación. El rango mínimo de medida debe ser de $\pm 13\text{mm/m}$ y la precisión de $0,1\text{mm/m}$.

Barra de anclaje: es la barra metálica de longitud conocida (habitualmente de 1 o 3m) en la que se encuentra instalada el sensor. Esta barra debe estar firmemente anclada a la estructura que se desea medir. Es habitual instalar varias barras consecutivas hasta cubrir la longitud deseada. Este sistema requiere que uno de los extremos de la secuencia de barras se encuentre anclado a un punto estable, que servirá de referencia a partir del cual acumular los asientos diferenciales. Las barras deberán estar firmemente ancladas a la estructura cuyos movimientos se desean medir.

Unidad Central: es la unidad encargada de recopilar las medidas de los electroniveles. Esta unidad suele estar instalada dentro de un cajetín de registro que contiene otros elementos necesarios para la transmisión de datos, o dispositivos adicionales para complementar las lecturas, como pueden ser módems, antenas de transmisión, sensores de temperatura, etc.



Cables de transmisión: son los cables que unen cada sensor a la unidad central.

Habitualmente las lecturas se envían mediante un sistema de transmisión remota (vía radio, Wifi, 3G, GPRS, etc), al un ordenador central que realizará el procesado final de los datos.

2.14. Arquetas de subsidencia combinada

Para realizar controles de movimientos en los tres ejes espaciales X, Y y Z en superficie se empleará el sistema de arquetas de subsidencia combinadas.

Los componentes de este sistema son:

- Hitos de nivelación para medir movimientos verticales empleando nivelación de precisión.
- Pernos de convergencia que permiten medir, mediante cinta extensométrica, la distancia horizontal entre hitos de nivelación.

A elección del Contratista, y con la aprobación de la Dirección, podrá acoplarse un prisma a la varilla del hito de nivelación, que tras ser medido con una estación total, proporcionará los movimientos en los tres ejes espaciales. De esta forma se sustituye la cabeza esférica del extremo del hito de nivelación por el prisma, y se elimina el perno de convergencia.

Las precisiones en las lecturas serán las del nivel de precisión y cinta extensométrica para medir los hitos y los pernos respectivamente, o las de la estación total si se emplean los prismas topográficos.

2.15. Placas de asiento

Las placas de asiento constan de una placa cuadrada de 1000 x 1000 x 10mm, que lleva soldada en su centro un tubo hueco de 25mm de diámetro, que se mueve solidario a la placa, y protegido exteriormente por otro tubo de 100mm de diámetro concéntrico al anterior, pero no soldado a la placa.

Los materiales serán de acero, calidad mínima ST52. Los tubos interiores serán roscados (macho en la parte superior y hembra en la inferior), en segmentos de 1.000 ó 1.500 mm de longitud exacta (una vez roscados); los tubos exteriores serán del mismo tipo, excepto que el primero que apoya sobre la placa tendrá solo 1.450 mm de longitud, los restantes serán de 1.500 mm.

Las placas de asiento son instrumentos muy susceptibles a sufrir daños que pueden influir en las medidas, por lo que se debe extremar la precaución de no golpearlos accidentalmente con la maquinaria de obra. Asimismo, se tiene que prestar especial atención para mantener la verticalidad de los tubos durante el recrido del relleno.

Las medidas pueden realizarse con instrumentos topográficos convencionales siempre que se obtenga una precisión de $\pm 1.0\text{mm}$.

Frecuencia de lecturas

De acuerdo con el apartado correspondiente desarrollado en el presente documento, se establecerán los períodos de lecturas que sean necesarios, disminuyendo la frecuencia de lecturas en función del tiempo, y de la estabilización de las mismas.



De forma general, se definirá una frecuencia de lecturas inicial, hasta que finalice el proceso de asiento cuando se haya alcanzado la altura máxima de relleno y las lecturas se hayan estabilizado por completo.

Una vez las lecturas estén estabilizadas se deberá mantener una medida con menor frecuencia hasta que finalice la ejecución de la obra o hasta que la Dirección estime necesario.

2.16. Líneas continuas de asiento

Este tipo de instrumentación se aplica para el control de asientos de rellenos y/o edificaciones en suelos de baja calidad geotécnica. El sistema está diseñado para la medida de movimientos verticales en emplazamientos no accesibles por técnicas convencionales, lo que permitirá evaluar el proceso de deformación y/o consolidación del terreno. Esta técnica permite además establecer los volúmenes de tierra necesarios para compensar el hundimiento de los rellenos de forma exacta, así como estimar los tiempos de espera en carga de los rellenos.

El sistema está formado por dos arquetas de control en los extremos de la línea, una tubería embebida en el terreno, y el equipo de medida. A su vez, el equipo de medida consta de un sensor unido a un carrete (manguera) y a una unidad de lectura. Las características principales de cada uno de los componentes son las siguientes:

Tubería: destinada a quedar embebida en el terreno, en el mismo contacto relleno-cimiento. Dicha tubería será la que sufra las deformaciones verticales, y además servirá de tubo guía al sensor (torpedo) mediante el cual se realizarán las mediciones. El diámetro de la tubería ha de ser lo suficientemente grande como para permitir el paso del torpedo metálico rígido, aun con puntos cuya curvatura sea muy importante. Además, debe ser suficientemente elástica en sentido longitudinal para adaptarse a la deformación del terreno y suficientemente rígida en sentido transversal para resistir el aplastamiento producido por la sobrecarga del terreno. La longitud de la tubería será la necesaria para abarcar transversalmente todo el relleno y el efecto de la compactación.

Arquetas: Se colocarán dos arquetas en los extremos de la tubería dentro de las cuales se deberá instalar un punto de referencia topográfica para poder realizar el control de asientos en los extremos de la línea.

Sonda: contiene un sensor diferencial de presión. Es un detector piezométrico con un sistema de cuerda vibrante cuya misión es emitir una señal eléctrica que indique la presión existente por el efecto del agua.

Manguera: une el sensor con la unidad de lectura y está rellena de un fluido de densidad conocida (habitualmente agua).

Unidad de lectura. Es la encargada de recoger y almacenar las medidas en campo. Es capaz de traducir la señal o impulso eléctrico recibido en un valor numérico de presión, generalmente en mm de columna de agua. Las lecturas de presión serán traducidas a valores de altura de carga o de diferencia de nivel.

El sistema tiene un alcance operativo máximo de 100 m ó 200 m de longitud, si ambos extremos son accesibles. Su precisión es de ± 10 mm en condiciones normales y los datos son fiables hasta un rango de deformación de 10 m.



Las líneas continuas de asiento (LCA) consisten básicamente en colocar perpendicularmente al eje del relleno una tubería flexible. Esta tubería irá colocada en una pequeña zanja con una base de arena fina (exenta de gruesos, que podrían ocasionar roturas localizadas por punzonamiento en la tubería), excavada en la misma cimentación del relleno, con objeto de proporcionar un asiento inferior y superior homogéneo. Siempre que se pueda, la zanja se rellenará con el mismo material extraído de su excavación.

En los extremos del tubo se colocarán arquetas de protección con tapa para asegurar la durabilidad de la instalación. Cada arqueta se colocará a un lado del relleno, a una distancia aproximada de 2-3 m medidos a partir de la arista del talud del mismo y en ellas encontraremos los extremos de la manguera. Si la Dirección así lo cree conveniente, las arquetas se dejarán cerradas con una tapa metálica con llave.

En el interior de la arqueta dispondremos de un punto de referencia que deberá ser controlado mediante nivelación de precisión, con respecto al cual se realizarán las medidas de los asientos. Además, se construirá dentro de la arqueta, o muy próximo a la misma, un sistema de anclaje fijo para la unidad de lectura. Este sistema de anclaje podrá ser, por ejemplo, un dado de hormigón, que además, contendrá el clavo de nivelación para el control topográfico. Dada la proximidad del propio dado de hormigón al relleno, éste es a su vez susceptible de verse afectado por el mismo asiento que se pretende medir, por lo que se debe observar topográficamente el clavo de nivelación instalado al efecto.

Con el fin de asegurar la precisión de la toma de datos, se llevará a cabo la calibración del equipo antes de la toma de mediciones, siempre junto al emplazamiento donde se va a realizar la medida.

La medida se realiza haciendo estaciones o paradas con intervalo de 1 metro en el interior del tubo.

Al inicio y final del proceso se realiza una medida sobre el clavo de nivelación instalado en el dado de hormigón. Esta medida tiene doble funcionalidad, verificar que la toma de datos se ha realizado correctamente y referir los asientos medidos a dicho clavo de nivelación.

Las lecturas pueden tomarse de manera manual o asistida con un ordenador para representarlas gráficamente en los correspondientes perfiles de asiento.

Previamente a la instalación de la instrumentación, el consultor redactará una Propuesta de Instalación, la cual incluya las características del sistema a instalar, junto con un esquema de la instalación prevista. Así mismo, el consultor realizará una Propuesta de campañas de seguimiento.

Se tomará nota de las fechas de instalación, calibración y medidas de referencia, y se tomarán fotos una vez terminadas. Todos estos datos estarán incluidos en los informes de resultados.

Los resultados recogerán todas las lecturas realizadas hasta la fecha en forma de perfiles de asiento, así como las incidencias registradas. Si la Dirección así lo cree conveniente, cada lectura indicará la fase de obra a la que corresponde.



2.17. Otros sistemas de control de movimientos verticales

El contratista podrá proponer otros sistemas de instrumentación, siempre sujetos a la aprobación de la Dirección.

2.18. Control de movimientos horizontales

2.19. Inclínómetros

Deberán emplearse estos dispositivos para realizar controles de movimientos horizontales, ya sea deslizamientos del terreno, deflexión de pilas o pilotes, deformaciones de muros de contención...

Los componentes de un inclinómetro son los siguientes:

Tubería inclinométrica biaxial. Se trata de un tubo con doble acanaladura según dos direcciones perpendiculares que se instala verticalmente en el interior del terreno o estructura cuya deformación transversal se pretende medir.

Sonda de medida. Es el dispositivo que se encarga de medir el ángulo de inclinación de la tubería. Habitualmente se suelen realizar lecturas a lo largo de la tubería cada uno o cero con cinco metros (1 o 0,5m). La sonda tendrá una sensibilidad de dos por diez elevado a menos cinco radianes (2×10^{-5} rad) radianes y una precisión de cinco por diez elevado a menos cuatro radianes (5×10^{-4} rad). Poseerá sensor de tipo servoacelerómetro y permitirá medir según dos ejes perpendiculares (biaxial).

Unidad central de lectura. Es la que se encarga de la recogida y almacenamiento de las medidas en campo.

2.20. Clinómetros

Los clinómetros son dispositivos que miden el grado de inclinación de la superficie donde se encuentran instalados. Es muy común su empleo en fachadas de edificios, aunque pueden instalarse en cualquier tipo de estructura cuya inclinación desea conocerse.

Los hay de diversos tipos (cuerda vibrante, servo acelerómetros, etc...) y pueden medir uno o dos ejes.

El rango de medida estará en función de las necesidades, siendo lo habitual entre $\pm 10^\circ$ a $\pm 30^\circ$.

Las lecturas se realizarán de forma automática, lo cual debe permitir, mediante la implantación de un sistema de transmisión remota, visualizar los datos en tiempo real.

2.21. Desplomes

El sistema de medición de desplomes, al igual que los clinómetros, tiene como objetivo medir el grado de inclinación de la superficie sobre la que están instalados.

La medida se realizará de forma manual mediante una estación total topográfica.

El sistema estará compuesto de dos dianas o miniprismas que serán anclados en la misma vertical, a lo largo de la fachada o estructura a instrumentar.



Se intentará en la medida de lo posible, que la distancia entre ambos puntos de medida sea lo más larga posible.

Se evitará colocar el punto más bajo a la altura del paso de personas para evitar el vandalismo.

2.22. Otros sistemas de control de movimientos horizontales

El contratista podrá proponer otros sistemas de instrumentación, siempre sujetos a la aprobación de la Dirección.

2.23. Control de movimientos en el interior de túneles

2.24. Convergencias

Una vez finalizada la colocación de todos los elementos de sostenimiento y a distancia nunca superiores a quince metros (15 m) del frente, el personal del Contratista colocará los perceptivos pernos de convergencia, con referencias ocultas tras pequeñas irregularidades para preservarlos de daños en las sucesivas voladuras.

Para la medida de la convergencia se utilizará la cinta extensométrica de invar con dispositivo de tensionado automático, con un rango de cero a veinte metros (0 a 20 m) y una precisión de cero con cero cinco milímetros (0,05 mm). Como dispositivo de lectura es aconsejable el calibre de cuadrante.

Las secciones de convergencia se colocarán en principio según lo dispuesto en el Proyecto, a una distancia aproximada entre sí de quince metros (15 m). En zonas especialmente conflictivas desde el punto de vista del terreno o debido a entronques, intersecciones, ensanches, etc., no previstos, y con autorización de la Dirección de Obra, se podrán instalar secciones adicionales.

Los clavos se deben colocar los más rápidamente posible tras la excavación, y como máximo a las veinticuatro horas (24 h) del paso del frente de excavación por la respectiva sección. En el momento de la instalación de los pernos se efectuará una lectura, que se establecerá como el origen de las medidas.

2.25. Células de presión

El rango de presiones será de tres MegaPascuales (3 MPa) para las células radiales y de treinta MegaPascuales (30 MPa) para las transversales. La precisión en todo caso será como mínimo de más, menos uno por ciento (1%).

Es recomendable instalar un sistema de medición a distancia mediante cuerda vibrante y centralita de lectura.

2.26. Extensómetros de cuerda vibrante

Estos sensores serán empleados siempre que se desee conocer la tensión a la que está sometido el hormigón de una estructura (pantalla, pilote, dovela, etc.), o la armadura embebida en dicho hormigón.

En el primero de los casos, el extensómetro quedará fijado a la armadura mediante unas bridas u otro sistema que impida que se desplace en el momento del hormigonado, pero que permita cierta holgura para medir las deformaciones del



hormigón.

En el caso de que el objetivo sea medir la tensión a la que está sometida la armadura, el extensómetro deberá soldarse a la misma de forma que quede solidario con la barra de acero donde se encuentra anclado.

La situación del dispositivo en la sección de túnel y la forma de anclaje deben documentarse durante la instalación en planos y con fotografías.

El rango de medida mínimo será de 3000 $\mu\text{m}/\text{m}$ con una resolución de 0,5 $\mu\text{m}/\text{m}$.

Los extensómetros de cuerda vibrante están formados por los siguientes componentes:

Sensor: contiene un hilo anclado a los extremos cuya variación de tensión responde a deformaciones en los extremos del sensor.

Unidad Central: es la unidad encargada de recopilar las medidas de los extensómetros. Esta unidad suele estar instalada dentro de un cajetín de registro que contiene otros elementos necesarios para la transmisión de datos, o dispositivos adicionales para complementar las lecturas, como pueden ser módems, antenas de transmisión, sensores de temperatura, etc.

Cables de transmisión: son los cables que unen cada sensor a la unidad central.

2.27. Células de carga en anclajes

Las células de carga se emplean para medir la carga a la que está sometido un anclaje. Se deberá emplear la célula cuyas dimensiones y rango de medida se adapten a las del propio anclaje.

Este sistema posee los siguientes componentes:

Célula de carga: sensor que mide la carga a la que está sometido el anclaje.

Unidad Central: es la unidad encargada de recopilar las medidas de las células. Esta unidad suele estar instalada dentro de un cajetín de registro que contiene otros elementos necesarios para la transmisión de datos, o dispositivos adicionales para complementar las lecturas, como pueden ser módems, antenas de transmisión, etc.

Cables de transmisión: son los cables que unen cada sensor a la unidad central.

Durante el proceso de instalación, deberá tenerse especial cuidado en que la célula quede perfectamente centrada entre la placa de reparto y la placa de distribución del anclaje.

2.28. Vehículo auscultador (vehículo de inspección automatizada)

Equipos de inspección para realizar una auscultación continua de una superficie mediante la adquisición de imágenes, que proporcionen una completa descripción geométrica y visual de dicha superficie.

El consultor indicará el tipo de vehículo auscultador (tecnología), así como el tipo de procesado de la información a realizar, manual o automático; y los datos proporcionados por el sistema, tales como: estado actual del área en estudio mediante un mapeado de superficie, datos geométricos de la misma, información 3D. En el Plan de Trabajo se informará la precisión que se alcanza en la detección de



patologías de pequeño tamaño, como es la fisuración y la velocidad necesaria para alcanzar dicha precisión.

Se realizarán las pasadas necesarias para obtener finalmente datos de todo el perímetro o de la zona a estudiar.

Por otra parte, la adquisición de la información deberá estar controlada por una señal de sincronismo proporcionada por GPS siempre que sea posible, o por un odómetro asociado a la rueda del vehículo.

En el caso de su aplicación en ferrocarriles, el consultor deberá realizar la inspección sobre un vehículo homologado para la circulación en el interior del mismo.

Posteriormente se llevará a cabo un análisis de la información mediante el software apropiado, que permita la comparación de los datos obtenidos en distintas campañas y conseguir así el estudio de la evolución de los posibles defectos. Siempre que sea posible, dicho análisis se llevará a cabo de forma automatizada.

Este sistema de auscultación, actualmente dispone de 2 tecnologías distintas:

- Inspección mediante **Láser-Escáner**.
- Inspección mediante **Cámaras de Alta Resolución**.

1. Láser-Escáner

Conjunto de espejos que constituyen un haz láser, el cual obtiene medidas de alta resolución con gran velocidad de escaneo.

En el caso de su aplicación en túneles ferroviarios, permite obtener un mapeado de la superficie interior del túnel, control de gálibos mediante secciones transversales al eje de la vía, y parámetros geométricos propios de la vía.

Este sistema se puede aplicar en túneles con distintas secciones a lo largo del mismo tubo, ya que tiene un amplio rango de uso en cuanto a la distancia existente entre el equipo de inspección y el paramento a reconocer, por lo que la obtención de información no se ve distorsionada por el cambio de geometría de la sección inspeccionada.

2. Cámaras de alta resolución

Sistema basado en el análisis de las imágenes captadas utilizando técnicas de visión artificial, a partir del cual se puede obtener un mapeado automático de la superficie en estudio.

La característica más importante de este sistema es que la configuración óptica facilita la detección de las grietas y deterioros gracias a la información en 3D que se obtiene de la superficie inspeccionada (profundidad de las grietas).

Dicho sistema requiere de unas labores de calibración de las cámaras previas a la inspección, puesto que las mismas deben encontrarse a una distancia inferior o igual a 2 m del paramento inspeccionado con lo que se logrará un rango de medición de profundidad de ± 500 mm.



En el caso de su aplicación en túneles ferroviarios, se puede obtener un mapeado de la superficie interior del túnel. Este sistema es apropiado para túneles de sección única a lo largo de todo el tubo, debido a las labores de calibración de las cámaras previas a la inspección.

3. INFORMES DE SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Todos los resultados procedentes de las medidas realizadas en la auscultación se recogerán en listados, tablas y gráficos que se presentarán a la Dirección al mismo tiempo en papel y en soporte digital.

Con carácter rutinario y con la periodicidad que la Dirección establezca, e independencia respecto a otros informes complementarios o de carácter extraordinario que pudieran ser solicitados, se establece el siguiente procedimiento para la presentación de informes, su frecuencia, así como el contenido mínimo de los mismos:

3.1. Informe de Incidencias

Contendrá la recopilación, análisis e interpretación de resultados obtenidos en el caso de detectarse incidencias.

Se realizará siempre y cuando suceda alguno de los siguientes acontecimientos:

- Superación de umbral.
- Instalación o desinstalación de un dispositivo de control.
- Pérdida de lecturas o reparación de un instrumento.
- Cualquier otro acontecimiento que altere el procedimiento normal de control de la zona de estudio.

Su contenido mínimo será el siguiente:

- Análisis de la situación que ha motivado la creación del Informe de Incidencia.
- Esquema de situación de la instrumentación general de la zona y de la zona específica en la que se haya producido la incidencia.
- Resultados en forma de tablas y gráficos de los sensores en los que se haya producido la incidencia.
- Conclusiones y resolución de la incidencia.

3.2. Informes de seguimiento periódicos

Contendrá la recopilación, análisis e interpretación de resultados obtenidos, con carácter rutinario, en un determinado período de medición.

La frecuencia de estos informes será determinada por la Dirección en función de la magnitud y complejidad de la instrumentación instalada, de las características de la zona de estudio, de la urgencia de la disponibilidad de medidas, etc., pudiendo ser semanal, mensual, bimensual...

Su contenido mínimo será el siguiente:



- Planos actualizados de situación de la instrumentación instalada de la zona de estudio.
- Tabla con todos los sensores instalados, divididos por tipos, y donde quede reflejada, entre otras, la fecha de instalación, la fecha de la primera lectura cero, fecha de reposición si procede y umbral en el que se encuentra en el momento de emisión del informe.
- Situación de la instrumentación: activa, inactiva temporalmente, repuesta, baja definitiva, etc... teniendo en cuenta incidencias, umbrales en informes previos...
- Resultados del período de control en forma de tablas y gráficos de todos los sensores.
- Conclusiones. Deberá realizarse un análisis de los datos y una interpretación de los resultados obtenidos y en base a ello una valoración de las posibles causas que hayan podido generarlos cuando éstos hayan rebasado algún umbral.

3.3. Informe Final de Auscultación

Contendrá la recopilación global, análisis e interpretación de todos los trabajos realizados a origen y sus conclusiones.

Será único y se redactará al final de los trabajos de Auscultación.

Su contenido mínimo será el siguiente:

- Planos actualizados de situación de la instrumentación instalada de la zona de estudio.
- Tabla con todos los sensores instalados, divididos por tipos, y donde quede reflejada, entre otras, la fecha de instalación, la fecha de la primera lectura cero, fecha de reposición si procede y umbral en el que se encuentra en el momento de emisión del informe.
- Situación de la instrumentación: activa, inactiva temporalmente, repuesta, baja definitiva, etc... teniendo en cuenta incidencias, umbrales en informes previos...
- Resultados del período de control en forma de tablas y gráficos de todos los sensores.
- Conclusiones. Deberá realizarse un análisis de los datos y una interpretación de los resultados obtenidos y en base a ello una valoración de las posibles causas que hayan podido generarlos cuando éstos hayan rebasado algún umbral.
- Conclusiones y recomendaciones desde el punto de vista geológico – geotécnico, hidrogeológico, análisis de riesgos.





**SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACION AMBIENTAL Y LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL TÚNEL 40 Y ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA DEL P.K.
277+400. LÍNEA LEÓN – A CORUÑA. PROVINCIA DE ORENSE**

ANEJO Nº 5

INSTRUCCIONES GENERALES PARA LOS TRABAJOS EN VÍA



INDICE

| | |
|--|---|
| 1. AMBITO DE APLICACIÓN | 3 |
| 2. NORMATIVA DE APLICACIÓN..... | 3 |
| 3. CONTROL DE LOS TRABAJOS: PETICIÓN DE PERMISOS, ENCARGADOS DE TRABAJOS Y PILOTOS DE SEGURIDAD..... | 3 |
| 4. PRESCRIPCIONES ESPECÍFICAS PARA EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE CAMPO | 4 |
| 4.1. Calicatas de plataforma..... | 4 |
| 4.2. Ensayos de penetración dinámica continua | 6 |
| 4.3. Sondeos en plataforma ferroviaria | 6 |
| 4.4. Ensayos de carga con placa estática | 6 |
| 4.5. Ensayo de carga con placa dinámica..... | 7 |
| 5. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS | 7 |
| 5.1. Calicatas de Plataforma :..... | 7 |
| 5.2. Ensayos de penetración dinámica de plataforma : | 8 |
| 5.3. Sondeos en Plataforma : | 8 |
| 5.4. Ensayo de carga con placa estática..... | 8 |
| 5.5. Ensayo dinámico de carga con placa :..... | 9 |



1. AMBITO DE APLICACIÓN

En este anejo se recogen las disposiciones a cumplir para la realización de investigaciones y ensayos sobre la plataforma de vías y sus franjas de seguridad tanto en fase de construcción como la de explotación.

2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Adicionalmente a las indicaciones incluidas en este anejo relativas a la realización de trabajos en plataforma en vía, se debe cumplir las prescripciones recogidas en la última edición de las siguientes normativas:

- N.A.V. 3-4-0.2 Balasto. Control de calidad. Toma de muestras y ensayos. El objeto de la presente Norma es proporcionar los criterios que se deben utilizar en:
 - o La recogida de muestras de balasto en los diferentes puntos de muestreo.
 - o El cuarteo, ensacado, precintado y transporte a laboratorio de dichas muestras, y las técnicas operativas y ensayos a que deben someterse las mismas para el control de calidad de los suministros de balasto.
- N.A.V. 7-0-0.0. Seguridad en el trabajo. Estudio general de seguridad. Es objeto de la presente Norma señalar la planificación de los medios que ha de utilizarse en una obra para evitar los riesgos que puedan poner en peligro de accidente a los trabajadores, logrando una mayor seguridad en su trabajo.
- N.A.V. 7-0-1.0. Seguridad en el trabajo. Trabajos ferroviarios más frecuentes. Es objeto de la presente Norma, indicar los peligros de accidente que pueden producirse con mayor posibilidad en las obras ferroviarias de tipo más frecuente y señalar las precauciones mínimas a adoptar.

3. CONTROL DE LOS TRABAJOS: PETICIÓN DE PERMISOS, ENCARGADOS DE TRABAJOS Y PILOTOS DE SEGURIDAD

Para un correcto seguimiento de los trabajos, y previamente a efectuar la petición de permisos, se realizará un Plan de Trabajos en Vía que incluya los trabajos a realizar en el ámbito de la plataforma ferroviaria. En esta separata se incluirá lo siguiente:

- Memoria descriptiva de los reconocimientos a efectuar. Se especificará la maquinaria a utilizar así como certificados de calibración de los equipos que así lo requieran.
- Para los ensayos de penetración dinámica y sondeos se fijará la profundidad a la que se detendrá la perforación, o el valor de golpeo mínimo a alcanzar. En el caso de los sondeos se indicará la profundidad de toma de muestras o ejecución de ensayos presiométricos.
- Tabla resumen de la campaña, distinguiendo los reconocimientos a efectuar en la zona de dominio público, zona de protección, zona de peligro para los trabajos, zona de riesgo para los trabajos y zona de seguridad. En caso de emplear maquinaria, en la ficha se detallará el punto de acceso de la maquinaria a la vía. En el Apéndice 1 se recoge la definición de estas zonas.
- Ficha particularizada con el emplazamiento de cada uno de estos reconocimientos. Se indicará si requieren de corte de tensión en catenaria o corte de tráfico en vía.



- Cronograma, con indicación diaria de los trabajos a realizar, así como su orden de ejecución, considerando los periodos de trabajo del titular de la infraestructura.
- Organigrama, con indicación expresa del piloto de seguridad, y de los técnicos que participarán en la ejecución de los trabajos. Uno de ellos actuará como Jefe de Equipo y será el interlocutor en campo con la administración correspondiente.

Esta separata se empleará para la solicitud de permisos a la administración ferroviaria correspondiente, sea ADIF u otros, que transmitirá las correspondientes limitaciones en la ejecución, en particular en lo relativo al corte de tensión en catenaria y corte de tráfico. Hay que incluir un listado de contacto del personal involucrado en los trabajos.

Será responsabilidad del consultor adjudicatario el abono de los costes asociados a los permisos para este tipo de trabajos.

Para los trabajos que se realicen sobre infraestructuras de titularidad de ADIF, será responsabilidad del consultor adjudicatario el disponer de los pilotos de seguridad correspondientes según la normativa vigente.

Adicionalmente, es responsabilidad del consultor la detección de todos los posibles servicios afectados. Para ello, deberá ponerse en contacto con la administración o entidad titular de la infraestructura.

4. PRESCRIPCIONES ESPECÍFICAS PARA EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

4.1. Calicatas de plataforma

Las calicatas se realizarán por medios manuales, sin empleo de maquinaria de movimiento de tierras, incluso la de reducido tamaño como miniexcavadoras. Está admitido el uso de perforadoras manuales. Sólo podrá emplearse maquinaria si existe una aprobación expresa por parte del Director del Contrato y de los titulares de la infraestructura.

Las calicatas deberán ejecutarse en la zona donde están apoyadas las traviesas. Así podrán efectuarse en el borde exterior de la traviesa, o bien entre dos traviesas en el sentido longitudinal. Las paredes de la calicata serán lo más verticales posible.

La referencia para medir profundidades en las calicatas será la cara inferior de la traviesa, aunque se indicará siempre el espesor total de balasto. La profundidad de la calicata debe ser tal que se alcance la capa de coronación del relleno o el fondo de desmonte. No serán de abono aquellas calicatas que se ejecuten separadas de la traviesa aunque se encuentren sobre la plataforma ferroviaria, a menos que exista una autorización al efecto por parte del Director del Contrato.

A medida que se va excavando, se deberá separar el material de las diferentes capas existentes en capazos, de forma que se garantice que no se mezclen los diferentes materiales para su correcta restitución y compactación. Alternativamente se podrá disponer el material sobre lonas.

En cada cata se realizarán los siguientes reconocimientos mínimos, a menos que se indique lo contrario:

- Reconocimiento de la vía. Se indicará el tipo de traviesa existente y el ancho de vía. Se elaborará un croquis transversal acotado con la posición de la calicata.
- Reconocimiento visual del terreno. Se indicará siempre el espesor de balasto, su naturaleza (porcentaje de árido calizo/silíceo /ofítico u otros), su tamaño, forma y tipo



de contaminación presente. Se realizará una fotografía que procuren reflejar la proporción de los diferentes tipos de balasto en el caso de existir mezcla.

Se determinará el espesor y naturaleza de los materiales de las distintas capas constituyentes, siguiendo los criterios de descripción de materiales fijados en el PPTP. En caso de apreciarse cambios de espesor en las capas, se indicará, tanto longitudinal como transversalmente.

- Toma de muestras. Como criterio general, se procederá a la toma de muestras y ensayos in situ en la capa de terreno situada inmediatamente por debajo del balasto y en el fondo de la calicata. Si durante la ejecución de la calicata se detectan capas de terreno adicionales a las anteriores, se procederá a su muestreo.

Las muestras en saco tendrán el peso mínimo para la realización de ensayos de identificación y compactación (como mínimo tendrán un peso de 50 kg). Se adjuntarán muestras en botes herméticamente cerrados para realizar ensayos de humedad.

Las muestras inalteradas se realizarán mediante la hincada de tomamuestras manuales a golpeo, con una recuperación mínima de 20 cm. Para la retirada de la muestra de excavará el material del alrededor evitando los golpes. Se sellarán los extremos de la muestra con parafina y venda y se protegerán con tapones de goma.

Se tomará también un número suficiente de muestras para el análisis del balasto, siguiendo las instrucciones recogidas en la norma NAV 3.4.0.2 para la toma de muestras en vía.

- Ensayos "in situ". Se ejecutarán los siguientes ensayos in situ coincidiendo con los puntos de toma de muestras.
 - o Humedades y densidad por el método nuclear según ASTM D2292/96 D3017. Por cada determinación de densidades con el densímetro nuclear se realizarán al menos 3 puntos de medida para determinar un valor medio. Estas tres medidas se realizarán en el mismo hueco. La toma de medidas se realizará dejando la fuente en una profundidad fija, girando el densímetro en cada una de las tres mediciones, no se variará la profundidad de la fuente durante la determinación de la densidad. Se tendrá especial cuidado en comprobar que se toma la medida sobre terreno que no ha sido removido con las labores de excavación.
 - o Se realizarán al menos tres ensayos por el método de la arena según norma NLT-109/87 y su equivalente UNE 103 503, cuyos resultados deberán contrastarse con los obtenidos por el método nuclear.
 - o Ensayos de carga con placa dinámica de 300 mm según UNE 103807-2. Se realizará en primer lugar el ensayo de carga con placa dinámica y posteriormente la toma de densidades.

Una vez efectuada la calicata, se repondrá el terreno a su posición original. Para ello el Consultor deberá proceder a la compactación cuidadosa por tongadas del material extraído en las calicatas para lo cual utilizará un compactador manual ligero. Se dispondrá de una provisión de zahorra y balasto (en sacos, canastos u otro sistema) para realizar la correcta reposición de las calicatas.



4.2. Ensayos de penetración dinámica continua

Se realizarán pegados al borde de traviesa o entre traviesas, desde una vagoneta o sobre la misma banqueta de balasto. La realización del ensayo alejado del borde de la traviesa requerirá de la autorización previa del Director del Contrato.

Por su versatilidad, se empleará preferentemente maquinarias sobre cadenas de goma. El empleo de otras tipologías deberá contar con la aprobación previa del director del contrato. Cuando proceda, se dispondrá tablonas para acceder a la banqueta de balasto y para remontar los raíles.

No será imprescindible retirar el balasto. En cualquier caso se debe conocer el espesor total de balasto en ese punto para interpretar correctamente los resultados. Debe tenerse en cuenta que en las catas el espesor de balasto se mide bajo traviesa y el penetrometro se inicia por encima de ese punto.

La profundidad del ensayo se definirá en función de las características específicas de la zona de estudio.

Se contará y anotará el número de golpes necesarios para cada 10 cm de hincada, marcando previamente a la realización del ensayo las profundidades en las varillas.

En el caso de que el varillaje al extraerse esté mojado, se anotará este dato que se reflejará en la ficha correspondiente.

En caso de producirse rechazo a menos de 0.5 m de profundidad, 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 supera 1 m de longitud.

4.3. Sondeos en plataforma ferroviaria

Para el estudio de los rellenos puede ser necesaria la realización de sondeos sobre la plataforma ferroviaria. Se deben emplazar lo más próximo posible a la traviesa o entre traviesas, a no ser que existan limitaciones por otros motivos. No serán de abono aquellos sondeos que se ejecuten separadas de la traviesa aunque se encuentren sobre la plataforma ferroviaria, a menos que exista una autorización al efecto por parte del Director del Contrato.

Se efectuará un ensayo SPT, toma de muestras inalteradas o ensayo presiométrico cada metro de perforación, de tal modo que se disponga del mayor número posible de datos. La no ejecución de ensayos cada 1 m de perforación deberá ser justificada.

Tras la finalización no se colocará tubería ranurada de PVC ni arqueta.

Una vez finalizada la perforación, se procederá a la restitución de la plataforma, para lo que se dispondrá de una provisión de zahorra de 20 mm y balasto, para rellenar la perforación. Este relleno se realizará a medida que se extrae el revestimiento, levantando la entubación lentamente evitando que se desmoronen las paredes de la perforación.

4.4. Ensayos de carga con placa estática

Estos ensayos se realizarán según norma UNE 103808, coincidiendo su posición con las proximidades de una calicata de plataforma, de cara a conocer las características del terreno a ensayar.

Se situarán en el eje, en el centro de la caja de vía entre dos traviesas consecutivas. Si es



necesario, se procederá a desapretar las sujeciones de una o dos traviesas para proceder a su retirada. Se realizarán preferentemente sobre el terreno situado por debajo del balasto.

Alternativamente se podrá colocar, previamente a la ejecución del ensayo, un cajón metálico entre traviesas que actúen como sistema de entibación del balasto, y que alcance la capa de subbalasto u otra equivalente.

Las dimensiones de este cajón deberán ajustarse a las características de la vía y permitir la realización del ensayo, por lo que previamente a su construcción se deberá conocer la profundidad a la que se encuentre el nivel que se quiere ensayar, para lo que se realizará una cata de plataforma previa.

El cajón puede hincarse previamente a la ejecución del ensayo quedando tapado con una chapa metálica convenientemente sujeta hasta la realización del ensayo. El tiempo transcurrido entre su realización y su ejecución debe ser lo más rápido posible para evitar su descompresión.

Como dispositivo de reacción se podrá emplear maquinaria de movimientos de tierras convencional o maquinaria ferroviaria. En cualquier caso el sistema de reacción debe tener una carga útil de al menos 10 kN superior a la máxima necesaria para la realización del ensayo según norma (UNE 103808:2006).

4.5. Ensayo de carga con placa dinámica

Se efectuarán de acuerdo con la normativa UNE 103807-2:2008. Se realizarán preferentemente dentro de calicatas de plataforma, de cara a conocer los materiales a ensayar. Otros emplazamientos deberán contar con la autorización previa del director del contrato.

5. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS

En la parte superior de cada hoja se indicará el nombre del Consultor, la denominación contractual del Estudio y se incluirá el logotipo de ADIF, se presentarán en formato DIN-A-3.

Si se creó conveniente la presentación de las fichas pueden ocupar dos hojas.

5.1. Calicatas de Plataforma:

En el registro de las calicatas de plataforma se indicará, además de todos aquellos aspectos indicados en el pliego de prescripciones técnicas generales para calicatas los siguientes aspectos:

- Descripción de las características y espesores de las distintas capas.
- Se indicará el porcentaje estimado de balasto calizo/silíceo/ofítico/otros.
- Clasificación según la ficha UIC-719 (para plataformas en estudio con ancho ibérico).
- Grado de compactación (%) respecto de la densidad máxima Próctor Normal/Modificado.
- Profundidad del muestreo y resultado de los ensayos in situ:
 - o Módulo de deformación obtenido en los ensayos de placa de carga dinámicos.
 - o Densidad y humedad "in situ" por el método nuclear y por el método de la



arena.

- Ensayos de laboratorio realizados con las muestras tomadas.
- Croquis acotado de la sección transversal de la plataforma que ilustre la posición del reconocimiento, así como la inclinación de las paredes de la calicata.
- Se incluirán las siguientes fotografías: una de situación de la calicata durante su ejecución, un corte transversal de la calicata una vez alcanzada la profundidad máxima (con un cartel identificativo y una mira topográfica para la comprobación de espesores), y una muestra representativa de balasto para estimación de su naturaleza.
- En el apartado *observaciones* se indicará el espesor total de balasto, el tipo de traviesa, la litología y la cantidad de balasto y zahorra utilizado para la restitución de la calicata.

5.2. Ensayos de penetración dinámica de plataforma:

En el registro de los ensayos de penetración dinámica en plataforma se indicará, además de todos aquellos aspectos indicados en el pliego de prescripciones técnicas generales los siguientes aspectos:

- Croquis acotado de la sección transversal de la plataforma que ilustre la posición del reconocimiento.
- Se indicará la denominación de la calicata de plataforma próxima.
- Fotografía de situación realizada durante su ejecución.
- Espesor de balasto.
- Los resultados se presentarán en dos gráficos o curvas de penetración (que reflejen el número de golpes para cada avance de 10 cm y cada 20 cm) suficientemente claros.

5.3. Sondeos en Plataforma:

En el registro de los sondeos en plataforma ferroviaria se indicará, además de todos aquellos aspectos indicados para los sondeos convencionales los siguientes:

- Croquis acotado de la sección transversal de la plataforma que ilustre la posición del reconocimiento.
- Clasificación según la ficha UIC-719 (para plataformas en estudio con ancho ibérico).
- Grado de compactación (%) respecto de la densidad máxima Próctor Normal/Modificado obtenido a través de los testigos del sondeo.
- Se indicará la composición de la zahorra utilizada para la restitución del sondeo y su cantidad (número de sacos y peso).

5.4. Ensayo de carga con placa estática.

En el registro de los ensayos de placa estática en plataforma se indicará, además de todos aquellos aspectos indicados en el pliego de prescripciones técnicas generales los siguientes aspectos:



- Croquis acotado de la sección transversal de la plataforma que ilustre la posición del reconocimiento.
- Identificación del organismo/laboratorio que realiza el ensayo.
- Descripción del procedimiento de ejecución.
- Referencia a la norma utilizada (UNE 103808:2006).
- Nombre de la calicata de plataforma más próxima.
- Fabricante, nº de serie del equipo y certificado de calibración.
- Nombre del operador.
- Condiciones atmosféricas (incluida temperatura).
- Módulos de deformación vertical del primer y segundo ciclo de carga, así como una tabla semejante a la Tabla A.3. incluida en la norma de referencia.
- Descripción del tipo de suelo sobre el que se realiza el ensayo.
- Cota a la que se toma la muestra a ensayar bajo el ensayo de placa (intervalo de profundidad).
- Ensayos de laboratorio realizados sobre la muestra tomada.
- Un apartado de observaciones en el que se indique cualquier circunstancia adicional que se considere relevante

5.5. Ensayo dinámico de carga con placa.

Los datos mínimos que deberá contener la ficha de representación del ensayo serán:

- Croquis acotado de la sección transversal de la plataforma que ilustre la posición del reconocimiento.
- Identificación del organismo/laboratorio que realiza el ensayo.
- Descripción del procedimiento de ejecución.
- Referencia a la norma utilizada (UNE 103807-2).
- Nombre de la calicata de plataforma más próxima.
- Fabricante, nº de serie del equipo y certificado de calibración.
- Fecha del ensayo.
- Nombre del operador.
- Condiciones atmosféricas (incluida temperatura).
- Resultados obtenidos, asientos medidos y módulo de deformación dinámico calculado en función del valor medio de los asientos.



- Descripción del tipo de suelo sobre el que se realiza el ensayo.
- Cota a la que se toma la muestra a ensayar (intervalo de profundidad).
- Ensayos de laboratorio realizados sobre la muestra tomada.
- Se deberá incluir la densidad obtenida en los ensayos de densidad (método nuclear y/o método arena) que se haya realizado tras la ejecución del ensayo de dinámico.
- Fotografía del emplazamiento, durante la ejecución del ensayo.
- Un apartado de observaciones en el que se indique cualquier circunstancia adicional que se considere relevante





La autenticidad de este documento puede ser comprobada mediante el código seguro de verificación: PXEPW1Z6ZAPHNBE5WM10P38G3R
Verificable en <https://sede.adif.gob.es/csv/valida.jsp>



APÉNDICE 1.

ZONIFICACIÓN DE SEGURIDAD

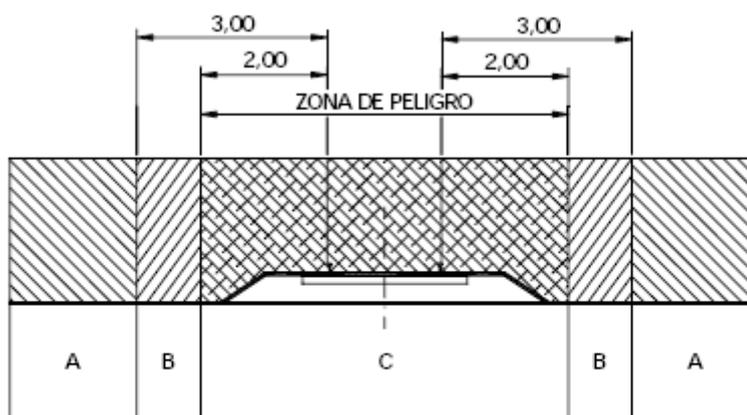
Zona de dominio público de las líneas ferroviaria (Ley 38/2015): franja de terreno de 8 metros a cada lado de la plataforma, medida en horizontal y perpendicularmente al eje de la misma, desde la arista exterior de la explanación (es la intersección del talud del desmonte, del terraplén o, en su caso, de los muros de sostenimiento colindantes con el terreno natural). En los casos especiales de puentes, viaductos, estructuras u obras similares, se podrán fijar como aristas exteriores de la explanación las líneas de proyección vertical del borde de las obras sobre el terreno, siendo, en todo caso, de dominio público el terreno comprendido entre las referidas líneas. En los túneles, la determinación de la zona de dominio público se extenderá a la superficie de los terrenos necesarios para asegurar la conservación y el mantenimiento de la obra, de acuerdo con las características geotécnicas del terreno, su altura sobre aquéllos y la disposición de sus elementos, tomando en cuenta circunstancias tales como su ventilación y sus accesos.

Zona de protección de las líneas ferroviarias (Ley 38/2015): franja de terreno a cada lado de las mismas delimitada, interiormente, por la zona de dominio público definida en el artículo anterior y, exteriormente, por dos líneas paralelas situadas a 70 metros de las aristas exteriores de la explanación.

Zona de peligro para los trabajos (N.A.V. 7-0-1.0.): esta zona comprende la caja de la vía y los espacios situados entre el cabezal del carril y una línea paralela trazada a 2 metros de distancia situada a ambos lados de la vía.

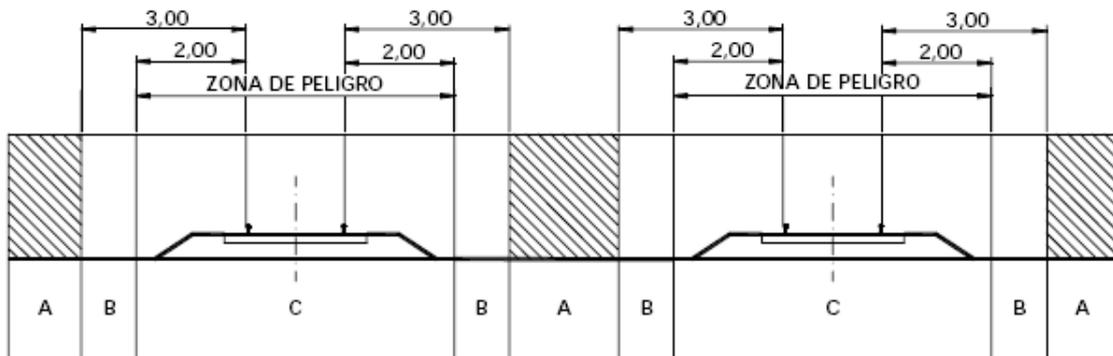
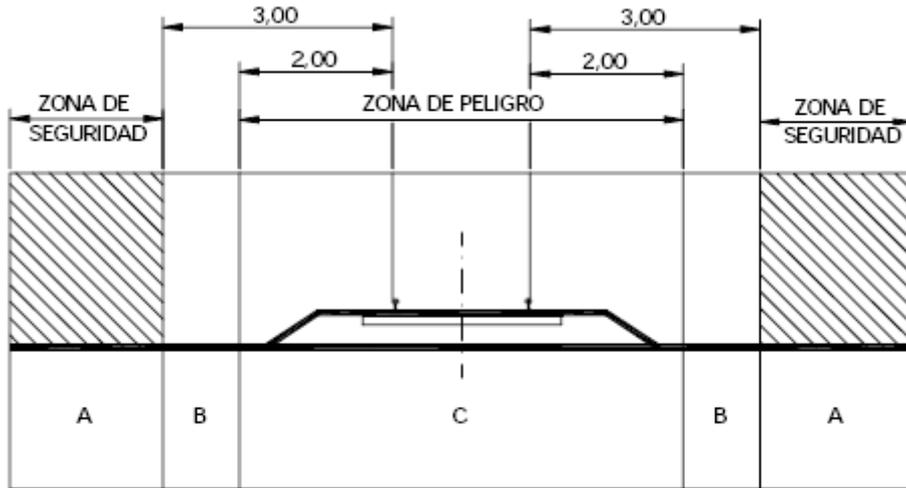
Zona de riesgo para los trabajos (N.A.V. 7-0-1.0.): es la zona comprendida entre la zona de peligro y la zona de seguridad.

Zona de seguridad para los trabajos (N.A.V. 7-0-1.0.): zona situada a partir de la línea paralela a más de 3 metros de distancia, medida desde el borde exterior de la cabeza del carril, a ambos lados de la vía.



- A : ZONA DE SEGURIDAD
- B : ZONA DE RIESGO
- C : ZONA DE PELIGRO







**SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACION AMBIENTAL Y LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN PARA LA ADECUACIÓN DEL TÚNEL 40 Y ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA DEL P.K.
277+400. LÍNEA LEÓN – A CORUÑA. PROVINCIA DE ORENSE**

ANEJO Nº 6

**MODELO DE CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LEGISLACIÓN VIGENTE
EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**



CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LEGISLACIÓN VIGENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Por la presente, (ADJUDICATARIO) certifica hallarse al corriente de sus obligaciones en materia de seguridad, salud en el trabajo y prevención de riesgos laborales impuestas por las disposiciones legales vigentes (Leyes 31/1995 y 53/2003 y Real Decreto 171/2004), acreditando realizar las siguientes actividades específicas para su cumplimiento con anterioridad al inicio de los trabajos contratados “Servicios para la realización de investigaciones geotécnicas en infraestructura ferroviaria en fase de proyecto, obra y explotación”:

- **Elaboración de un Plan de Prevención de Riesgos Laborales específico para los trabajos contratados** que incluye la evaluación de riesgos laborales y la planificación de la actividad preventiva que la UTE va a desarrollar (conforme al Artículo 16 de la Ley 31/1995).
- **Información, consulta y participación de los trabajadores** (conforme a los Artículos 18 y 33 de la Ley 31/1995).
- **Planificación de las medidas a adoptar en caso de emergencia** (conforme al Artículo 20 de la Ley 31/1995).

Madrid, a de de 2018

