



APENDICE 7

PRESCRIPCIONES Y CRITERIOS DE EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO GEOTECNICO DE OBRAS DE EXCAVACIONES, RELLENOS, TÚNELES Y CIMENTACIONES DE OBRAS DE FÁBRICA E INFORMACIÓN A SUMINISTRAR A LA DIRECCION DE OBRA



1. INTRODUCCIÓN

El Proyecto de Construcción elaborado por Interbiak se basa en una intensa campaña de investigación y posterior análisis de la información. Pero hay que resaltar que los datos geotécnicos son puntuales y el modelo geotécnico en concreto se realiza en base a unas interpretaciones sujetas a variaciones. Se ha procurado que en el Proyecto la parte interpretativa sea mínima, para que las variaciones en obra se mantengan dentro del rango previsto, aunque dichas variaciones se producirán inevitablemente.

Para poder llevar las obras adelante con la calidad y seguridad y el nivel de riesgo establecido, y tener certeza de ello, es imprescindible un seguimiento geotécnico y de ejecución de la obra.

El seguimiento geotécnico se basa en varios pilares:

- a) Toma de datos en continuo con la metodología de Proyecto y su análisis en tiempo real.
- b) Validación de las hipótesis de Proyecto y ajuste de las soluciones si fuera necesario.
- c) Recálculo de todos los tajos con datos precisos reales para confirmar el factor de seguridad (en adelante “FS”).
- d) Confirmación del buen comportamiento mediante la auscultación.
- e) Confirmación de la correcta ejecución de la solución mediante el control cualitativo y cuantitativo.

Por todo ello, es necesario dejar bien claros los criterios seguidos en el Proyecto y las pautas y requisitos a cumplir en la obra y de los ajustes a realizar, en su caso.



2. SISTEMA DE COMUNICACIÓN

El sistema de seguimiento y control geotécnico de las obras se enmarca dentro del sistema general de seguimiento definido en el Pliego, donde la Contratista y la Dirección de Obra adquieren una serie de obligaciones en cuanto al seguimiento geotécnico de las obras, dado que dicho seguimiento geotécnico en continuo será el único medio de certificar y demostrar que la obra se ejecuta cumpliendo las prescripciones dictadas por el Proyecto y con las garantías de calidad y seguridad contratadas.

Hay que recordar que la mayor parte de los aspectos geotécnicos se encuentran dentro de la “obra oculta”, y que únicamente están visibles y chequeables en breves espacios de tiempo, por lo que no queda otra opción que el establecer una serie de canales y mecanismos de comunicación de los controles e inspecciones geotécnicas que se realizarán, y que son determinantes a la hora de garantizar la validez de la solución ejecutada, para alcanzar los objetivos marcados.

El contratista debe implantar y disponer de un sistema documental de suministro de información/documentación con la Dirección y su Asistencia Técnica.

El servidor de ese sistema documental debe estar físicamente en la obra o en las oficinas del contratista cercanas a las propias obras. Debe ser redundante con copias de seguridad integra semanal a la propiedad.

Se debe utilizar un sistema de bases de datos georreferenciada de licencia libre y diseñada “ad hoc”. Debe ser compatible con los sistemas de explotación de Interbiak (MyQSL y GVSig) Al inicio de las obras se formará un grupo de trabajo entre Contratista, Interbiak y Explotadora para coordinar la forma del sistema documental. Los procedimientos para el sistema documental deben estar aprobados por la Dirección.



Se debe documentar toda la obra, especialmente en la obra oculta, y a distintos niveles y en distintas fases de la ejecución de cada unidad elemental. La discretización debería ser por unidades elementales.

- PREVIO: Desde el plan de ejecución, materiales, procedimientos plan de seguimiento y control,
- DURANTE: Control de ejecución, control de calidad control geométrico, control geotécnico los PPI's, auscultación validación, informes de seguimiento, La documentación que debe elevar la contrata. Es recomendable que tenga distintos niveles.
- FINAL: Informe final mediciones, as built etc.

Se establecen distintos canales de comunicación como son:

- Correo electrónico
- GIS con acceso Web
- Informes mensuales
- Informes finales

El sistema documental debe ser accesible desde WEB con distintos niveles de autorización y la base documental y el gestor documental se deben poder gestionar mediante GIS.



3. CRITERIOS DE EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS EXCAVACIONES

3.1. Clasificación de las excavaciones según su situación

En primer lugar, se clasifican las excavaciones como:

- Desmontes del tronco
 - ✓ Desmontes inestables contenidos por anclajes y muros (anclados o de escollera)
 - ✓ Desmontes estables
 - ✓ Desmontes singulares
- Desmontes de los ramales
- Desmontes provisionales para la ejecución de estructuras
- Desmontes de los viales de acceso a la obra

3.2. Clasificación de los desmontes y excavaciones en función de la estabilidad y el riesgo. Clasificación, factores de seguridad y criterios de ajuste en obra

Las excavaciones de la obra se pueden clasificar en las cinco categorías que se definen a continuación. Para cada uno de los casos los criterios de diseño, cálculo y seguimiento de la obra son distintos.

3.2.1. Desmontes en laderas inestables o de estabilidad precaria

En este apartado se incluyen tanto las excavaciones u otras soluciones proyectadas. No se puede dissociar la estabilidad del desmonte del conjunto carretera-ladera.

- El factor de seguridad requerido será el de Proyecto: 1,4 ó 1,2 para algún caso excepcional del conjunto deslizamiento de ladera - carretera.



- La instrumentación deberá ser sistemática y no se podrá comenzar la excavación hasta que ésta esté operativa.
- El diagnóstico geotécnico interpretado del Proyecto no se puede modificar por otro más restringido y optimista en obra.
- Seguimiento y Ejecución:
 - Seguimiento geotécnico de ejecución sistemático y recálculo continuo. En cada banco de excavación.
 - Retro análisis obligado en cada fase y una vez finalizado.
 - Los parámetros de cálculo del Proyecto no se podrán modificar al alza.
 - Los elementos de contención no se pueden ajustar a la baja en la fase de ejecución.
 - Si el seguimiento geotécnico en obra lo requiere, se deberá incrementar la cuantía de sostenimiento para alcanzar los FS requeridos en Proyecto.

3.2.2. Desmontes estables

Se consideran desmontes estables aquellos que tienen un factor de seguridad $>1,4$ en condiciones drenadas tanto en suelos como en rocas y que únicamente requieren una estabilización puntual de las cuñas menores mediante bulones. Factor de seguridad provisional $>1,2$. (Periodo de tiempo limitado).

- Seguimiento y Ejecución:
 - Seguimiento geotécnico de ejecución sistemático y recálculo continuo.
 - En cada banco de excavación. Ajuste del sostenimiento.
 - Si el seguimiento de la geotecnia lo requiere, se deberá incrementar la cuantía de sostenimiento para alcanzar los FS requeridos en proyecto.



3.2.3. Desmontes Inestables

Se consideran desmontes inestables aquellos cuya excavación sin sostenimiento simultáneo desencadenaría roturas generalizadas del propio desmonte o provocaría que dicho mecanismo tuviera un $FS < 1,2$.

- Con cuñas de roca de más de 10 m de altura
- Roturas planares o vuelco a favor de sistemas de discontinuidades persistentes: estratificación, esquistosidad y fallas.
- Inestabilización por descalce de acumulación de suelos de ladera en coronación del desmonte
- Rotura circular a través de la masa de roca alterada o suelos
- Sistemas de contención:
 - Muros anclados
 - Pantallas ancladas
 - Escolleras
 - Anclaje sistemático sobre la roca con o sin elementos de reparto
- Factor de seguridad requerido $>1,4$ permanente y $1,2$ provisional (periodo de tiempo limitado)
- Seguimiento y Ejecución:
 - Sostenimiento simultáneo sistemático y drenaje sistemático en cada banco de excavación.
 - Auscultación intensa y sistemática. No se podrá comenzar la excavación hasta que ésta esté operativa.



- Altura máxima de banco sin estabilizar: 4m.
- Seguimiento geotécnico y de ejecución sistemático y recálculo continuo en cada banco de excavación.
- Retro análisis obligado en cada fase y una vez finalizado.
- Los parámetros geotécnicos de cálculo del Proyecto no se podrán modificar al alza.
- Los elementos de contención no se pueden ajustar a la baja en ejecución.
- Si el seguimiento geotécnico en obra lo requiere, se deberá incrementar la cuantía de sostenimiento para alcanzar los FS requeridos en Proyecto.

3.2.4. Desmontes con afección a terceros

Hay excavaciones y desmontes que se realizarán junto a edificaciones, conducciones o vías de comunicación en servicio. En estos casos, además de garantizar la estabilidad se debe garantizar la no deformación de dichos elementos por lo que es necesario limitar las posibles afecciones.

- Factor de seguridad requerido > 2,0 permanente y 1,5 provisional (periodo de tiempo limitado)
- Seguimiento y Ejecución:
 - Auscultación intensa y sistemática. No se podrá comenzar la excavación hasta que ésta esté operativa.
 - Seguimiento geotécnico de ejecución sistemático y recálculo continuo. En cada banco de excavación.
 - Limitaciones por el método de excavación. Control de ruido y vibraciones.
 - Retro análisis obligado en cada fase y una vez finalizado.



- Los parámetros geotécnicos de cálculo del Proyecto no se podrán modificar al alza.
- Los elementos de contención no se pueden ajustar a la baja en ejecución.
- Si el seguimiento geotécnico en obra lo requiere, se deberá incrementar la cuantía de sostenimiento para alcanzar los FS requeridos en Proyecto o para limitar las deformaciones.

3.2.5. Desmontes o excavaciones que condicionan otras partes de la infraestructura.

En esta categoría se quieren diferenciar aquellas excavaciones que se tienen que realizar en la obra y que por un lado son críticas para el cumplimiento de los plazos de la obra y su fallo o proceso de inestabilización parcial o general puede llevar a una parada o reducción importante de la producción; y por otro lado, aquellas excavaciones que hay que realizar al pie de muros y estructuras proyectadas y en las que es necesario estudiar conjuntamente la estabilidad y deformabilidad del cimiento de la estructura en coronación y la excavación.

Concretando el listado puede ser el siguiente:

- Bocas de ataque de los túneles
- Excavaciones al pie de muros, pilas y estribos.
- Factor de seguridad requerido >2,0 permanente y 1,5 provisional (periodo de tiempo limitado)
- Seguimiento y Ejecución:
 - Auscultación intensa y sistemática.
 - Seguimiento geotécnico de ejecución sistemático y recálculo continuo. En cada banco de excavación.



- Limitaciones por el método de excavación. Control de ruido y vibraciones.
- Retro análisis obligado en cada fase y una vez finalizado.
- Los parámetros geotécnicos de cálculo del Proyecto no se podrán modificar al alza.
- Los elementos de contención no se pueden ajustar a la baja en ejecución.
- Si el seguimiento geotécnico en obra lo requiere, se deberá incrementar la cuantía de sostenimiento para alcanzar los FS requeridos en Proyecto.
- Ver notas adicionales en los apartados 3.4 y 3.6.

3.3. Condiciones de ejecución de los desmontes en roca

- Es importante resaltar que a excepción de los casos contemplados en el proyecto adjudicado, de forma general los desmontes en roca se ejecutarán sin bermas, únicamente permitiéndose una berma de 1 m de anchura máxima para la ejecución del precorte.
- Una vez realizado el precorte se deberá realizar sistemáticamente el saneo y reperfilado. No deberán quedar bermas de más de 0,5 m de anchura.
- Todos los desmontes excavados mediante voladura con inclinaciones iguales o superiores al 1h: 1v se realizarán con precorte, siendo el espaciado máximo del mismo de 0,6 m.
- La inclinación de los barrenos del precorte no podrá variar más de 5° respecto a la teórica de diseño reflejada en los planos de Proyecto.
- La altura máxima de los bancos de voladura será de 9 m.
- Todos los desmontes se iniciarán excavando desde la coronación.
- No se podrán ejecutar en un desmonte excavaciones provisionales con inclinaciones superiores a las de diseño.



- Los diseños de los desmontes no son compatibles con voladizos, por lo que en caso de producirse éstos por cualquier causa, se deberán restituir mediante recalces de hormigón bulonados.
- Los desmontes en roca cuya inclinación sea igual o inferior a 45° y en los que se permita excavar mediante voladuras, éstas se podrán realizar sin precorte. Estas voladuras deberán cumplir una serie de condiciones:
 - Las dos primeras líneas de barrenos más próximos al desmonte se fijarán mediante topografía (la totalidad de los barrenos).
 - El fondo del barreno no se deberá aproximar a más de 1m de la línea teórica del talud.
 - El metro próximo al talud se deberá excavar y reperfilar mediante medios mecánicos.
- Todos los desmontes con inclinación igual o superior a 45° deberán ir provistos de malla de triple torsión adosada al talud mediante pernos (No se dispone de cunetones al pie).
- En aquellas zonas donde el volumen de los bloques sueltos grandes no cosidos no pueda ser contenido con los bulones se deberá reforzar mediante redes de cables.

3.4. Condiciones de ejecución de los desmontes en suelos y roca alterada

Siempre que se ha podido se han diseñado desmontes estables teniendo en cuenta las dificultades que conlleva el colocar elementos de contención en dichos materiales y los aspectos negativos que tienen cara a la conservación, gestión del riesgo e integración paisajística, etc.

En el caso de los taludes dobles, el cambio de talud se debe situar en la roca sana, es decir, dicho cambio se debe situar a la profundidad más baja encontrada en dicho desmonte.



En términos generales se han diseñado desmontes al 3h: 2v, dado la gran variabilidad de los parámetros, que varían en pocos metros, espesores y comportamiento frente al agua. En términos generales ni en fase de obra una vez abierta la excavación se puede discriminar tramos ni asegurar su comportamiento con taludes superiores al 3h: 2v.

Otro factor que influye en la estabilidad de dichos desmontes, es la existencia de discontinuidades preexistentes como son el contacto suelo roca y los de la propia red de fracturación heredadas de la roca matriz. Ambas discontinuidades de muy baja resistencia al corte, son determinantes a la hora de valorar la estabilidad de estos materiales.

- En el caso de que el espesor de roca intensamente alterada y suelos a retaluzar en obra sea superior al previsto, no se incrementará la inclinación del talud en dicha zona sino que se optará por retranquear la cabeza o incrementar la inclinación del talud de roca con el consiguiente incremento de sostenimiento.
- En los casos extremos, donde no se puede garantizar la estabilidad de dichos materiales con los taludes diseñados o en los que no ha sido posible dar taludes estables se proyectan soluciones de estabilización siempre con una condición de borde superior a 2 m. En estos casos, la ejecución está condicionada por la ejecución por fases verticales y horizontales, bataches. Y pasan a la categoría de desmontes inestables.

3.5. Proceso de análisis y cálculo (DO, ATDO y Contratista)

Tanto en el proceso de seguimiento geotécnico de la ejecución de la obra como para la presentación de propuestas de ajuste o modificación por parte del Contratista y la Dirección de Obra, en su caso, se deberá aportar una información geotécnica cuyo contenido mínimo y procedimiento deben ser los seguidos en el Proyecto.



Todas las propuestas se remitirán en formato pdf y en y archivos digitales ejecutables.

En resumen, los contenidos mínimos deben ser los siguientes:

- Cartografía geológico-geotécnica con determinación de contactos y puntos de lectura y observación y afloramientos.
- Listado de todos los datos de partida con formatos y contenidos mínimos seguidos en proyecto:
 - Datos del macizo rocoso
 - Catas y sondeos
 - Ensayos in situ
 - Ensayos de laboratorio
 - Geofísica
- Modelo geológico-geotécnico en alzado y perfil para cada situación homogénea.
- Caracterización estructural del macizo rocoso.
- Propuesta justificada de parámetro geomecánicos.
- Mecanismos de rotura geometrizados y justificados.
- Análisis de estabilidad y análisis de deformaciones si procede.
- Condicionantes, interferencias y afecciones.
- Definición de la solución.
- Cálculos justificativos con ficheros reproducibles.



- Procedimiento de ejecución.
- Plan de control y auscultación.
- Medición.

3.6. Sistemas de refuerzo y sostenimiento de las excavaciones

3.6.1. Sistemas de anclaje

- La totalidad de los anclajes serán activos e inyectados con lechada.
- Se propiciará la colocación de anclajes mono barra (hasta 24 m de longitud y hasta 90 Tn de capacidad), quedando el empleo de anclajes de cable para el resto de casos.
- La inclinación recomendada para los bulones es de 27° y excepcionalmente podrán variar entre 15° y 36°.
- Todos los anclajes, tanto permanentes como no permanentes, así como los definitivos y los provisionales serán retesables. Se diferenciará entre los anclajes permanentes y no permanentes.
- Estará prohibido el empleo de aceros en los anclajes que hayan sido sometidos a tratamientos térmicos. Adicionalmente se deberá presentar la trazabilidad completa de todos los elementos que componen el anclaje . Entendiendo como completa hasta la fundición de todas las barras de los anclajes. La identificación de las barras será individualizada desde la fábrica. El procedimiento de aseguramiento de la calidad del fabricante y de la empresa ejecutora deberá garantizar dicha trazabilidad completa en todo momento.
- Todos los bulones y anclajes de alto límite elástico serán de doble protección.
- Los anclajes permanentes serán de doble protección, con capuchón, etc., y se colocarán en:



- Muros pantalla.
- Muros anclados.
- Desmontes inestables con bulonado sistemático.
- Estabilizaciones al pie de estructuras.
- En refuerzos de servicios o instalaciones preexistentes.
- Los anclajes no permanentes se emplearán en:
 - Estabilización de desmontes con inestabilidades puntuales.
 - Estabilizaciones provisionales.
 - Muros o pantallas ancladas provisionales.
- Tal y como se ha mencionado anteriormente, todos los bulones y anclajes que no se apoyen en muros o vigas de hormigón armado se colocarán con cabeza de mortero, también los situados sobre la gunita.
- En cuanto a las dimensiones de los bulbos, al inicio de cada desmonte se deberán realizar los correspondientes ensayos de arranque para cada tipo de material en el que se vayan a emplazar los bulbos.
- En las pantallas y muros anclados se dejarán las cabezas de los anclajes visitables. Como excepción se consideran las pantallas ancladas de las boquillas, donde por necesidades de la integración paisajística es necesario cubrir la mayor parte de los anclajes. En este caso se dejarán visitables la primera fila de anclajes.
- En cuanto a la longitud libre, se deberá garantizar una longitud mínima y la longitud a considerar se calculará en base a la geometría y dimensiones de la cuña o bloque o plano de rotura a estabilizar y la disposición relativa de la cabeza del bulón, siempre dejando un resguardo (factor de seguridad referente



a la longitud) en función de la variabilidad y grado de conocimiento de la situación del mencionado plano.

- En los casos en que no se trate de cuñas en roca puntuales, se deberá comprobar que las fases de excavación determinadas permiten ejecutar la fase siguiente con el FS provisional requerido. En consecuencia, se deben especificar las limitaciones constructivas en cuanto al proceso y secuencia.
- El diámetro de perforación se adaptará para el caso de doble protección y perforaciones encamisadas.
- En el caso de rocas fracturadas o con cavidades donde se produzcan pérdidas de lechada, se prevé la posibilidad del empleo de aditivos o de inyecciones por fases.

3.6.2. Muros anclados y pantallas ancladas

- Los muros anclados se construirán de arriba hacia abajo, a excepción de aquellos de menos de 3,5 m de altura, que tendrán una sola fila de bataches.
- Las filas de los anclajes serán subparalelas a la rasante a excepción de la fila superior que podrá ser paralela a la coronación.
- La altura máxima de los bataches será de 3 m.
- En cada batache se dispondrán como mínimo dos anclajes.
- En el caso de no ser escalonados en sección transversal deberán tener armadura pasante en la vertical y horizontal.
- En el caso de estar escalonados en sentido trasversal, la fila superior se debe solapar y apoyar transversalmente en la fila inferior.
- Los bataches vistos en alzado serán contrapeados.
- Se hormigonarán contra el terreno.



- En caso de las pantallas a ejecutar en roca serán de micropilotes, a excepción de casos singulares.
 - Las vigas de reparto de las pantallas se realizarán de hormigón armado in situ.
 - El espaciado máximo de los micropilotes será de un metro.
 - Se colocará mallazo soldado y se gunitará con un espesor mínimo de 10 cm.
 - Las pantallas y vigas únicamente se considerarán como elementos de reparto.
 - El dimensionamiento de las pantallas en roca, así como la longitud de los anclajes o bulones se determinará mediante el cálculo del bloque de roca pésimo tanto por empuje como por descalce.
 - Se calcularán con $FS > 1,4$ a excepción de las boquillas y pantallas ancladas dispuestas para contener estructuras o para preservar servicios, edificaciones o instalaciones preexistentes, donde el factor de seguridad será 2.
 - Se deberá dejar claro los casos donde las limitaciones de anclaje están determinadas por las deformaciones asumibles en cabeza o cuando se calcula en función del estado límite.
- Se deberá comprobar la fase de ejecución de tal forma que las filas superiores aporten un $FS > 1,2$ con toda la fila inmediatamente inferior sin ejecutar.
- Todos los muros anclados dispondrán de elementos de control como células, dianas topográficas e inclinómetros.
- Antes de comenzar la ejecución se deberán realizar los ensayos de arranque de los bulbos en los mismos materiales donde se deberán alojar.



- Todos los muros anclados y pantallas ancladas se deberán dimensionar mediante las secciones de cálculo necesarias en función de la variación de las características del terreno y para cada rango de altura.
- Cada muro anclado deberá tener su procedimiento de ejecución y su plan de auscultación (por lo menos una lectura y análisis de toda la instrumentación antes del inicio de cada fase de excavación). El Contratista deberá presentar dicho plan antes del inicio para su aprobación por parte de la Dirección de Obra.

3.6.3. Hormigón proyectado

- El hormigón proyectado en cielo abierto se podrá emplear con las siguientes finalidades:
 - Como elemento de reparto (En taludes con inclinaciones inferiores a 52° se debe estudiar el empleo de redes de cables activos anclados como sustituto del hormigón proyectado. Siempre que técnicamente sea posible y cumpla con los objetivos requeridos se emplearán las mencionadas redes de cables activos. Estos sistemas deberán ser homologados y estar testados. En taludes con inclinaciones superiores a 52° no se podrán emplear sistemas de redes de cables activos como sustituto de la gunita).
 - Recalce en zonas de voladizo.
 - Elemento de protección.
 - Como elemento de reparto en paños o vigas tanto verticales como horizontales. Con armadura a base de mallazos o vigas metálicas.
 - Para recuperar la geometría del desmonte.
- Se cumplirán las siguientes prescripciones:
 - Siempre deberá ir anclado y los anclajes con dado de mortero sobre la misma.



- Siempre se colocará armado con mallazo. Mínimo dos mallazos con 7 cm de separación mínima, además de la armadura de refuerzo en la zona de anclaje.
- El mallazo metálico no podrá ser sustituido por fibras metálicas.
- El espesor mínimo a colocar será de 10 cm, para lo cual en primer lugar se deberá regularizar.
- Se realizarán drenes sistemáticamente.

En todo caso, se deberá dar cumplimiento a lo establecido en la normativa y resoluciones de carácter medioambiental, y en particular a la Declaración de Impacto Ambiental.

3.6.4. *Sistemas de contención pasivos*

Se deberá prestar especial atención a los sistemas de contención de caída de bloques, tanto en obra como durante la fase de explotación, al no disponerse de cunetones y al discurrir muchas zonas de obra próximas a viales o edificaciones.

Todos los desmontes de la obra con inclinaciones igual o superior a 45° deberán disponer de malla adosada.

3.6.5. *Malla adosada de triple torsión*

Las secciones tipo de mallas empleadas estarán compuestas mediante la combinación de los siguientes elementos:

- Dos aperturas de malla: 2 mm (4x7) 14 KN y 3 mm (8x10) 26 KN.
- Dos capacidades de absorción de energía: 14 Kn y 26 KN
- Dos cuadrículas de pernos metálicos anclados con lechada: 3x3 m y 4x4 m.
- Dos longitudes de perno: de 1,25 y 2 m.



- Todos los pernos se anclarán mediante lechada.
- Anclaje perimetral con cable.
- Los alambres y grapas de unión de la malla estarán debidamente dimensionados.
- Barras de anclaje en coronación de 32 mm y 2 m de longitud, con espaciado debidamente dimensionado.
- Todos los elementos serán galvanizados.
- Las secciones tipo a colocar se calcularán y justificarán individualmente para cada desmonte una vez excavado.

3.6.6. Malla de triple torsión reforzada con cables

En el caso de que fuera necesario deberán ser reforzadas con cables en disposición vertical, horizontal y diagonal generándose dos secciones tipo adicionales.

3.6.7. Barreras dinámicas

Se ha previsto la colocación de barreras dinámicas de contención de piedras para la fase de obra y en caso excepcional para la fase de explotación. Dichas barreras podrán ser requeridas por la Dirección de Obra con el fin de garantizar la seguridad y minimizar los riesgos de las obras o zonas adyacentes a la misma. Las mencionadas barreras constituyen sistemas de retención; en consecuencia deben estar homologados y testados tanto los elementos como el sistema en su conjunto.

Se han previsto tres alturas y tres niveles de absorción de energía:

- De 3, 4 y 6 m.
- Energías de absorción de 500, 1000 y 2000 Kj para cada una de las alturas.



3.6.8. Escolleras

A continuación se presentan los criterios de diseño y de cálculo de las escolleras. Todas las escolleras del Proyecto y de las propuestas o ajustes en obra se deberán realizar siguiendo los criterios dados.

3.6.8.1. Contrafuerte de escollera

- Inclinação máxima de la cara vista: 45°.
- Anchura mínima en coronación: 3,5 m.
- Colocación. Vertido y extendido.
- Materiales: PG-3.
- Cálculo: Métodos de Bishop y Jambu.

3.6.8.2. Muro de escollera sin hormigón

- Anchura mínima en cabeza 1,5 m.
- Inclinação máxima de la cara vista: 4v:3h.
- Colocación: Con pinzas sistemático.
- Índice de huecos máximo 30%.
- Materiales:
 - Bloques de más de 500 kg; el 30% podrá ser fracción menor de 500 kg y siempre de más de 25 kg.
 - Queda expresamente prohibido el recebo, materiales que contengan arcilla, arena, grava o materia orgánica.
- Cálculo: Según la Guía del Ministerio de Fomento, incluyendo:



- Estabilidad del propio muro (cortante, hundimiento, vuelco y deslizamiento).
- Estabilidad del conjunto, por métodos de Bishop y Jambu.

3.6.8.3. Muro de escollera hormigonada

- Anchura mínima en cabeza 1,5 m. Anchura real a definir por la ley de empujes y el cálculo.
- Inclinación máxima de la cara vista:
 - Vertical: hasta 3 m de altura máxima.
 - 3V:1H: hasta 6 m de altura máxima.
 - 2V: 1H hasta 9 m de altura máxima.
- Colocación: Sistemáticamente con pinzas.
- Índice de huecos máximo sin considerar el hormigón 30%.
- Materiales:
 - Bloques de más de 500 kg; el 30% podrá ser fracción menor de 500 kg y siempre de más de 25 kg
 - Porcentaje mínimo en volumen de hormigón: 30%
 - Queda expresamente prohibido el recebo, materiales que contengan arcilla, arena, grava o materia orgánica.
- Cálculo: Según la Guía del Ministerio de Fomento, incluyendo:
 - Estabilidad del propio muro (cortante, hundimiento, vuelco y deslizamiento).
 - Estabilidad del conjunto, por métodos de Bishop y Jambu



3.6.9. Drenes

- En primer lugar hay que determinar las medidas que impidan la entrada de agua al desmonte. Se prevén:
 - Las cunetas de guarda, que deberán ser sistemáticamente hormigonadas.
 - La berma o camino situada en el talud deberá estar recubierta con material arcilloso y adecuadamente compactada o en su defecto mediante hormigón.
 - Finalmente, todas las cunetas y cunetones deberán ser hormigonados.
 - El caso de calzadas decaladas o caminos que discurren en coronación de desmontes se deberán de recoger las aguas en cunetas hormigonadas, bordillos etc. y conducir las al sistema de drenaje previsto.
- En segundo lugar, se preverán drenajes cuyo objeto es extraer o deprimir el nivel freático o piezométrico de forma permanente o estacionalmente.
- Drenes californianos: Éstos deben tener longitud equivalente a los anclajes instalados en dicho desmonte.
- Mechinales en muros y zonas gunitadas
- Zanjales de escollera y drenes franceses al pie de desmontes.
- No es válido el criterio de colocar los drenes únicamente donde se aprecien surgencias de agua en obra, sino que se partirá de la base de que el cálculo de los desmontes se realiza en condiciones drenadas y que dicha circunstancia se debe garantizar incluso en períodos de lluvias extraordinarias.

3.7. Proceso de ejecución

En todas las excavaciones de la obra, el contratista deberá presentar con suficiente antelación un plan de excavación y sostenimiento particularizado,



indicando los procedimientos, medios y compatibilidad con los condicionantes geotécnicos descritos en el Proyecto y en los apartados anteriores para su aprobación y autorización correspondiente por parte de la Dirección de las Obras.

En cada fase de excavación, en base a los datos geotécnicos recogidos in situ, los resultados de la instrumentación y el control de ejecución, se reconsiderará por parte de la Dirección de Obra el plan previsto y podrá exigir su adecuación a las nuevas circunstancias.

Independientemente, en el caso de que se permitan las voladuras a cielo abierto, éstas estarán condicionadas a la presentación y aprobación expresa del Proyecto de voladuras individualizado para cada excavación por parte de la dirección de obra. Con una antelación mínima de cinco (5) días hábiles respecto a la remisión de los Proyectos de Voladuras a la Administración competente, los mismos deberán ser remitidos a la Dirección de Obra a los efectos de que por la misma puedan efectuarse las comprobaciones oportunas en el plazo citado. Independientemente de las exigencias y autorizaciones del órgano u administración competente en explosivos. Será condición necesaria que dicho proyecto y plan de voladuras este previamente aprobado por la Dirección de la Obra.

En este plan además del control de las vibraciones deberá incluir las protecciones contra los desprendimientos, efectos de la onda aérea y proyecciones.

Asimismo, si es necesario proteger elementos o bienes, así como limitar el método o procedimiento de excavación, estas cuestiones se deberán recoger en el mencionado plan.

La Dirección de la Obra podrá contrastar esta circunstancia en los tajos en que lo estime oportuno, y exigir el ajuste de las soluciones a las condiciones contractuales.

- Caballones.
- Barretas rígidas y tipología.



- Barreras dinámicas.
- Limitaciones de altura de destroza.
- Voladuras especiales.
- Empleo de detonadores electrónicos.
- Empleo de mantas de protección.
- Protecciones a las proyecciones.
- Necesidad de excavar en trinchera con machón exterior de protección.
- Prohibir expresamente si fuera necesario el empleo de voladuras.

Independientemente, el contratista estará obligada a colocar estos elementos de protección en todas las zonas que en el transcurso de la obra se vea necesario para garantizar el nivel de seguridad requerido.

3.8. Plan de auscultación de las obras a cielo abierto (Contratista)

Siguiendo los requerimientos de los Anejos y Planos de Proyecto y del presente Pliego, antes de comenzar las obras el contratista deberá presentar un plan de auscultación general de toda la obra a cielo abierto. El plan de auscultación deberá ser aprobado por el Dirección de las Obras. Dicho plan se actualizará para cada sector según se avance la obra.

En el mencionado plan se deberá describir de forma pormenorizada:

- Método.
- Aparataje: Características y homologación.
- Procedimiento de ejecución.
- Procedimiento de lectura.



- Precisión y margen de error.
- Sistemas de análisis y tratamiento de los datos.
- Sistemas de calibración, ajuste y control de calidad.
- Objetivo.
- Situación en planta y perfil.
- Frecuencia de lectura en base al progreso del tajo
- Frecuencia de lecturas en función de la velocidad y de la cuantía
- Criterios de alarma
- Sistemas de comunicación

Los sistemas fundamentales consistirán en:

- Medidas de deformaciones mediante inclinómetros, extensómetros y topografía de precisión
- Medidas de control de las tensiones
- Medidas de control de los niveles piezométricos y freáticos.

La remisión de información a la Dirección de la Obra será por vía digital diferenciándose:

- Avance de resultados en menos de 48 horas para los casos de riesgo elevado (envío por correo electrónico)
- Resultados procesados en menos de 7 días en todos los casos (puesta a disposición en GIS via web)
- Informe de auscultación mensual (puesta a disposición en GIS)



Hay que recordar que, en los casos de los muros anclados, boquillas, desmontes inestables y los que puedan tener afección a terceros no se permitirá el inicio de los trabajos sin la puesta en marcha del plan de auscultación. Asimismo, en estos tajos u obras elementales, para iniciar cada fase de excavación previamente el contratista deberá haber presentado el correspondiente informe de auscultación que valide el correcto desarrollo de la obra en cuestión.

El Contratista deberá mantener la instrumentación de aquellas partes de obra en que se justifique (por su carácter más singular, o por haberse registrado en ellas problemas de cualquier clase durante la ejecución), a lo largo de toda la fase de obra y el periodo de garantía quedando obligada a realizar el correspondiente mantenimiento de la misma, así como el seguimiento de las lecturas.

El Contratista deberá dejar la mencionada instrumentación en perfecto estado y con vida útil remanente de la carretera. Siendo necesario, si fuera preciso, la reparación o la restitución de la mencionada instrumentación al finalizar la obra.

El plan de auscultación, además de las excavaciones, deberá incluir la instrumentación en fase de obra y en el periodo de garantía de los depósitos de sobrantes donde se deberán medir sistemáticamente las deformaciones en superficie mediante topografía de precisión y las profundas mediante inclinómetros.

3.9. Seguimiento geotécnico de las excavaciones

3.9.1. Introducción

Los datos geotécnicos del Proyecto son puntuales y el modelo geotécnico en concreto se realiza en base a unas interpretaciones sujetas a variaciones. En el Proyecto se ha procurado que la parte interpretativa sea mínima, para que las variaciones en obra se mantengan dentro del rango previsto, aunque dichas variaciones se producirán inevitablemente. La ejecución de los desmontes y excavaciones proyectados requiere, y es consustancial al diseño y Proyecto realizado, un intenso y continuado seguimiento geotécnico, que es parte de la



propia ejecución, en parte se nutre de los datos a proporcionar por el contratista y parte por los recabados por la dirección de la obra, por lo que dicha actividad es parte del objeto del contrato de la contratista.

Para poder llevar las obras adelante con la calidad, seguridad y el nivel de riesgo establecido, y tener certeza de ello, es imprescindible un seguimiento geotécnico y de ejecución de la obra y una fluida comunicación a la Administración concedente.

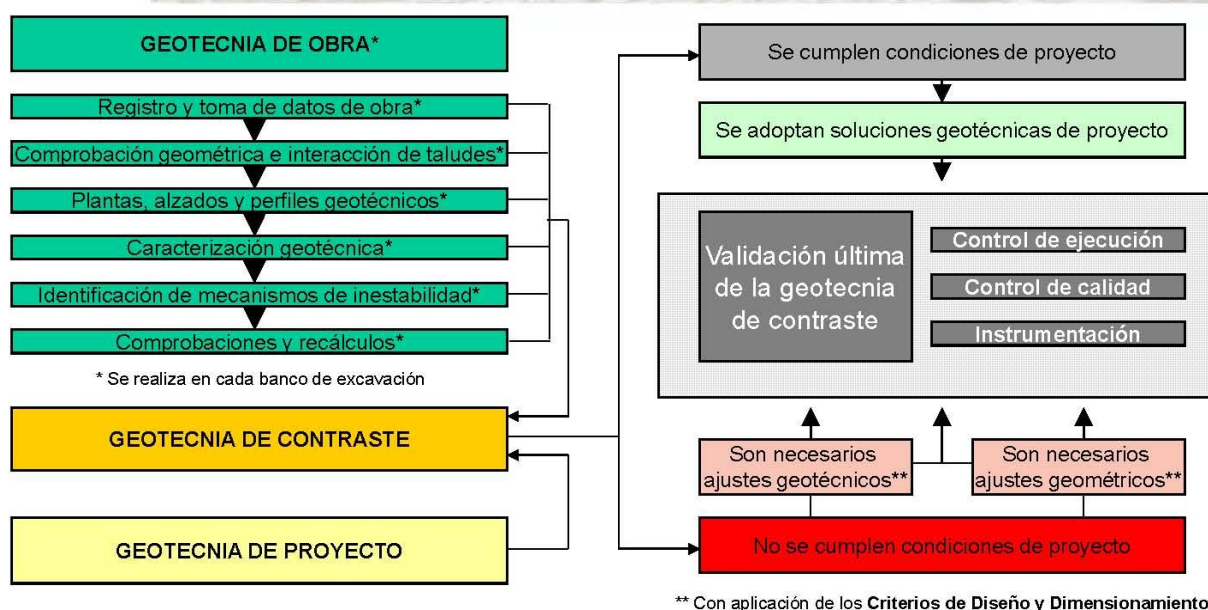
El seguimiento geotécnico se basa en varios pilares:

- Toma de datos en continuo con la metodología de Proyecto y su análisis en tiempo real.
- Validación de las hipótesis de Proyecto y ajuste de las soluciones si fuera necesario.
- Recálculo de todos los tajos con datos precisos reales para confirmar el FS.
- Confirmación del buen comportamiento mediante la auscultación.
- Confirmación de la correcta ejecución de la solución mediante el control cualitativo y cuantitativo.

A continuación, se detallan las tareas y actividades a realizar por la Sociedad Concesionaria en las labores de seguimiento geotécnico. Asimismo, se determinan las comunicaciones e informes del Proceso de control y validación geotécnica de las excavaciones.

Independientemente que los informes se emitan en formato pdf, la totalidad de los datos, análisis y cálculos deberán proporcionarse en formato digital ejecutable. Asimismo, todos los datos, análisis, cálculos e informes del seguimiento geotécnico deberán estar georeferenciados y disponibles en el GIS del seguimiento de obra correspondiente.

A continuación se presenta un esquema del proceso de control y validación de los desmontes:



3.9.2. 3A- Toma de datos

- A1 - Los datos se tomarán con fichas estandarizadas similares a las del Proyecto. La toma de datos se realizará en continuo.
- A2 - Se incluyen los puntos de parada y los puntos de inspección programados.
- A3 - Todos los puntos de lectura y observación, puntos de parada y puntos de inspección deberán contener:
 - Suelos: Tipo, clasificación, granulometría, consistencia, saturación, contactos, croquis y sección.
 - Rocas: Litología, grado de alteración, discontinuidades, disposición espacial, dirección y buzamiento, continuidad, espaciado, relleno, rugosidad, agua, Jv, accidentes tectónicos, croquis y sección.
- A4 - Todos los puntos de lectura y observación se situarán en planta y en alzado.



- A5 - Investigación complementaria: Rozas, catas, sondeos, registro o testificación de los inclinómetros.

3.9.3. B- Modelo geotécnico

- B1 - En todas las excavaciones se reflejarán las características geológicas y geotécnicas en los alzados, plantas y secciones transversales reales de obra donde se reflejarán los contactos, la estructura del macizo, las discontinuidades principales, los grados de alteración, etc.
- B2 - Sobre los alzados y secciones transversales se delimitarán los sectores de características geotécnicas homogéneas. Tramificación con guitarra detallada.

3.9.4. C- Caracterización e identificación del mecanismo de inestabilidad

- C1 - Análisis estereográfico para cada sector de la excavación. Con indicación de polos, su procedencia, criterios de agrupación, características espaciales.
- C2 - Geometrización del mecanismo.
- C3 - Características resistentes de las discontinuidades, geomecánicas del macizo.

3.9.5. D- Comprobación y recálculo

- D1 - Análisis del mecanismo.
- D2 - Cálculo de estabilidad. Análisis de sensibilidad, empujes y geometría.
- D3 - Cálculo de empujes y factores de seguridad local y general final y provisión



3.9.6. E- Contraste con el proyecto. Validación de la solución de proyecto. Solución a ejecutar

Si las hipótesis de Proyecto se cumplen, y con los criterios de cálculo y dimensionamiento anteriormente descritos, se cumplen los objetivos factor de seguridad local y general así como los factores de seguridad provisionales y definitivos, se ejecutará la solución de Proyecto. En caso de que se requiera un ajuste se redimensionará con los criterios definidos en los apartados anteriores y con la justificación debida.

3.9.7. F- Comprobación con la auscultación

En cada fase de la excavación el contratista deberá contrastar con los datos aportados por la instrumentación.

La instrumentación que se deteriore ya sea en fase de ejecución o en la de garantía deberá ser repuesta por el contratista, a su costa.

- F1 - Deformaciones:
 - Gráficos deformación-profundidad-actuación ejecutada (tiempos).
 - Gráficos deformación en planta acumulada.
 - Gráficos de velocidades de deformación a distinta profundidad (tiempos).
- F2 - Tensiones:
 - Grafico tensiones-tiempos-actuación ejecutada.
 - Grafico tensiones–deformaciones–actuaciones.
- F3- Nivel freático-piezométrico:
 - Grafico nivel de agua-deformaciones-actuaciones realizadas.



- Grafico nivel de agua – pluviometría semanal + pluviometría mensual - deformaciones.

3.9.8. G- Cruce con la solución ejecutada

El contratista deberá cruzar los datos geotécnicos con los de control de ejecución. Para ello se ejecutarán bases de datos georeferenciadas donde todos los elementos colocados (bulones, anclajes, mallas, drenes, muros, etc.) en las excavaciones deberán tener su código único para la obra y la explotación y trazabilidad completa y en todo momento. Para el cruce de datos con el control geotécnico se realizarán unas salidas gráficas de síntesis en alzados con la misma escala que los alzados geotécnicos, con guitarras al pie.

- G1 - Control geométrico: Inclinação, altura, secuencia ejecutada, espesor muro.
- G2 - Control cuantitativo: Anclajes, bulones, elementos de contención: situación, longitud, diámetro, calidad, inclinación.
- G3 - Control de calidad: De los elementos colocados: materiales, calidades, ensayos de resistencia, fichas de ejecución, fichas de tesado, fichas de patologías.

3.9.9. Seguimiento geotécnico de las excavaciones y taludes en laderas inestables

A continuación se especifica el seguimiento geotécnico y las comunicaciones e informes que se deberán remitir a la Dirección de Obra en las actuaciones que se realicen en laderas catalogadas como inestables. Previamente, es necesario recordar que:

- El seguimiento geotécnico y recálculo en ejecución será sistemático y continuo, en cada banco de excavación.
- El Retro análisis es obligado en cada fase y una vez finalizado.



- Los parámetros de cálculo del Proyecto no se podrán modificar al alza.
- Los elementos de contención no se pueden ajustar a la baja en la fase de ejecución.
- Si el seguimiento geotécnico en obra lo requiere, se deberá incrementar la cuantía de sostenimiento para alcanzar los FS requeridos en Proyecto.
- La altura máxima de banco o fase considerada será de 4 m.

En el cuadro adjunto se sintetizan las actividades que deben realizar tanto por la contratista así como por los equipos de la Dirección de Obra en el seguimiento y control geotécnico de las excavaciones y taludes en laderas inestables. Asimismo se detalla la frecuencia mínima de dichas comunicaciones y los informes que se deberán generar. Se han señalado mediante sombreado amarillo los que corresponden obligatoriamente a la constructora, el plazo y vía de comunicación.

ÁREA y ACTIVIDAD	FRECUENCIA	COMUNICACIÓN A LA DIRECCIÓN DE OBRA	INFORME A LA DIRECCIÓN DE OBRA
A - TOMA DE DATOS			Mensual y final
A1 - toma de datos en continuo	En continuo		
A2 - puntos de parada e inspección	Inicio, cambio talud, antes de inicio de banco	Correo electrónico 48h antes de realizarse el PPI	
A3 - base documental datos	En continuo	Web en tiempo real	
A4 - planta y alzado geotécnico	En cada fase o banco	Web 4 días antes del cambio fase	
A5 - investigación complementaria	Antes de comenzar el tajo	Web una semana después	
B- MODELO GEOTECNICO			Mensual y final
B1- alzados y secciones geotécnicas	En cada banco o fase	Web 4 días antes de cambio de banco	
B2 - tramificación	En cada banco o fase	Web 4 días antes del cambio de banco	
C -CACTERIZACIÓN MECANISMO			Mensual y final
C1- análisis estereográfico	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
C2 - geometrización del mecanismo	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
C3 - caracterización geomecánica	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
D- COMPROBACIÓN Y RECÁLCULO	Si procede según C	Si procede como C	Mensual y final
D1 - análisis del mecanismo	"	"	
D2 - cálculos de estabilidad	"	"	
D3 - empujes	"	"	



ÁREA y ACTIVIDAD	FRECUENCIA	COMUNICACIÓN A LA DIRECCIÓN DE OBRA	INFORME A LA DIRECCIÓN DE OBRA
E -GEOTECNIA DE CONTRASTE	En cada banco	Correo y Web 4 días antes y después del cambio de banco	Mensual y final
F -CRUCE CON AUSCULTACIÓN			Mensual y final
F1 - deformaciones	Al iniciar y al finalizar cada banco	Correo y Web 4 días antes y 48h después del cambio de banco.	
F2 - tensiones	Al iniciar y al finalizar cada banco	Correo y Web 4 días antes y 48h después del cambio de banco.	
F3 - nivel piezométrico	Mensual y semanal en intensas lluvias	Web mensual	
C -CRUCE CON EJECUCIÓN		Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	Mensual y final
G1 - control geométrico	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	
G2 - control cuantitativo	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	
G3 - control de calidad	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	

3.9.10. Seguimiento geotécnico de las excavaciones y desmontes estables

El seguimiento geotécnico de los desmontes en principio catalogados como estables se basa en:

- Seguimiento geotécnico de ejecución sistemático y recálculo continuo.
- Si el seguimiento de la geotecnia lo requiere se deberá incrementar la cuantía de sostenimiento para alcanzar los FS requeridos en Proyecto.

En el cuadro adjunto se sintetizan las actividades que deben realizar tanto por la contratista así como por los equipos de la Dirección de Obra en el seguimiento y control geotécnico de las excavaciones y taludes en laderas inestables. Asimismo se detalla la frecuencia mínima de dichas comunicaciones y los informes que se deberán generar. Se han señalado mediante sombreado amarillo los que corresponden obligatoriamente a la constructora, el plazo y vía de comunicación.



ÁREA y ACTIVIDAD	FRECUENCIA	COMUNICACIÓN A LA DIRECCIÓN DE OBRA	INFORME A LA DIRECCION DE OBRA
A - TOMA DE DATOS			Bimestral y final
A1 - toma de datos en continuo	En continuo		
A2 - puntos de parada e inspección	Inicio, cambio talud, antes de inicio de banco	Correo electrónico 48h antes de realizarse el PPI	
A3 - base documental datos	En continuo	Web en tiempo real	
A4 - planta y alzado geotécnico	En cada fase o banco	Web. 4 días antes del cambio fase	
A5 - investigación complementaria	Antes de comenzar el tajo	Web una semana después	
B- MODELO GEOTECNICO			Bimestral y final
B1- alzados y secciones geotécnicas	En cada banco o fase	Web 4 días antes de cambio de banco	
B2 - tramificación	En cada banco o fase	Web 4 días antes del cambio de banco	
C -CACTERIZACIÓN MECANISMO			Bimestral y final
C1- análisis estereográfico	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
C2 - geometrización del mecanismo	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
C3 - caracterización geomecánica	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
D- COMPROBACIÓN Y RECÁLCULO			Bimestral y final
D1 - análisis del mecanismo	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
D2 - cálculos de estabilidad	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
D3 - empujes	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
E -GEOTECNIA DE CONTRASTE	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	Bimestral y final
F -CRUCE CON AUSCULTACIÓN			Bimestral y final
F1 - deformaciones	Al iniciar y al finalizar cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	
F2 - tensiones	En cada banco	Correo y Web 4 días antes y del cambio de banco.	
F3 - nivel piezométrico	Mensual y semanal con intensas lluvias	Web mensual	
C -CRUCE CON EJECUCIÓN			Bimestral y final
G1 - control geométrico	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	
G2 - control cuantitativo	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	
G3 - control de calidad	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	

3.9.11. Seguimiento geotécnico de las excavaciones y desmontes inestables

El Seguimiento geotécnico se basa en las siguientes premisas:



- La excavación se estabilizará mediante los siguientes sistemas de contención: muros anclados, pantallas ancladas, escolleras, anclaje sistemático sobre la roca con o sin elementos de reparto.
- Sostenimiento y drenaje sistemático simultáneo a la excavación en cada banco de 4 m de altura máxima de excavación.
- Auscultación intensa y sistemática. No se podrá comenzar la excavación hasta que ésta esté operativa.
- Seguimiento geotécnico y de ejecución sistemático y recálculo continuo en cada banco de excavación.
- Retro análisis obligado en cada fase y una vez finalizado.
- Los parámetros geotécnicos de cálculo del Proyecto no se podrán modificar al alza.
- Los elementos de contención no se pueden ajustar a la baja en ejecución.
- Si el seguimiento geotécnico en obra lo requiere se deberá incrementar la cuantía de sostenimiento para alcanzar los FS requeridos en Proyecto.

En el cuadro adjunto se sintetizan las actividades que deben realizar tanto por la contratista así como por los equipos de la Dirección de Obra en el seguimiento y control geotécnico de las excavaciones y taludes en laderas inestables. Asimismo se detalla la frecuencia mínima de dichas comunicaciones y los informes que se deberán generar. Se han señalado mediante sombreado amarillo los que corresponden obligatoriamente a la constructora, el plazo y vía de comunicación.



ÁREA Y ACTIVIDAD	FRECUENCIA	COMUNICACIÓN A LA DIRECCION DE OBRA	INFORME A LA DIRECCION DE OBRA
A - TOMA DE DATOS	En continuo		Mensual y final
A1 - toma de datos en continuo	En continuo		
A2 - puntos de parada e inspección	Inicio cambio talud, antes de inicio de banco	Correo electrónico 48h antes de realizarse el PPI	
A3 - base documental datos	En continuo	Web en tiempo real	
A4 - planta y alzado geotécnico	En cada fase o banco	Web. 4 días antes del cambio fase	
A5 - investigación complementaria	Antes de comenzar el tajo	Web una semana después	
B- MODELO GEOTECNICO			Mensual y final
B1- alzados y secciones geotécnicas	En cada banco o fase	Web 4 días antes de cambio de banco	
B2 - tramificación	En cada banco o fase	Web 4 días antes del cambio de banco	
C -CACTERIZACIÓN MECANISMO			Mensual y final
C1- análisis estereográfico	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
C2 - geometrización del mecanismo	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
C3 - caracterización geomecánica	En cada banco	Web 4 días antes del cambio de banco	
D- COMPROBACIÓN Y RECÁLCULO	Si procede según C	Si procede como C	Mensual y final
D1 - análisis del mecanismo	"	"	
D2 - cálculos de estabilidad	"	"	
D3 - empujes	"	"	
E -GEOTECNIA DE CONTRASTE	En cada banco	Correo y Web 4 días antes y después del cambio de banco	Mensual y final
F -CRUCE CON AUSCULTACIÓN			Mensual y final
F1 - deformaciones	Al iniciar y al finalizar cada banco	Correo y Web 4 días antes y 48h después del cambio de banco.	
F2 - tensiones	Al iniciar y al finalizar cada banco	Correo y Web 4 días antes y 48h después del cambio de banco.	
F3 - nivel piezométrico	Mensual y semanal en intensas lluvias	Web mensual	
C -CRUCE CON EJECUCIÓN		Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	Mensual y final
G1 - control geométrico	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	
G2 - control cuantitativo	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	
G3 - control de calidad	En cada banco	Correo y Web 4 días antes del cambio de banco	

3.9.12. Modelos y formatos para el seguimiento geotécnico

En los informes de seguimiento geotécnico mensual de las excavaciones y desmontes, rellenos y estructuras, además de los puntos mencionados

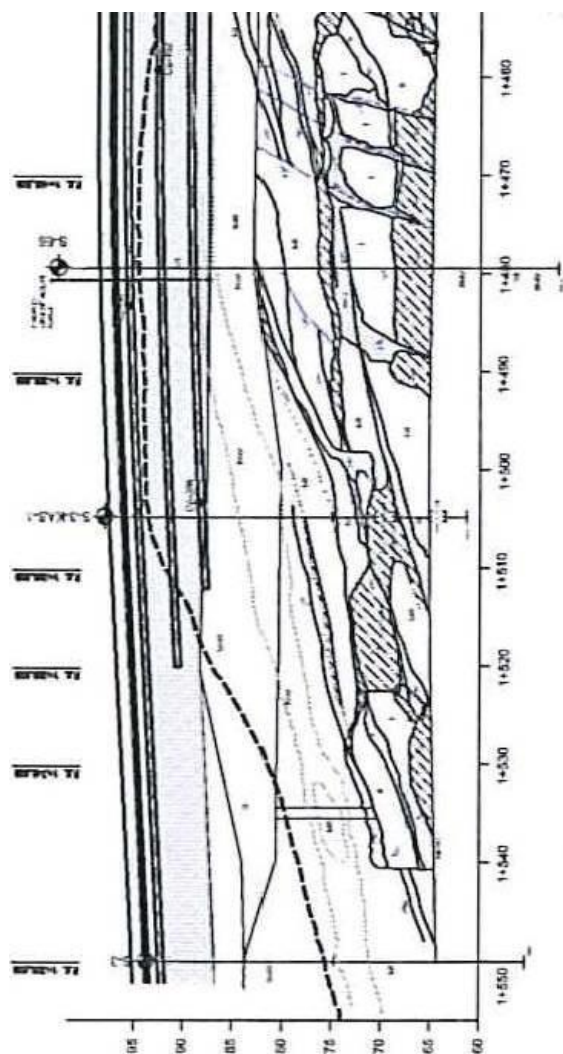


anteriormente se deberá incluir una lista de control como la que se presenta en la figura adjunta:

ACCESOS A SAN MAMÉS		MODIFICACIONES		INVESTIGACIÓN COMPLEMENTARIA		CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN OBRA	GEOTECNIA DE CONTRASTE		AUSCULTACIÓN		VALIDACIÓN DE PROYECTO		AJUSTES	EJECUCIÓN	COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO		CONTROL EJECUCIÓN		
		Geotécnicas	Geométricas	Si	%		Si	%	Si	No	Si	No			%	Conforme	No conforme	Conforme	No conforme
DESMONTE 1: DE PK 1+280 A PK 1+350 MD																			
ED10345	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 1+280 A PK 1+320																			
ED104	MURO D-1-1																		
EJE F																			
EJF0245	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 1+020 A PK 1+250																			
RELLENO 2: DE PK 1+250 A PK 1+258																			
EJF03	MURO F-1																		
EJE G																			
EJG0146	DESMONTE																		
DESMONTE 1: DE PK 1+100 A PK 1+540		X	X	X	100	X	X	X	100		X	X		100	X		X		
DESMONTE 2: DE PK 1+640 A PK 1+760																			
EJG03	MURO G-1	X	X			X	X				X		X	95	X		X		
EJG04	MURO G-2																		
EJE H																			
EJH0145	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 0+880 A PK 0+910																			
RELLENO 2: DE PK 0+940 A PK 0+980																			
EJH03	MURO H-1																		
EJH04	MURO H-2																		
EJH05	MURO H-3		X			X		X	100	X		X		90	X		X		
EJE I																			
EJI0245	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 1+142 A PK 1+420																			
RELLENO 2: DE PK 1+420 A PK 1+600																			
EJI03	MURO I-1	X	X			X	X				X		X	85	X		X		
EJI04	MURO I-2																		
EJE KAST ACE																			
EKA0146	DESMONTE																		
DESMONTE 1: DE PK 1+165 A PK 1+200						X	X				X		X	60	X		X		
EJE KAST-1																			
EK10245	TERRAPLÉN																		
EK103	MURO KAS-1	X	X	X	100	X	X	X	80		X	X		100	X		X		
EJE KAST-2																			
EK20245	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 1+000 A PK 1+040																			
KASTREXANA																			
KAS0245	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 1+318 A PK 1+640																			
KAST-ROT																			
KSR0245	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 1+000 A PK 1+033																			
RELLENO 2: DE PK 1+063 A PK 1+081																			
LEZ-2																			
EL20245	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE P.K. 1+000 A PK 1+058																			
EL203	MURO LEZ-2																		
EL204	MURO LEZ-3																		
STA-1																			
ES10146	DESMONTE																		
DESMONTE 1: DE PK 1+072 A PK 1+128																			
ES10345	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 1+000 A 1+191																			
STA-2																			
ES20245	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 1+073 A PK 1+129																			
ACCESO DE OBRA 1																			
AC10146	DESMONTE																		
DESMONTE 1: DE PK 1+020 A PK 1+097		X				X					X		X	100	X		X		
AC10245	TERRAPLÉN																		
RELLENO 1: DE PK 1+105 A PK 1+053											X		X	100	X		X		
ACCESO DE OBRA 2																			
AC20146	DESMONTE																		



Ejemplo de alzado geotécnico:

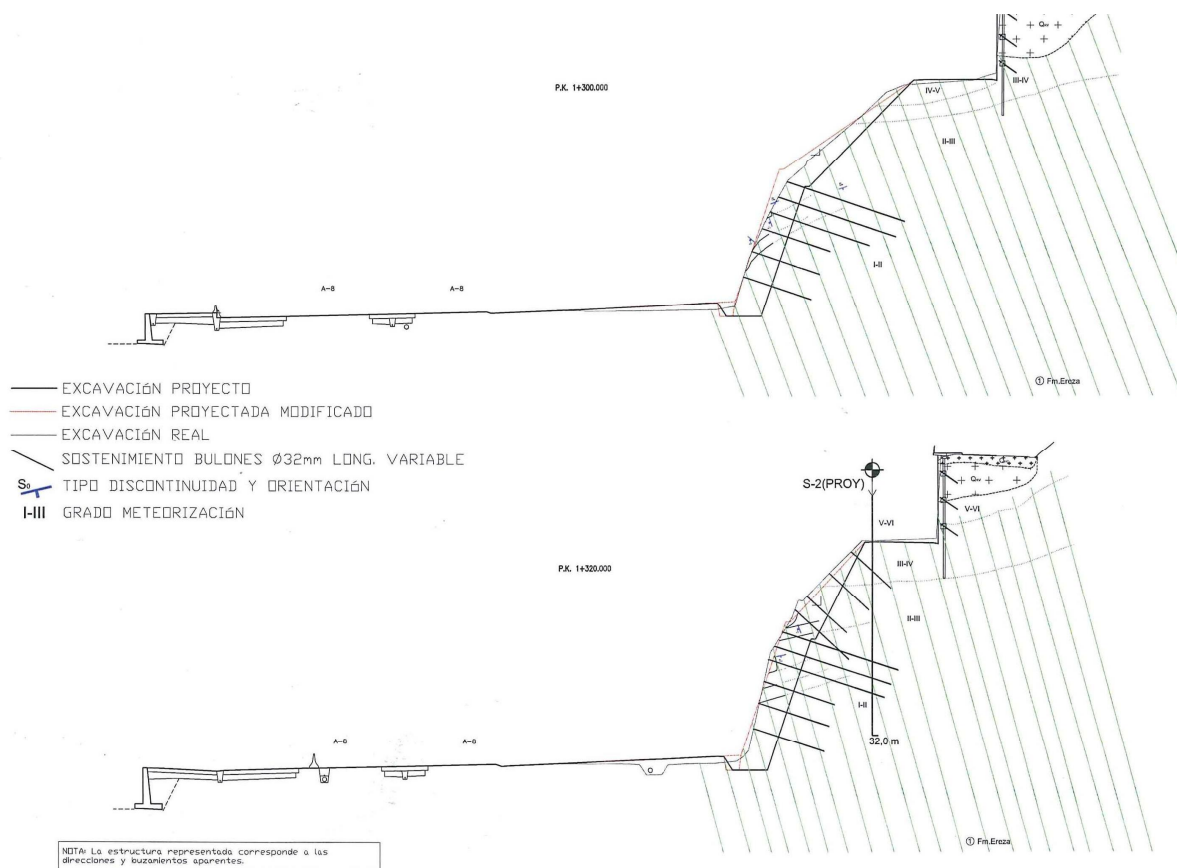


TALUD INTERMEDIO	ALTURA (m)	7 m.	7 metros	5-7 metros	5 metros
	PENDIENTE (m)	1H:1V	3H:2V	2H:1V	2H:1V
	LITOLOGÍA	Fm.3 Enca. Arenas y limos calcáreos grises OM IV-VI			
	FAMILIAS DE JUNTAS	--			
	TIPO DE INESTABILIDAD	--			
	SOSTENIMIENTO				
	INCIDENCIAS				

TALUD INFERIOR	ALTURA (m)	15-16 m.	16-18 metros	16 metros
	PENDIENTE (m)	1H:1V	1H:1V	1H:3V
	LITOLOGÍA	Fm.3 Enca. Arenas calcáreas (de grano muy grueso) (carriz con arena gruesa) con pequeñas discontinuidades de limos calcáreos grises OM IV-VI		
	FAMILIAS DE JUNTAS	En 75/230 J. 35000 F. 75/150		
	TIPO DE INESTABILIDAD	Toppling y Deslizamiento planar J. por tracción S.		
	SOSTENIMIENTO 1°-2° BANCADA	Bulones Ø32mm 3.0x3.0 m. L. 4m		
	SOSTENIMIENTO 3°-4° BANCADA	Bulones Ø32mm 3.0x3.0 m. L. 4m		
		Bulones Ø32mm 2.5x2.5 m. L. 4m		
	INCIDENCIAS	Deslizamiento bloques a través de J. y tracción por S.		
		Despe		

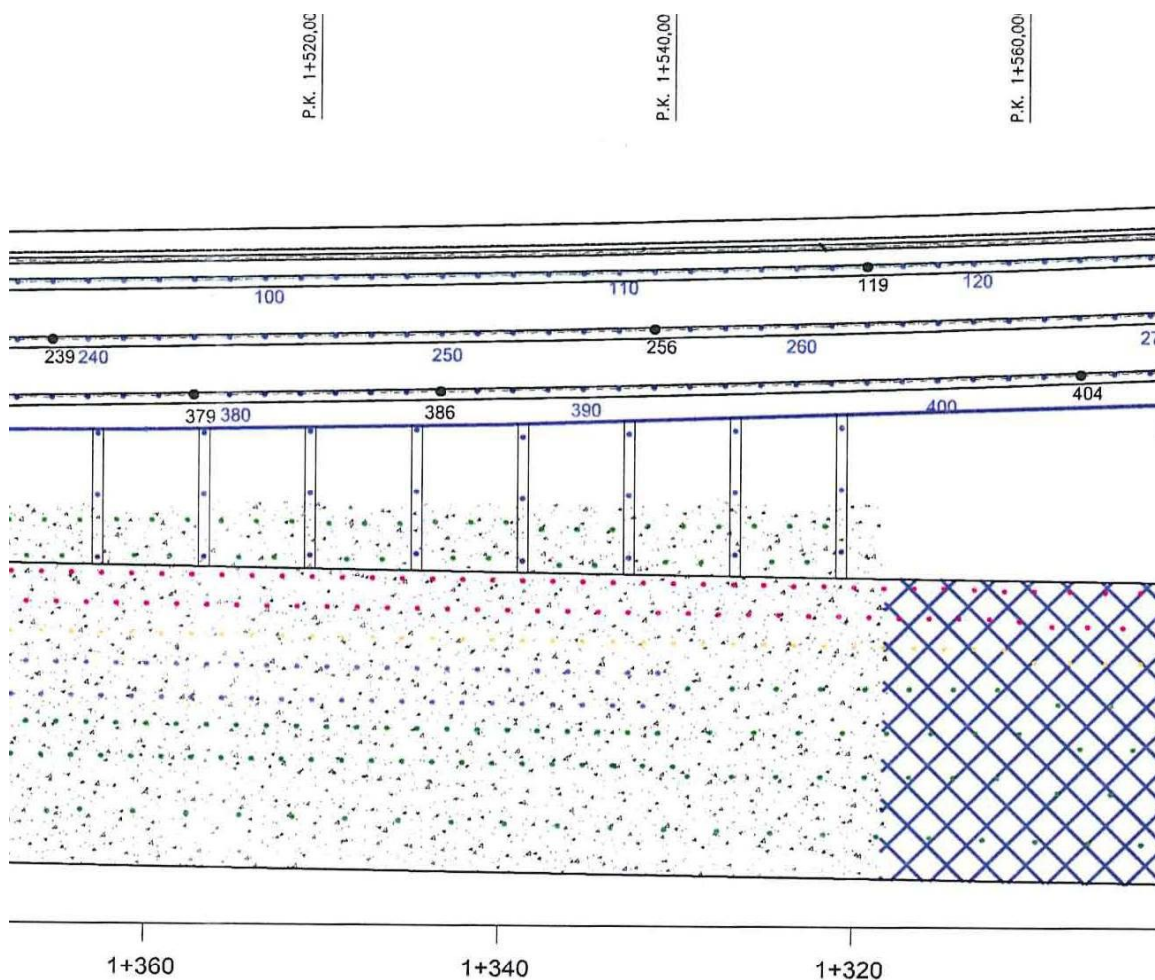


Ejemplo de perfil geotécnico transversal:





Ejemplo de alzado de sostenimiento ejecutado:



- BULONES DE 6M DE LONGITUD TOTAL (Lb=3,0M)
- BULONES DE 8M DE LONGITUD TOTAL (Lb=3,0M)
- BULONES DE 14M DE LONGITUD TOTAL (Lb=2,0M)
- BULONES DE 12M DE LONGITUD TOTAL (Lb=2,0M)
- BULONES DE 10M DE LONGITUD TOTAL (Lb=2,0M)
- BULONES DE 8M DE LONGITUD TOTAL (Lb=2,0M)
- BULONES DE 6M DE LONGITUD TOTAL (Lb=2,0M)
- REFUERZO SUPERFICIAL CON 10 CM DE GUNTA + MALLAZO 150x150x6MM
- MALLA DE TRIPLE TORSIÓN 100X80X2,7MM



4. CRITERIOS DE EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO GEOTECNICO DE LOS RELLENOS

4.1. Introducción

En el Proyecto se prevé la construcción de una serie de rellenos en el sentido amplio del término. Dichos rellenos se han proyectado con el fin de que cumplan unos factores de seguridad mínimos en cualquiera de las circunstancias a las que estarán sometidos a lo largo de su vida útil. Asimismo, se pretende cumplir los objetivos de deformabilidad y durabilidad.

Para el cumplimiento de dichos fines en cada uno de los tipos de rellenos, se han definido una serie de condiciones: condiciones de apoyo, formación sobre la que hay que apoyar, bermas de apoyo, drenaje profundo, así como las características geométricas del relleno de acuerdo a unas especificaciones composicionales y geomecánicas de los materiales a emplear en su construcción.

Para tener garantías del cumplimiento de estas condiciones de diseño, es decir, del factor de seguridad, durabilidad y el buen comportamiento del relleno, es necesario que la contratista y la Dirección de Obra lleven un seguimiento geotécnico y de ejecución de forma coordinada.

A continuación se enumeran los distintos tipos de rellenos proyectados, los criterios de diseño que deben cumplir, así como los aspectos geotécnicos que deben ser controlados y certificados en su ejecución.

Este seguimiento geotécnico es independiente y condición previa al control de ejecución sistemático a realizar en la puesta en obra de los rellenos.

Los rellenos proyectados en cuanto a los materiales a emplear se clasifican en:

- Rellenos tipo terraplén.
- Rellenos tipo todo-uno.
- Rellenos tipo pedraplén.



- Rellenos zonificados.
- Rellenos especiales.
- Rellenos contenidos mediante muros o macizos de suelo reforzado.
- Rellenos de depósitos de sobrantes.

El significado de terraplén, todo-uno y pedraplén corresponde a lo descrito en el PG-3.

4.2. Criterios de diseño

En cuanto a los materiales a emplear, en los planos de Proyecto se indica en base a la anterior clasificación el tipo de material requerido en cada zona del relleno. Este requerimiento indica unas características mínimas que debe cumplir el material.

El factor de seguridad mínimo frente a la estabilidad del relleno, tanto propio como del conjunto relleno-cimiento es de 1,5.

Para ello, además de cumplir la inclinación se deberá cumplir las especificaciones del tipo de material en cada zona de la misma, apoyar sobre el tipo de material que se determina en el Proyecto y realizar las bermas y drenajes que se indican asimismo en Proyecto. Son condiciones mínimas que en todo momento se deben cumplir.

Condiciones de apoyo y drenaje superficial y profundo:

- Los espesores de saneo que se mencionan en el Proyecto son estimativos; la condición a cumplir es el tipo de material sobre el que hay que apoyar el relleno y las bancadas o bermas correspondientes.
- En cuanto a las condiciones de drenaje, todos los rellenos están dimensionados para que funcionen en todo momento en condiciones drenadas, para lo cual se disponen varias medidas: captura y desvío de las



aguas de escorrentía de aguas arriba desde antes del inicio del relleno y sistemas de drenaje profundo para evacuar las aguas infiltradas.

Espaldones y pies de escollera:

En cuanto a la definición de espaldones y escolleras de pie en los proyectos, las dimensiones en alturas y anchuras son mínimos que deben cumplir, así como la calidad mínima del material.

En cuanto a las características del diseño de los rellenos éstos no se podrán modificar en los siguientes aspectos:

- La inclinación del talud no se podrá incrementar.
- Material sobre el que se apoya: En el caso de los suelos, la modificación únicamente se podrá realizar a capas más profundas y de mejores características resistentes, o en el caso de las rocas a horizontes menos alterados.
- Labores de drenaje profundo y superficial.
- Características granulométricas: No se pueden empeorar para cada zona, con el siguiente criterio de prelación: Terraplén < Todo- uno < Pedraplén < Escollera. Es decir, el terraplén se podrá cambiar por todo-uno y no al contrario. El todo-uno se podrá cambiar por pedraplén y no por terraplén y el pedraplén se podrá cambiar por escollera y no por todo-uno.
- Los parámetros de los materiales del cimiento, así como del cuerpo del relleno empleado en el Proyecto no se podrán mejorar a efectos de recálculo y rediseño. Si el seguimiento o la investigación complementaria indicaran que son menores que los considerados en el Proyecto se adoptarán medidas especiales o se ejecutarán espaldones de mejor material para cumplir con los objetivos de FS, deformabilidad y durabilidad requeridos en el Proyecto.



En los rellenos especiales como son los rellenos tipo sándwich:

- Se deberá realizar una campaña de investigación complementaria antes y durante la ejecución para validar los parámetros de los suelos arcillosos a emplear y en consecuencia, si fuera necesario, reducir la velocidad de construcción o incrementar las dimensiones del espaldón.
- Independientemente de que los materiales empleados sean aptos, no se deberá eliminar nunca el dren vertical en chimenea del cuerpo del relleno, manteniendo en todo momento su geometría, disposición y continuidad.
- Independientemente de que los materiales empleados sean aptos o no, no se podrán modificar a la baja en dimensiones o calidades los espaldones definidos en Proyecto.

Se dispondrá un plan de auscultación consistente en: el control de asientos, deformaciones horizontales y verticales en distinto puntos y medida de tensiones y presiones intersticiales.

En los rellenos contenidos por muros de suelo reforzado:

- En dichos rellenos se diferencian tres partes: el cuerpo del macizo de suelo reforzado, el material del cimientó y el material del trasdós. Los tres sectores tienen sus especificaciones particulares granulométricas, mecánicas, y de permeabilidad. Estos tres sectores definen un conjunto único.
- Al igual que para el resto de los rellenos, se han puesto condiciones sobre la formación sobre la que debe apoyar, dimensiones de las bermas y drenaje profundo, que no podrán ser modificados a la baja.
- En los muros de suelo reforzado de cierta altura, el factor de seguridad más limitativo viene dado por las características resistentes del material de la base y del trasdós. En consecuencia, se debe cumplir el apoyo en roca o en su defecto sobre rellenos ejecutados con materiales específicos y geometrías determinadas. Por lo general se han definido pedestales de pedraplén o



escolleras. No se podrán reducir las especificaciones geomecánicas de los materiales de estas zonas ni sus características geométricas.

- En la zona del trasdós sistemáticamente deben llevar material permeable que no podrá ser reducido en espesores ni en sus características resistentes ni de permeabilidad. No podrá ser sustituido por geotextiles.
- Los materiales a emplear en el cimientó, en el cuerpo y en el trasdós deberán venir de acopios, nunca directamente de la excavación, y estar previamente ensayados los lotes correspondientes.
- Los materiales a emplear en el cuerpo del macizo de suelo reforzado en el caso de provenir de la propia obra deberán pasar por procesos de machaqueo y cribado antes de su acopio para ser ensayados y utilizados.

4.3. Condiciones de ejecución

Antes de empezar la contratista deberá presentar un plan de ejecución sectorizado que deberá ser aprobado por la Dirección de Obra, donde se indique:

- Saneos a realizar.
- Drenajes.
- Acondicionamiento del terreno.
- Procedencia del material y características en base a ensayos reales de obra.
- Fórmula de puesta en obra justificada.
- Plan de ensayos.
- Plan de instrumentación.
- Velocidad de construcción.



No se podrá comenzar a ejecutar un relleno hasta que el acondicionamiento inspeccionado y validado por la Dirección de obra, incluyendo, saneos, bermas y drenes.

Se establecerán como mínimo una serie de puntos de inspección y de parada.

4.4. Seguimiento geotécnico

El seguimiento geotécnico de los rellenos consta de las siguientes tareas.

A- Acondicionamiento de la superficie de apoyo:

Se representarán sobre planta y perfil transversal real las características del terreno de apoyo cartografiando la superficie de apoyo, formación, grado de alteración, estructura principal, accidentes tectónicos, fluencias de agua o zonas con humedades. Se indicarán los puntos de lectura y observación realizados en dicha área. Cada punto de lectura y observación tendrá una ficha en la que se indicarán las características geológicas y geotécnicas de los suelos o del macizo rocoso de forma estandarizada.

Asimismo, sobre la mencionada planta y perfiles se indicarán los acondicionamientos realizados: saneo, bermas y drenes.

B- Fórmula de puesta en obra para cada tipo de material:

- Para cada tipo de material procedente de una formación determinada se deberá realizar un terraplén de ensayo que será la referencia para la puesta en obra.

C- Ensayos de materiales en origen o en acopio de capas especiales:

- Espaldones.
- Pedraplenes.
- Materiales drenantes en apoyo y trasdós de suelo reforzado.



- Materiales de macizo de suelo reforzado.
- Materiales de escollera.
- Drenes.
- Ensayos una vez colocado y compactado de los mencionados materiales especiales:
 - Granulometría.
 - Índice de huecos.
 - Densidad.

D- Ensayos de validación de materiales y de puesta en obra en todo-uno y terraplenes: Lote completo sobre la misma muestra y el mismo día. Después de compactar dicha tongada, debe tener trazabilidad del material y puesta en obra controlada; se realizarán los siguientes ensayos:

- Placas.
- Humedad.
- Densidad.
- Proctor.
- Análisis granulométrico.
- Ensayos de identificación.

E- Cruce de información y síntesis del control de ejecución:

- Geométrico: De los espaldones, rellenos zonificados, inclinaciones, saneos, bermas, espesor de tongadas mediante topografía real.



- Procedencia del material y fórmula de puesta en obra de referencia que le corresponde.
- Cumplimiento de la fórmula de puesta en obra.
- Síntesis ensayos sistemáticos realizados: de composición, granulometría e identificación, densidad, humedad, módulos.

F- Auscultación:

- Deformaciones del cuerpo: verticales y horizontales.
- Tensiones.
- Presiones intersticiales.
- Asiento en explanada.

G- Análisis de estabilidad y validación:

En el caso de cumplimiento de las especificaciones y previsiones del Proyecto, una vez finalizado el relleno se deberán integrar todos los datos geotécnicos, los datos de auscultación y los del control de ejecución, y se deberá analizar la estabilidad, la deformabilidad y el funcionamiento de los sistemas de drenaje para validar dicho relleno y permitir la colocación de los firmes.

En el caso de comportamiento anómalo o incumplimiento de algunas de las prescripciones geotécnicas o ejecución no acorde al contrato se deberá analizar la estabilidad y deformabilidad.

En el cuadro adjunto se sintetizan las actividades que deben realizar tanto por la contratista así como por los equipos de la Dirección de Obra en el seguimiento y control geotécnico de los rellenos. Asimismo se, detalla la frecuencia mínima de dichas comunicaciones y los informes que se deberán generar. Se han señalado mediante sombreado amarillo los que corresponden obligatoriamente a la constructora, el plazo y vía de comunicación.



ÁREA - ACTIVIDAD	FRECUENCIA	COMUNICACIÓN A LA DIRECCION DE OBRA	INFORME A LA DIRECCION DE OBRA
A - Acondicionamiento de la superficie de apoyo	En todos los rellenos se realizará un ppi	Previo al inicio del relleno Correo electrónico y WEB 48h antes de realizarse el PPI	Mensual y final
A1 – puntos de lectura	En continuo		
A2 - puntos de parada e inspección	Inicio antes de la colocación de la tongada cero	Correo electrónico y WEB 48h antes de realizarse la tongada cero	
A3 – Planta con cartografía	En continuo	Correo electrónico y WEB 48h antes de realizarse la tongada cero	
A4 – perfil geotécnico	En cada fase o banco	Correo electrónico y WEB 48h antes de realizarse la tongada cero	
A5 – acondicionamiento realizado		Correo electrónico y WEB 48h antes de realizarse la tongada cero	
B- Fórmula de puesta en obra para cada tipo de material	En cada material de cada formación		Mensual y final
B1- Terraplén de ensayo	Antes de la tongada 0	Correo y Web 4 días antes del ensayo y resultados a los 4 días	
C - Ensayos de materiales en origen o en acopio de capas especiales:	Por lotes de 1000 m ³	Correo y Web 7 días antes de su colocación	Mensual y final
D- Ensayos validación de materiales y de puesta en obra en todo-uno y terraplenes:	Por lotes de 1.000 m ³	Correo y Web 7 días antes de su colocación	Mensual y final
E- Cruce de información y síntesis del control de ejecución	Mensual	Web mensual	Mensual y final
F - Auscultación.			Mensual y final
F1 - deformaciones	Mensual	Web mensual	
F2 - tensiones	Mensual	Web mensual	
F3 - nivel piezométrico	Mensual y semanal en intensas lluvias	Web mensual	
G- Análisis de estabilidad, validación	Cuando A, E o F no conforme y al final punto de parada previo a la colocación de firmes	Web mensual	Final

Los informes mensuales deberán presentar para cada uno de los rellenos en ejecución los aspectos anteriormente mencionados. Todos los datos de base en los que se fundamente el informe deberán estar contenidos en un sistema georeferenciado (GIS) y en la base documental independiente de cada relleno.

A - Acondicionamiento de la superficie de apoyo:

Se presentarán gráficamente los puntos A1, A2, A3, A4, A5 aportando los datos de partida. Independiente para cada relleno.



B- Fórmula de puesta en obra para cada tipo de material:

Se presentarán de forma justificada las fórmulas para la puesta en obra de cada tipo de material.

Se justificará la trazabilidad del material empleado, así como la representatividad de los ensayos y ámbito de validez de la fórmula de puesta en obra.

C - Ensayos de materiales especiales en origen o en acopio de capas especiales:

Se presentarán de forma justificada las fórmulas para la puesta en obra de cada tipo de material.

Se justificará la trazabilidad del material empleado, los ensayos realizados, así como la representatividad de los ensayos y de la fórmula de puesta en obra.

D- Ensayos, validación de materiales y de puesta en obra en todo-uno y terraplenes:

Para cada relleno independiente se presentarán los resultados de los ensayos realizados in situ durante la ejecución de los rellenos tipo terraplén y todo-uno, justificando y validando la idoneidad del material y la puesta en obra realizada y los ajustes necesarios de la fórmula de trabajo.

Se justificará la trazabilidad y el origen del material empleado, se describirá la puesta en obra realizada y las correcciones necesarias.

E - Cruce de información y síntesis del control de ejecución:

Se presentarán el cruce de los datos de control de ejecución con los de control geotécnico independiente para cada relleno y sector del mismo.

- Perfiles reales y plantas con todos los drenes, bermas, saneos, espaldones y demás elementos con fecha de ejecución.



- Situación y características de cada sector del relleno según ensayos sistemáticos de control de calidad situando los ensayos.
- Comparación de los ensayos con los patrones

F – Auscultación:

Síntesis de la auscultación y análisis y valoración por tramos.

G- Análisis de estabilidad, validación:

Para cada relleno de forma individualizada se valorará en conjunto los factores A, B, C, D, F.

Se analizará el cumplimiento de las prescripciones del proyecto, la coherencia de los mencionados factores, la estabilidad y la deformabilidad.

El informe geotécnico final de cada relleno además de los puntos anteriores debe contener lo descrito en el apartado 7 de este mismo Apéndice.

5. CONDICIONES PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TÚNELES. SEGUIMIENTO Y AUSCULTACIÓN

5.1. Introducción y principios básicos

Los túneles parten de una serie de premisas y criterios en base a las cuales se han proyectado y diseñado.

Es importante tener presente que estas cuestiones y requisitos de forma implícita o explícita están recogidos en el Proyecto.

Estos túneles se ejecutarán mediante el método NMA (Nuevo Método Austríaco) y en consecuencia el seguimiento geotécnico, el control de ejecución y la auscultación en continuo y en tiempo real es consustancial a los mismos, es parte del sistema de producción, dado que no solo se valida el túnel ejecutado, sino que mediante estas actividades se determina el sostenimiento a ejecutar, es decir el objeto a construir en cada punto, a excepción de los tramos y circunstancias



especiales claramente determinados en el Proyecto donde la elección del sostenimiento no está determinado por los índices de calidad del macizo rocoso.

Por este motivo, se considera necesario aclarar los siguientes requisitos, dado que su incumplimiento desvirtúa el objeto a construir y es imprescindible para el cumplimiento del Proyecto y del Contrato.

1. Los **sostenimientos** del Proyecto no se pueden modificar para cada rango de calidad y montera de roca establecida. En todo caso si fuera necesario para alcanzar el factor de seguridad requerido en el Proyecto, reducir la deformabilidad, o por incrementar la seguridad se le implementará cuantos tratamientos especiales sean necesarios.
2. Los sostenimientos se seleccionarán directamente mediante la determinación del índice de calidad del macizo rocoso; excepto en los casos que se indican en el punto 12.
3. El índice de calidad a emplear será la Q de Barton. No pudiéndose modificar el sistema de clasificación geomecánica a emplear. No será válido la obtención indirecta de este índice Q a partir de la correlación matemática de otros índices.
4. El **sostenimiento es permanente** y el revestimiento se colocará con deformación cero y con los elementos trabajando como máximo al 75% de su límite elástico.
 - **Análisis de cuñas y bloques:** El análisis de cuñas y bloques se realizará para todas las calidades de roca poniendo especial atención en las secciones de mala calidad o calidad intermedia ST-III debido a que el espaciado y la resistencia al corte de las juntas es mínima. Pudiendo confluir con sistemas de fallas o juntas asociadas a accidentes regionales de gran persistencia.
 - El cálculo se realizará considerando los siguientes aspectos:



- Las dimensiones de las discontinuidades serán las realmente previstas y siempre de continuidad superior al pase, siendo la esquistosidad, fallas y estratificación de continuidad infinita y las juntas de la realmente observada.
 - Únicamente con los bulones se deberá alcanzar el FS 1,2. Se considerará únicamente efectivo a efectos de adherencia el metro final de los bulones.
 - Con la combinación de los bulones y el hormigón proyectado se deberá alcanzar el FS mínimo de 2.
 - Se deberá comprobar la estabilidad del frente en todas las secciones y en las dos direcciones de excavación.
 - La estabilidad de la pirámide máxima que se puede formar entre la retícula de bulones debe estar garantizada tanto a corto plazo, (5 horas), como a largo plazo únicamente mediante el hormigón proyectado.
 - Las condiciones de techo plano se analizarán de manera independiente y en todos los casos en que se puedan producir.
5. El perfil geométrico tanto longitudinal como transversal del túnel con el sostenimiento colocado deberá cumplir el teórico con unas tolerancias máximas preestablecidas.
- Tolerancia máxima ST-I $\leq 0,75M$
 - Tolerancia máxima ST-II $\leq 0,50M$
 - Tolerancia máxima ST-III $\leq 0,25M$
 - Tolerancia máxima ST-IV $\leq 0,25M$
 - Tolerancia máxima ST-IV bis $\leq 0,15M$



- Tolerancia máxima ST-V $\leq 0,15M$
 - Tolerancia máxima Anchurones $\leq 0,05M$
 - Tolerancia máxima Boquillas $\leq 0,05M$
6. La contratista deberá prever la sobre excavación mínima para cada sección tipo (ST) y rango de montera. Para ello, deberá y tener en cuenta la deformación acumulada prevista, y el método y eficacia del método de excavación. La sobre excavación mínima de replanteo siempre deberá ser superior a la máxima deformación prevista en el proyecto. La contratista deberá proponer dicha sobre excavación teórica antes del inicio para su aprobación a la dirección de la obra. En base a los resultados y comportamiento del macizo y el sostenimiento la Dirección de Obra podrá obligar al ajuste de dicha sobre excavación a la realidad en cualquier fase de la obra.
 7. En el caso de que las deformaciones acumuladas del sostenimiento supongan: una degradación del sostenimiento y pérdida de eficacia en relación a lo establecido en el proyecto, el sostenimiento se considerara de sacrificio por lo que el contratista deberá demoler y reconstruir el sostenimiento en dicha zona.
 8. En el caso que las deformaciones del sostenimiento ya sea por cuantía, por % de sollicitación respecto al máximo permitido, y/o por no llegar al equilibrio o detectarse una ampliación progresiva del radio de plastificación, la contratista deberá aplicar los tratamientos especiales necesarios o pasar a sostenimientos superiores.
 9. En los casos en los que el comportamiento del sostenimiento colocado no proporcione los niveles de seguridad y durabilidad del sostenimiento y del revestimiento de acuerdo al proyecto y a este pliego, La Dirección de Obra, independientemente de la ST que corresponda atendiendo al índice de calidad del macizo rocoso, podrá ordenar la ejecución de tratamientos especiales o la ejecución de un sostenimiento de grado superior.



10. La longitud de pase máxima será la marcada en los planos y bajo ningún concepto se permitirá el incremento de la misma.
11. El espesor mínimo del revestimiento de hormigón en masa será de 30 cm. La tolerancia del espesor será cero. No se admitirán valores, ni siquiera puntuales y discretos, de espesores menores de 30 cm. No se admiten refuerzos mediante armaduras para compensar espesores menores a 30cm de revestimiento.
12. El revestimiento se colocara con el túnel en equilibrio, deformación cero, el sostenimiento no degradado o sacrificado, y con los factores e seguridad parciales y globales exigidos en el proyecto.
13. Condiciones mínimas a cumplir en cuanto al seguimiento geotécnico que se debe realizar durante la ejecución del túnel:
 - Plan de la instrumentación–distancia al frente de la colocación de la instrumentación. Plan de frecuencias de lecturas. Procesado y comunicación.
 - Levantamiento del frente: La contratista deberá facilitar por lo menos 30 minutos en cada pase para el levantamiento del frente de los equipos de la Dirección de Obra. Durante este tiempo estará libre de maquinaria, sin presencia de explosivos, perfectamente iluminado y la atmósfera ventilada. Se realizará al menos un levantamiento de cada uno de los frentes al día. Con metodología de toma de datos prefijada por la Dirección de Obra.
 - La contratista deberá poner los medios auxiliares de elevación, perforación e iluminación para la realización del seguimiento e instrumentación.
 - La frecuencia de análisis y procesado de datos serán fijados por la Dirección de Obra.
 - Recálculo de cuñas y bloques y métodos tensodeformacionales.



- Sistema de documentación y comunicación: GIS con acceso web con alimentación diaria.
 - La Administración fijará las bases metodológicas del seguimiento y frecuencia y formato de las comunicaciones y de la documentación definitiva:
 - Documentación diaria.
 - Documentación semanal.
 - Documentación mensual.
 - Informe de Hito intermedio.
 - Dossier de validación del avance (necesario para acometer la destroza, necesario para acometer el revestimiento).
 - Back análisis.
 - Dossier final e informe final.
14. La modificación parcial local o sustancial de las características de terreno está incluida en las previsiones del Proyecto para lo cual se prevén una serie de tratamientos especiales.
15. No se podrán emplear ciertos elementos como: bulones de expansión. Únicamente se permitirá la sustitución de los bulones de barra con anclaje repartido de resina por bulones de barra de anclaje puntual postinyecados. No se podrá dejar en la perforación del perno tubos o cañas o elementos similares empleados para la introducción de los cartuchos de resina o para otro fin.
16. Los parámetros de macizo rocoso no se podrán considerar mejores que los del Proyecto a efectos de recálculo.



17. En las zonas donde por condicionantes de afección o gestión del riesgo el Proyecto determine una sección de sostenimiento independiente de la calidad de la roca no se podrá aligerar dicho sostenimiento por motivos de mejoría de la calidad de la roca, y sí incrementar mediante tratamientos especiales si es necesario para alcanzar los objetivos marcados por el Proyecto. En este grupo se incluyen además de los tramos indicados en los Planos, las boquillas, entronques con galerías transversales, zonas de anchurones y zonas de afección a terceros.

18. En cuanto al procedimiento de ejecución se debe dejar claro que:

- En el equipo de ejecución del túnel debe haber una persona con responsabilidades definidas, por ejemplo un “jefe de túnel”, que debe firmar a diario y en cada pase que está informado del sostenimiento y los tratamientos especiales que debe realizar en cada pase, que ha realizado correctamente el sostenimiento determinado y que el túnel está seguro para que empiece el siguiente ciclo.
- No se permite invertir las fases de ejecución establecidas en los planos que componen un ciclo.
- No se permite comenzar a ejecutar una fase hasta que finalice la anterior.
- No se permite dar pases de mayor longitud que la establecida en el Proyecto.
- Antes de realizar un cambio de sostenimiento a una sección más ligera, siempre y sistemáticamente se deberá dar un pase de confirmación colocando la sección de sostenimiento previa.

19. En cuanto al control de ejecución de los túneles.

Este aspecto no se puede dissociar del seguimiento geotécnico y debe caminar en paralelo y cruzarse los datos de ambas áreas en tiempo real.



Por mucho que la caracterización del macizo rocoso esté bien realizada y la asignación de la sección de sostenimiento bien realizada, si la ejecución no es correcta (en geometría, cuantía, en calidad o en el tiempo o con la secuencia precisa) se podría tener el túnel con sostenimientos inferiores a los que el estándar de calidad que el Proyecto establece para esa calidad del macizo, o incurrir en grave riesgo para los operarios, tener problemas a largo plazo y someter a los usuarios a mayor riesgo que el aceptado.

En consecuencia, al igual que en el seguimiento geotécnico son necesarios una serie de procedimientos constructivos y métodos de aseguramiento de la calidad y control de calidad.

Todos los controles tanto cualitativos como cuantitativos deberán estar realizados a una distancia inferior a 20 m del frente. Para lo cual la contratista deberá facilitar los medios de elevación y perforación así como incluir las ventanas de tiempo necesarias en cada ciclo.

En caso contrario, la Dirección de Obra podrá exigir que no se avance en la excavación hasta la actualización de las tareas de control.

20. Autorización para el inicio de cada fase de ejecución del túnel

Para poder dar inicio a cada una de las fases de ejecución del túnel, la contratista deber solicitar la autorización expresa para tal fin a la dirección de obra. Dicha solicitud deberá ir acompañada y soportada con los documentos e informes correspondientes que se especifican en este pliego. La autorización por parte de la dirección de obra únicamente podrá ser afirmativa si la documentación correspondiente y los análisis requeridos en este pliego confirman el cumplimiento de los requisitos exigidos

- Inicio de túnel en mina (excavación boquilla terminada).
- Inicio de la destroza (excavación y sostenimiento del avance, terminado, incluido tratamientos especiales y escaneado)



- Inicio de la impermeabilización (excavación y sostenimiento de la destroza y contra bóveda, terminado, incluido tratamientos especiales y escaneado)
- Inicio del revestimiento (impermeabilización y drenaje, terminado,)

Antes de dar inicio a cada una de las fases de ejecución, se deberá cumplir con los requisitos que marca el Proyecto para la fase anterior y deberá estar validado por los datos y análisis del control geotécnico e instrumentación, control de ejecución y control de calidad. En el caso de existir alguna no conformidad en alguno de los sistemas de control no se podrá seguir con la ejecución del túnel salvo autorización expresa de la Dirección de Obra.

5.2. Auscultación

La ejecución de un túnel necesita de un sistema de auscultación que permita tener un conocimiento suficiente del modo en que el terreno, estructuras e instalaciones responden a las operaciones de excavación que se están realizando.

Con ese motivo, antes de comenzar la ejecución del túnel, la contratista deberá presentar un plan de auscultación. A continuación se describen los contenidos y las bases mínimas que debe cumplir el mencionado plan.

No se podrá comenzar la ejecución del túnel sin que el plan este aprobado por el Director de las Obras.

Asimismo, dado que la actividad prioritaria en la ejecución del túnel es el control y la auscultación, ante el incumplimiento de la auscultación en cuantía frecuencia, calidad o comunicación por parte de la contratista, el Director de la obra podrá ordenar la interrupción de todas las demás actividades del túnel hasta su regularización.

Bajo el término de auscultación, se engloba a todo el conjunto de labores necesarias para el control del comportamiento de una excavación subterránea, centrándose en la observación sistemática del comportamiento estructural de las



secciones de sostenimiento y en la vigilancia de transiciones o accidentes geológicos particulares de la traza.

Los resultados de las mediciones, correctamente interpretados, permiten vigilar la seguridad de la obra, sus posibles afecciones, contrastar con la realidad las hipótesis del Proyecto y validar la infraestructura subterránea construida en relación a los requisitos y estándares establecidos en el Proyecto o por la Administración.

Asimismo, una vez revestido el túnel se colocarán pernos de convergencias en el revestimiento para su control sistemático y en la fase de explotación. Dichas secciones se colocarán cada 25 m de túnel y cada una constará de cinco pernos.

5.2.1. *Parámetros de control en la auscultación*

La función básica de la auscultación es el control de los desplazamientos en el contorno del túnel. Con este fin, se han definido en Planos una serie de Secciones de Control Normal, específicas para cada sección de excavación (1, 2 ó 3 carriles) y en estas Secciones de Control Normal, se medirá la deformación relativa entre puntos inferiores a la sección excavada (convergencias). Se controlará tanto el valor de la deformación como la velocidad de deformación, instalándose a lo largo del túnel una serie de estaciones de convergencia. Dicho control es suficiente, ya que realmente, lo que se busca es conocer si la deformación se estabiliza y el tiempo que tarda en hacerlo. En aquellas zonas especialmente conflictivas se intensificará la medida mediante métodos topográficos de Nivelación de Clave.

Complementariamente a lo anterior, en aquellos puntos donde se necesite realizar un control más exhaustivo de la excavación, zonas de fallas, cambios de litologías, etc. se instalarán Secciones de Control Intensivo. En estas secciones, además de las lecturas de convergencia, se realizarán lecturas de deformaciones en el interior del macizo rocoso por medio de extensómetros de varillas y de tensiones sobre el sostenimiento por medio de células de carga.



5.2.2. Instrumentos de auscultación

Para la medición del desplazamiento en el contorno del túnel, se utilizará una cinta extensiométrica, con dispositivo de tensión incorporado, que permita una precisión de 0,1 mm en una luz de 30 m.

Antes de cualquier toma de medidas se realizará la calibración de la cinta. Para ello en la obra se dispondrá de dos vigas opuestas en las que se anclarán dos pernos, considerando que ambas vigas no varían su posición en el tiempo. Periódicamente se realizarán lecturas de comprobación. La distancia entre ambos puntos de control, deberá ser aproximadamente igual al diámetro de excavación del túnel.

- Extensómetros de varillas.
- Células tangenciales y radiales.
- Hitos para control de las deformaciones mediante sistemas topográficos. Todos los pernos de lectura de convergencia deberán ir provistos de dianas.
- Los pernos de convergencias y dianas deberán ir provistos de placa metálica de protección frente al impacto.
- En todos los tubos y con espaciado inferior a 100 m se deberán colocar bases de replanteo topográfico. Estarán situadas fuera de la zona de tránsito empotradas en zona no excavada.

5.2.3. Secciones de control normal

5.2.3.1. Definición geométrica

La definición geométrica de las secciones de control está representada en Planos.

Las secciones de convergencia estarán formadas por cinco pernos de convergencia distribuidos de la siguiente forma:



- El primer perno de cada sección se situará en la clave del túnel y dos en los hastiales a una altura aproximada de 1.5 m sobre la cota de avance.
- Los otros dos pernos se colocarán en cada uno de los hastiales, a una altura aproximada de 1.5 m sobre la cota de solera, inmediatamente a la ejecución de la destroza.

La medida de convergencias a realizar, es la distancia entre los dos puntos de los hastiales y de cada uno de estos con la clave.

El criterio de signos que se utilizará será el siguiente:

- Convergencia positiva: cierre de la sección.
- Convergencia negativa: apertura de la sección.

Los resultados se representarán en una serie de curvas tales como:

- Convergencia – Tiempo.
- Convergencia – Distancia al frente.
- Velocidad de convergencia – Tiempo.
- Velocidad de convergencia – Distancia al frente.

La sección de medida debe colocarse lo más rápidamente posible tras la excavación, ya que, si no, se perderían gran parte de las deformaciones producidas. Por lo general, desde que se excava hasta que se puede medir la deformación se pierde un 50% del movimiento total.

Las medidas se recogen en un registro de lecturas, que además deberá contener los siguientes datos:

- Identificación del tajo.
- Número de la sección instrumentada.



- PK.
- Cobertera de la excavación.
- Tipo de terreno excavado.
- Fecha de paso.
- Distancia al frente al realizar la primera lectura.
- Croquis de la sección con indicación de las lecturas a realizar.
- Calidad del macizo atravesado.
- Sección tipo instalada.
- Fecha de la completa y correcta ejecución del sostenimiento.

La contratista realizará de modo habitual las mediciones de las distintas secciones de convergencia, para lo cual dispondrá de una cinta extensométrica adecuada. Diariamente, la contratista deberá suministrar a la Dirección de la Obra las medidas realizadas durante la jornada de trabajo anterior. Esta información deberá estar contenida en formato Excel, con un archivo para cada sección de auscultación.

La Dirección de Obra podrá realizar mediciones de contraste en aquellas secciones de convergencia que considere necesario, para lo cual dispondrá de su propia cinta extensométrica y realizará una medición inicial de todas las secciones de control. La contratista suministrará los medios auxiliares necesarios para la realización de estas mediciones.

En casos de discrepancia, la Dirección de la Obra podrá exigir la realización de mediciones de confrontación, con la presencia de la, de la Dirección Facultativa de las Obras y de la Jefatura de las Obras.



Las secciones de convergencia se colocarán sistemáticamente cada 25 m de túnel y, eventualmente, en otros puntos que la Dirección de Obra considere de interés. A criterio de la Dirección de Obra, estas distancias pueden variar, pero en ningún caso, dicha distancia será superior a 40 m, reduciéndose hasta 10 m en aquellas zonas donde se prevean mayores dificultades como las cercanas a fallas. La Dirección de la Obra en cualquier momento podrá exigir la colocación de secciones de convergencia adicionales en cualquier punto, sin superar el límite máximo de una sección cada 25 m de túnel como promedio.

La Dirección de la Obra determinara las ubicaciones concretas de las secciones de convergencia,

Se deberá instalar al menos una sección de medida en los 10 primeros metros de túnel, con el fin de controlar los movimientos en la zona de emboquille.

Las mediciones se empezarán a realizar a una distancia del frente situada entre medio y un diámetro de excavación (aprox. de 5 a 13 m) y en todo caso, dentro de las 24h siguientes a la finalización de la instalación del sostenimiento de dicha sección.

5.2.3.2. Frecuencia de lectura de auscultación

Para las medidas de convergencia, la periodicidad de la toma de medidas deberá adaptarse a la evolución del comportamiento del terreno durante la ejecución. Como norma general, se aplicarán los criterios expuestos a continuación:

Excavación de la sección de avance:

- En frentes activos, si la distancia del frente a la sección instrumentada es inferior a treinta metros, se realizarán lecturas diarias.
- En frentes activos, si la distancia del frente a la sección instrumentada está entre treinta y cincuenta metros, se realizará una lectura cada 4 días de calendario.



- Si la distancia del frente a la sección es mayor a los cincuenta metros, la frecuencia de las lecturas se desarrollará de acuerdo con la siguiente tabla:

FRECUENCIA	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (V)
DIARIAMENTE	$V \geq 0,5 \text{ mm/día}$
UNA CADA 4 DIAS	$0,2\text{mm/día} \leq V < 0,5 \text{ mm/día}$
UNA CADA 14 DIAS	$0,1 \text{ mm/día} \leq V < 0,2\text{mm/día}$
UNA CADA MES	$0,05 \text{ mm/día} \leq V < 0,1 \text{ mm/día}$
UNA CADA 2 MESES	$0,005 \text{ mm/día} \leq V < 0,1 \text{ mm/día}$
UNA CADA TRES MESES	Hasta la ejecución del revestimiento

Frecuencia de lecturas de cada sección

Excavación de la sección de destroza:

Se volverá a realizar de nuevo una lectura cada dos días cuando a la excavación de la destroza le falte 30 metros para alcanzar la correspondiente sección de convergencia. Una vez que la excavación sobrepase dicha sección se aplicarán los mismos criterios de frecuencia que los utilizados para la sección de avance.

5.2.4. Sección de control intensivo

5.2.4.1. Definición geométrica

La posición y características de los distintos elementos que forman las secciones de control intensivo, están representadas en Planos.

Para las medidas de movimientos en el interior del macizo, el criterio de signos que se utilizará será el siguiente:



- Deformación positiva: acortamiento.
- Deformación negativa: extensión.

Los resultados se representarán en una serie de curvas tales como:

- Deformación – Tiempo.
- Deformación – Distancia al frente.

La sección de medida debe colocarse lo más rápidamente posible tras la excavación, ya que, si no, se perderían gran parte de las deformaciones producidas.

Las medidas se recogen en un registro de lecturas, que además deberá contener los siguientes datos:

- Identificación del tajo.
- Número de la sección instrumentada.
- PK.
- Cobertera de la excavación.
- Tipo de terreno excavado.
- Fecha de paso.
- Distancia al frente al realizar la primera lectura.
- Croquis de la sección con indicación de las lecturas a realizar.
- Calidad del macizo atravesado.
- Sección tipo instalada.
- Fecha de la completa y correcta ejecución del sostenimiento.



La contratista realizará de modo habitual las mediciones de las distintas secciones, para lo cual dispondrá de los aparatos adecuados. Diariamente, la contratista deberá suministrar a la Dirección de la Obra las medidas realizadas durante la jornada de trabajo anterior. Esta información deberá estar contenida en formato Excel, con un archivo para cada sección de auscultación.

La Dirección de Obra podrá realizar mediciones de contraste en aquellas secciones en que lo estime oportuno, debiendo suministrar la contratista todos los medios auxiliares necesarios para la realización de estas mediciones.

En caso de discrepancia, la Dirección de Obra podrá exigir la realización de mediciones de confrontación, con la presencia de la Dirección Facultativa de las Obras y de la Jefatura de las Obras.

Las secciones de control intensivo se colocarán en zonas donde se prevean mayores dificultades geotécnicas (fallas y cercanías a estructuras subterráneas), en los cambios de litología y, eventualmente, en otros puntos que la Dirección de obra considere de interés.

La instalación de las células de carga se realizará al mismo tiempo que la ejecución de sostenimiento. Los extensómetros se instalarán a una distancia del frente situado entre medio y un diámetro de excavación (aprox. de 8 a 15 m) y en todo caso dentro de las 24 h siguientes a la finalización de la instalación del sostenimiento de dicha sección.

5.2.4.2. Frecuencia de lectura de auscultación

Las medidas de la instrumentación instalada, se realizará simultáneamente con las medidas de convergencia, por lo que se seguirán los criterios señalados para las convergencias.



5.2.5. Sección de instrumentación permanente

Asimismo, una vez revestido el túnel se colocarán pernos de convergencias en el revestimiento para su control sistemático en fase de explotación. Dichas secciones se colocarán cada 25 m de túnel y cada una constará de cinco pernos.

En los casos que la Administración lo considere necesario por las incidencias ocurridas en obra, o para controlar a largo plazo en zonas geotécnicamente difíciles, podrá exigir a la Sociedad Concesionaria la colocación de secciones de instrumentación intensa para la fase de explotación.

5.2.6. Plan de actuación

Con las lecturas obtenidas en cada una de las cuerdas de convergencias se realizarán una serie de gráficas en las que en el eje de abscisas figurará el tiempo. En el eje de ordenadas se indicará la medida de convergencia en mm. Para cualquier tipo de análisis se considerará la cuerda que tenga un mayor desplazamiento.

La forma de estas curvas denotará una convergencia elevada durante los primeros días y la pendiente de la misma será la velocidad a la que converge la excavación.

Finalmente y transcurridos varios días, si el sostenimiento es adecuado, la curva se tornará en una recta paralela al eje de abscisas. Si por el contrario el sostenimiento no es adecuado, la curva seguirá siendo ascendente hasta llegar a la rotura.

Se indican a continuación unos criterios de actuación sobre el sostenimiento, en función de las velocidades de deformación observadas. Hay que reseñar que los criterios y valoraciones que a continuación se exponen son sólo orientativos, correspondiendo al personal a pie de obra la adopción de las medidas de actuación en cada caso.



VELOCIDAD DE DEFORMACION	NIVEL DE RIESGO	ACTUACION
$V > 10$ mm/día	Extremadamente grande	Refuerzo inmediato del sostenimiento
$V = 5 - 10$ mm/día	Muy grande	Si se mantiene durante dos días se procederá al refuerzo del sostenimiento
$V = 2 - 5$ mm/día	Grande	Si se mantiene durante cinco días se procederá al refuerzo del sostenimiento
$V = 0,5 - 2$ mm/día	Media	Si se mantiene durante quince días se procederá al refuerzo del sostenimiento
$V = 0,05 - 0,5$ mm/día	Pequeña	Ninguna
$V < 0,05$ mm/día	Despreciable	Ninguna

Plan de actuación

Además de lo indicado será necesario analizar los casos de deformaciones de clase pequeña que se mantengan por un tiempo superior a 1 ó 2 meses.

Por otra parte, será motivo de atención y alarma el hecho de que la pendiente de la curva de convergencias en vez de disminuir, comenzara en algún momento a aumentar.

5.2.7. Informes de auscultación

Los resultados de la auscultación serán incorporados diariamente y a medida en que se vayan generando a las bases de datos y hojas de cálculos correspondientes, para su procesamiento inmediato y almacenamiento, de manera que en cualquier momento pueden ser consultados los datos de lecturas tomadas hasta esa fecha.

Con carácter rutinario y con independencia de que se pudieran establecer otros informes complementarios, se establece el siguiente procedimiento para la presentación de informes, así como el contenido mínimo de dicha presentación.



TITULO DEL INFORME	FRECUENCIA	CONTENIDO
Informe de incidencias	Uno a la superación de un escalón de Nivel de Riesgo	Situación de la instrumentación general y de la sección en la que se haya producido la incidencia. Descripción del avance de las obras. Resultados en forma de tablas, gráficos de los valores o parámetros que de ellos puedan deducirse con indicación de los dispositivos en los que se han registrado las incidencias
Informe parcial de resultados	Uno mensual	Situación de la instrumentación. Descripción del avance de las obras. Resultados en forma de tablas, gráficos de los valores o de los parámetros que de ellos puedan deducirse.
Informe parcial por sectores condición previa para autorizar el inicio de la destroza		Situación de la instrumentación. Descripción del avance de las obras. Resultados en forma de tablas, gráficos de los valores o de los parámetros que de ellos puedan deducirse. Análisis de los resultados obtenidos, durante el período de tiempo al que corresponde el informe, desde el punto de vista geotécnico - estructural, y de comparación con los previstos en el Proyecto.
Informe final de instrumentación del túnel completo, condición previo para autorizar el inicio del revestimiento	Uno a la finalización de los trabajos de auscultación	Situación de la instrumentación. Descripción del avance de las obras. Resultados en forma de tablas, gráficos de los valores o de los parámetros que de ellos puedan deducirse. Análisis de los resultados obtenidos, durante el período de tiempo al que corresponde el informe, desde el punto de vista geotécnico - estructural, y de comparación con los previstos en el Proyecto. Conclusiones para su posible aplicación en otras obras de características similares.

Informes de auscultación

5.3. Seguimiento geotécnico del túnel

A continuación se describen las tareas de seguimiento geotécnico que se deberán realizar y su frecuencia. En síntesis, los trabajos consisten en:

- La recopilación de los datos en el túnel como son: levantamiento del frente, levantamiento de indicios de agua, aforos de agua, levantamiento de patologías.



- Procesado y análisis de los datos: Realización de los modelos geológicos, análisis estructural, caracterización geomecánica y procesado y análisis de la auscultación.
- Determinación del sostenimiento y tratamientos especiales a ejecutar.
- Cruce con los datos procedentes del control de ejecución.
- Recálculo.
- Comunicaciones e informes.

5.3.1. A - Levantamiento de los frentes

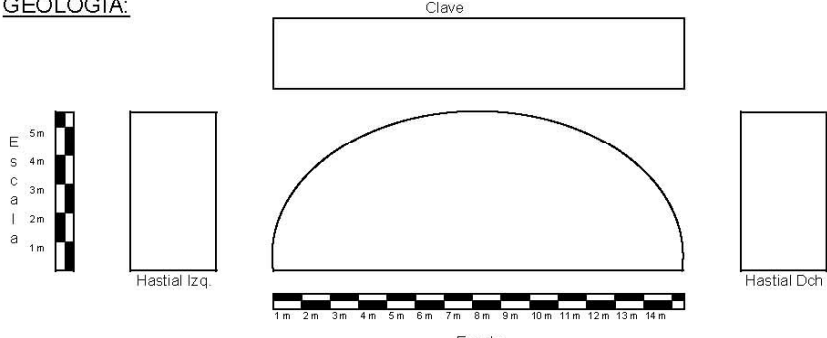
Los levantamientos de los frentes se realizarán como mínimo una vez al día tanto en avance como en destroza, levantándose el frente, la clave y los hastiales. El contenido mínimo de la ficha del levantamiento será el que se indica en la figura adjunta. Deberá estar firmado por el geólogo y el responsable de geotecnia de la Dirección de Obra y con la firma de enterado del Director de Obra.

Se levantará in situ y en el momento no pudiendo ser modificado bajo ningún concepto.

Cada levantamiento deberá ir acompañado de fotografías y siempre estará depositado en la oficina de la Dirección de Obra.

Se remitirá a la Dirección de Obra en un tiempo inferior a las cuatro horas desde su levantamiento vía correo electrónico con la propuesta del sostenimiento tipo y tratamientos especiales a ejecutar. Y estará disponible en el GIS en menos de 12 horas.



 		REGISTRO GEOTÉCNICO DEL FRENTE EN AVANCE									
SITUACIÓN DEL FRENTE EN AVANCE:											
Calzada: _____		Boca: _____		Fecha: _____ Hora: _____							
P.K inicio: _____		P.K. Final: _____		Tapada: _____							
Actividades en curso: _____											
GEOLOGÍA:											
											
MATRIZ ROCOSA			PLANOS DE DISCONTINUIDAD								
Litología	σ_c	Alteración (I a V)	Tipo	DipDir (°)	Buzam. (°)	Persist. (m)	Separ. (m)	Apert. (mm)	Rugos.	Relleno	JRC ₀
(1)			(A)								
(2)			(B)								
(3)			(C)								
(4)			(D)								
(5)			(E)								
AGUA:											
CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS:											
Jn	RQD	Jr	Ja	Jw	SRF	Jr / Ja	Q (Barton)				
							Max =		Min =		
σ_c	RQD	Separac. Junt.	Condic. Junt.	Agua	Orientación Juntas		RMR (Bieniawski, 1989)				
							Max =		Min =		
Vb (cm3)	Tb (cm)	Estado junta	JR	JL	JA	JC	GSI (Cai&Kaiser, 2004)				
							Max =		Min =		
AVANCE PROPUESTO:											
Método Excavación: _____				Longitud de Pase: _____							
Tipo de Sostenimiento: _____				Tratamientos Especiales: _____							
OBSERVACIONES:											
PPI-TUN-1		Realizado (AT):		Informado (AT):				Supervisado (OT):			
Nº FICHA		Fecha:		Fecha:				Fecha:			



5.3.2. B - Levantamiento de puntos de agua y aforos

- Se marcarán sobre planta desarrollada del túnel todos los indicios y puntos de agua, desde manchas, goteos y fluencias indicando el caudal y tiempo. La periodicidad mínima será semanal en los 100 m próximos al frente y cada mes en el resto del túnel.
- Se deberá aforar una vez a la semana los 100 m próximos al frente y la totalidad del túnel una vez al mes. Se medirá el nivel de agua en todos los sondeos una vez por mes, salvo los situados a menos de 100 m del frente, que se medirán una vez por semana.
- En el informe mensual se indicarán los puntos de agua y el caudal de los mismos. Se grafiarán los caudales parciales de los aforos relacionándolos con las precipitaciones y niveles de agua en los sondeos.
- Asimismo, se deberán aforar todos los manantiales y arroyos próximos al túnel. Estos aforos de forma general serán bimensuales y se deberán comenzar cuatro meses antes del inicio de las obras.
- De forma particular se aforarán una vez por semana los arroyos y manantiales situados a menos de 100 m y 200 m del frente respectivamente.

5.3.3. C - Levantamiento de patologías

Periódicamente se realizará un levantamiento de patologías: fisuras, grietas, desconchones, punzonamientos etc. En los 100 m próximos a los frentes, el levantamiento de las patologías se realizará una vez a la semana y una vez al mes en la totalidad del túnel.

Los mencionados levantamientos se colocarán en el GIS con acceso web a los dos días de realizarse. Asimismo se incluirá la síntesis de las patologías en una planta desarrollada en el informe mensual.



5.3.5. E - Control estructural. Procesado de datos geomecánicos. Análisis de cuñas

A partir de los levantamientos del túnel se delimitarán los dominios estructurales con la red de fracturación y se realizará la representación estereográfica correspondiente. Se determinará la variación espacial para cada tramo y las características geométricas para cada sistema de discontinuidades, validando o no el Proyecto.

En el caso de no coincidir en disposición, espaciado o resistencia con lo previsto para ese tramo del túnel, se recalculará con las continuidades reales medidas, validando el sostenimiento o calculando los tratamientos especiales necesarios. Por otro lado, en el caso de que las continuidades sean iguales o superiores al diámetro de túnel y/o superiores a las previstas en el Proyecto se deberán recalculer siempre las pirámides.

En el informe mensual se presentará el resumen del análisis estructural realizado para cada tramo atravesado, con las características de las mismas y la validación o no. En el caso de que no se valide al 100% el Proyecto se presentarán los resultados del recálculo.

El análisis estructural se subirá al GIS con acceso vía Web con una periodicidad máxima de una semana.

Los recálculos correspondientes a las cuñas y sus resultados se subirán a la base documental del GIS, antes del final de cada mes.

En el caso de aparición de juntas con continuidad igual o superior al diámetro del túnel se avisará a la Dirección de Obra en menos de 6 horas vía correo electrónico.



5.3.6. F - Control geomecánico

A partir de los datos del levantamiento del frente se llevará un control de los distintos índices que se han utilizado en el proyecto y que se emplean para determinar, ajustar o validar las características geomecánicas del macizo rocoso.

Será necesario llevar un registro continuo de los índices que se enumeran más adelante. Para cada subtramo de características geológicas o geotécnicas homogéneas se presentarán los valores medios, modales, máximos y mínimos, así como su ley de distribución. Los indicadores a presentar son los siguientes:

- Q
 - o Jr
 - o Jn
 - o Ja
 - o Jw
 - o SRF
- GSI
 - o Jc (joint condition factor)
 - o Vb (block Volume)
 - o Bwc (block wall condition)
- Jv (conjunto volumétrico de juntas)
- Ib (índice del tamaño del bloque)



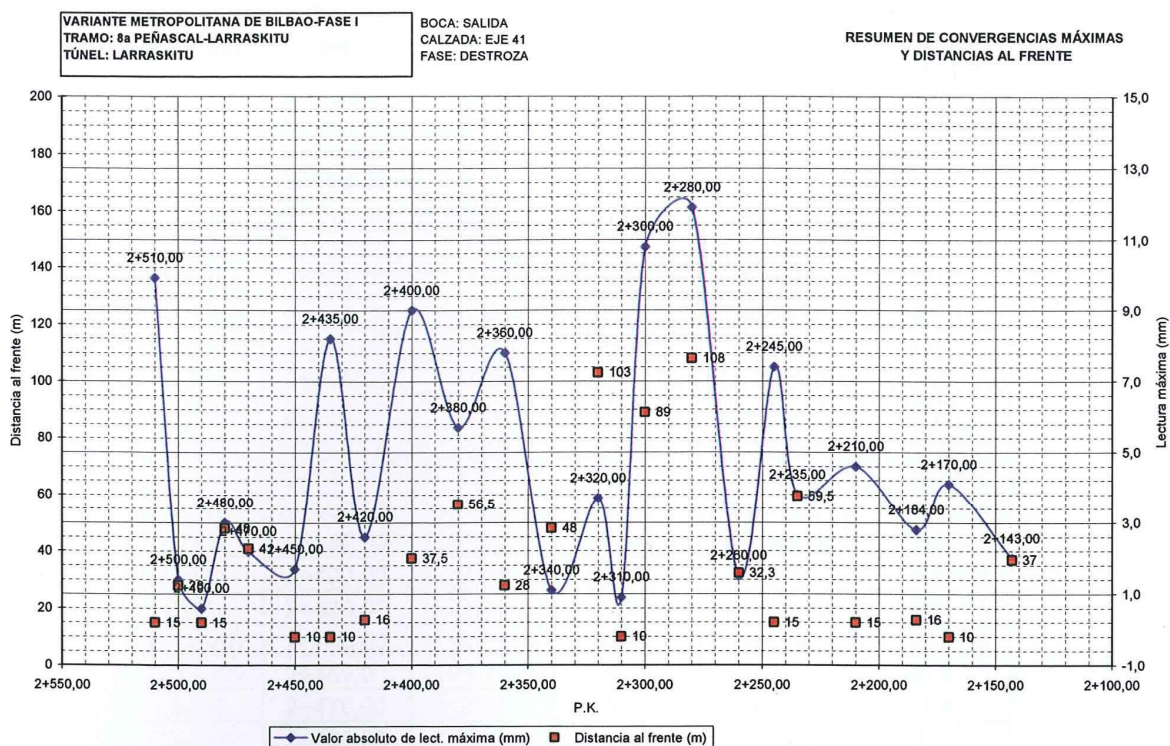
5.3.7. G - Procesado de los datos de instrumentación

En el punto 5.2 anterior se ha descrito con suficiente detalle el contenido y procedimiento a seguir.

Los datos de la auscultación deberán estar disponibles en la base documental del GIS tanto en formato Excel como en formato editable.

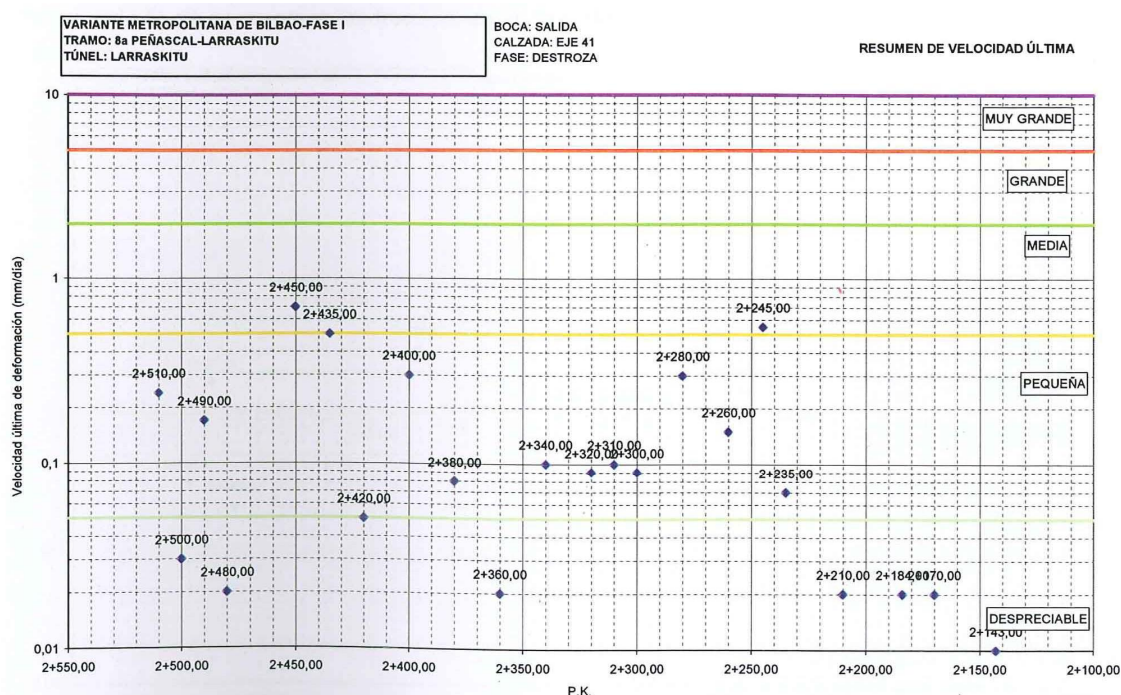
Asimismo, semanalmente, todos los lunes antes de las 8:00 h deberán estar actualizados los cuadros de síntesis de la auscultación y remitirse a la Dirección de Obra mediante correo electrónico con el formato siguiente:

- Convergencias máximas – distancia al frente

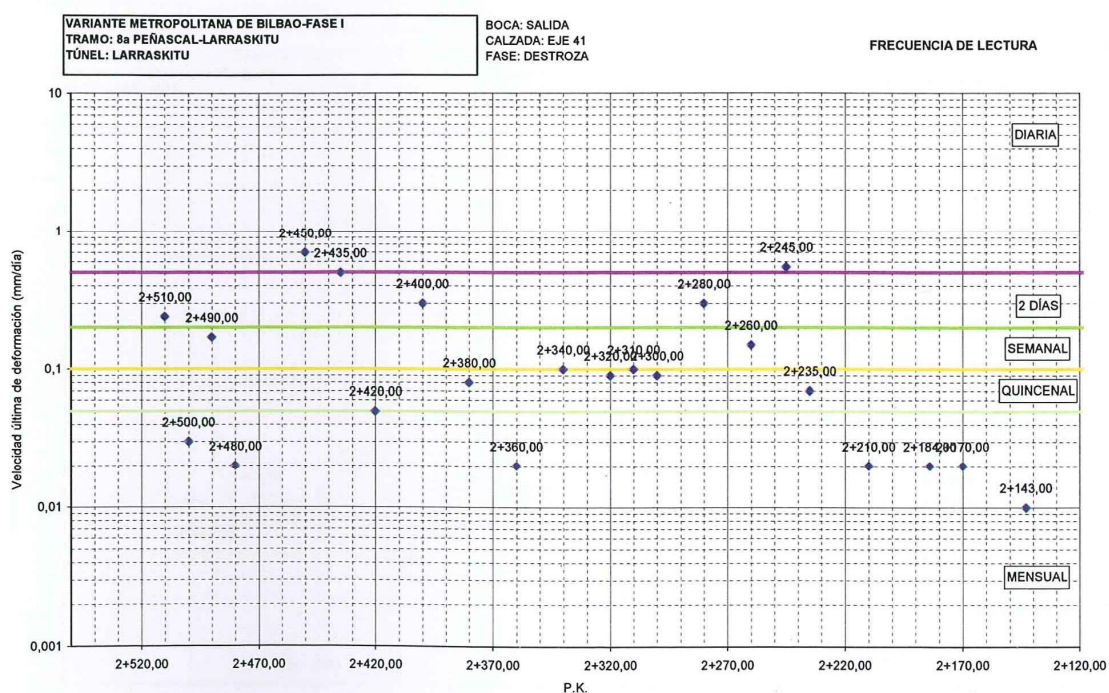




- Velocidad ultima



- Frecuencia de lectura programada





5.3.8. H – Cruce del seguimiento geotécnico con datos de control de ejecución. Acciones a realizar para el cumplimiento de los requisitos del Proyecto

El cruce de datos entre el seguimiento geotécnico y el control de ejecución se deberá realizar en continuo debiendo estar chequeados los datos cuantitativos y cualitativos tempranos a menos de 20 m de los frentes: cuantías de bulones y cerchas, resistencia de bulones, espesores de hormigón y tolerancias geométricas del sostenimiento.

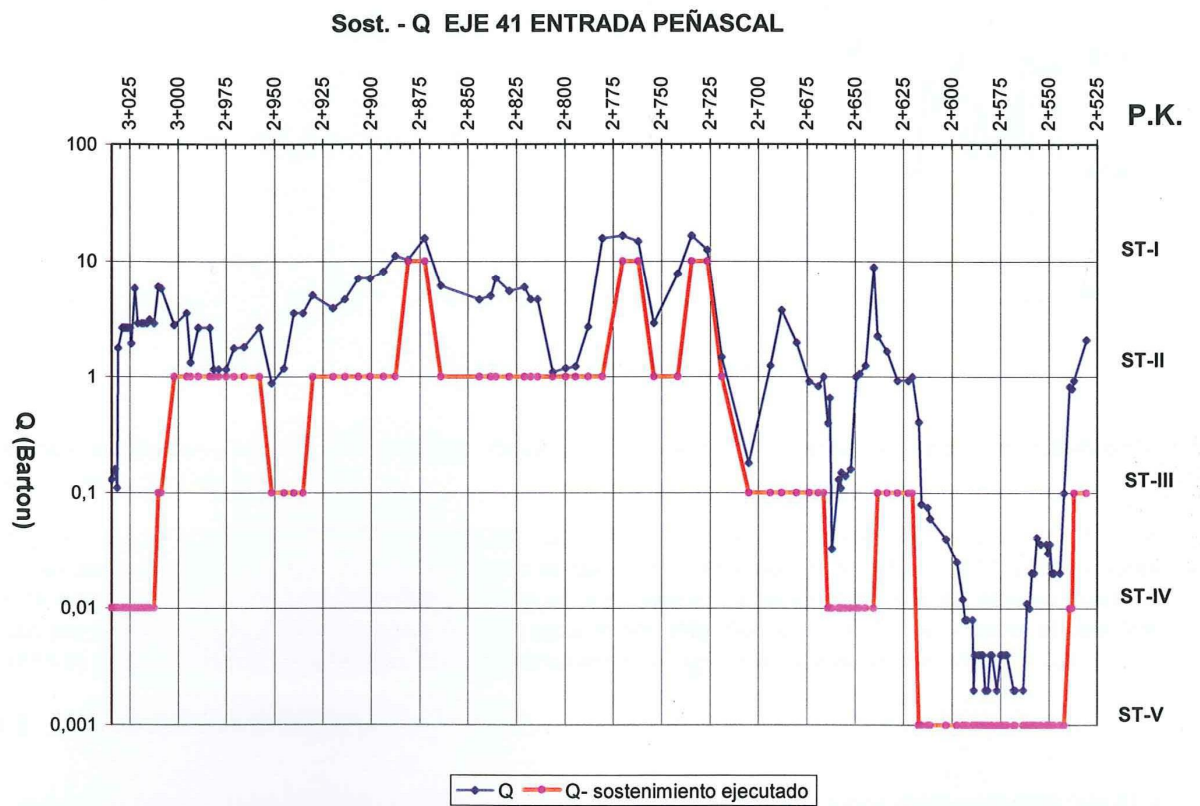
A medida que se reciban los ensayos de laboratorio se incorporarán los datos de los mismos y las medidas correctoras y compensatorias realizadas.

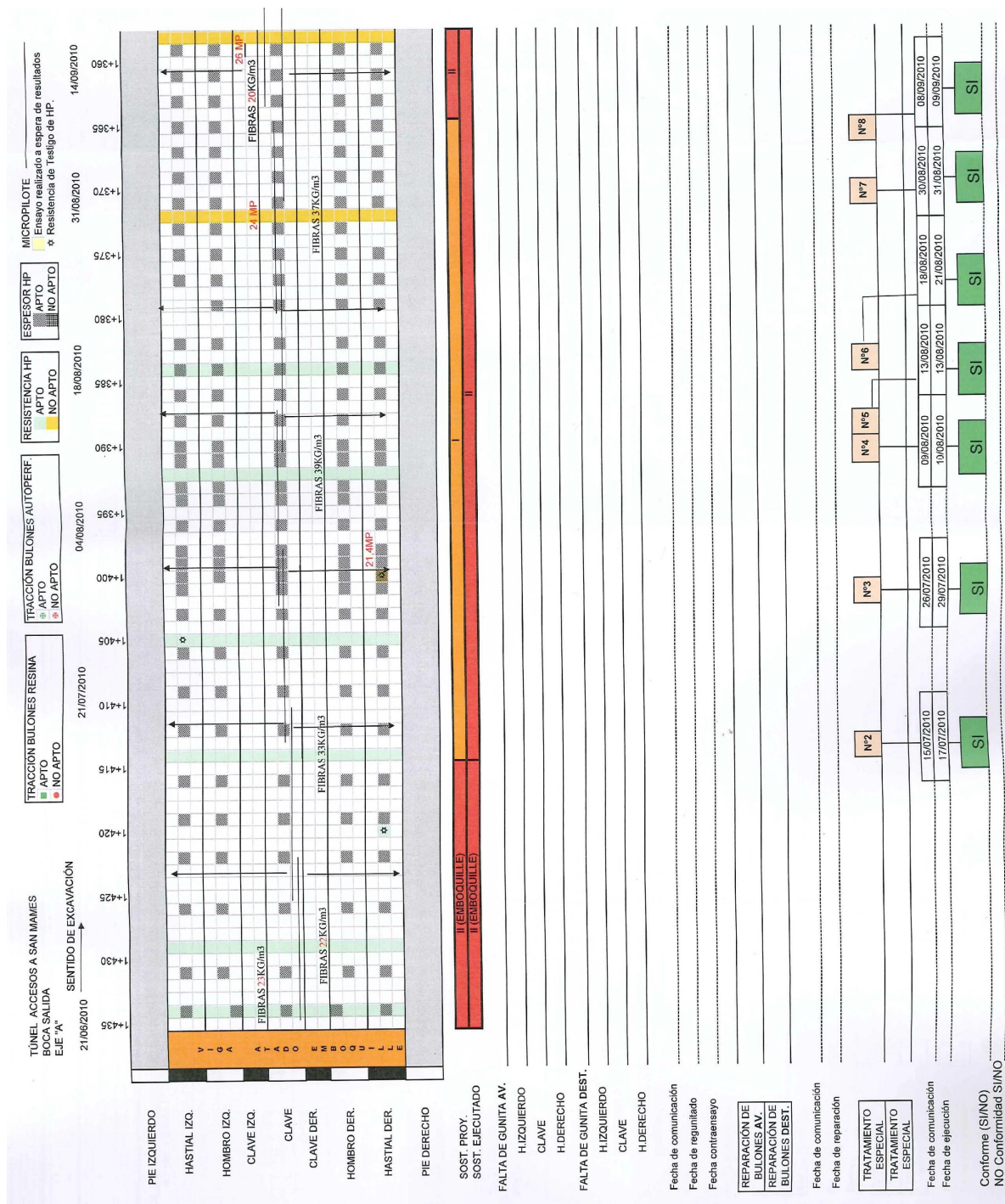
El control de ejecución se presentará en un esquema siguiendo el modelo de la figura adjunta.

Semanalmente se actualizará el esquema debiendo ser remitido la Dirección de Obra todos los lunes antes de las 10:00 h de la mañana.

Con dicho grafico se remitirán las conclusiones obtenidas del cruce de los datos de: la caracterización geotécnica – auscultación –patologías- análisis estructural – control de ejecución y las acciones a realizar en cada punto y en la secuencia determinada. Concretando:

- Nivel de seguridad en cada tramo.
- Grado de cumplimiento del sostenimiento por tramos en relación a los requeridos por el Proyecto.
- Nivel de cumplimiento de control de auscultación, cuantitativo y cualitativo por tramos.
- Actuaciones correctoras por tramos y en orden de prioridad para el cumplimiento de los requisitos del Proyecto.







5.3.9. I - Análisis hidrogeológico

Con los datos anteriormente mencionados recopilados en la obra, junto con los datos del Proyecto y los datos pluviométricos, se contrastarán las características hidrogeológicas del macizo, su comportamiento y afecciones.

- Características hidrogeológicas del macizo en cada tramo del túnel
 - Zonas saturadas.
 - Nivel freático y piezométrico.
 - Gradientes
 - Permeabilidad primaria y/o secundaria
 - Zonas de descarga y caudales
- Radio y grado de influencia del túnel, distancia y masa de roca afectada
 - Variación de los niveles en zonas semisaturadas.
 - Variación de nivel freático en el propio macizo.
 - Variaciones de niveles piezométricos en el propio macizo.
 - Afecciones a los puntos de agua en superficie, y sus zonas de recarga.
 - Variaciones de caudal y cualitativas en las aguas superficiales (arroyos, zonas húmedas).
 - Variaciones de caudal y cualitativas en las surgencias y manantiales.
 - Modificación del balance hídrico, dirección de flujo subterráneo y gradiente.



5.3.10. J - Análisis tensodeformacional

Durante la obra se deberán realizar una serie de cálculos tensodeformacionales. Los mencionados cálculos se realizarán mediante programas de elementos finitos o diferencias finitas. Dichos cálculos se realizarán con la precisión y detalle mínimo marcados en el Proyecto simulando todas las fases.

El back-análisis mediante los cálculos tensodeformacionales se realizará en los siguientes casos:

- Zonas singulares como los anchurones.
- Tramos de túnel con recubrimiento de roca inferior a un diámetro.
- En las bocas de túnel con distancia entre tubos inferior a un diámetro
- En los túneles de dos carriles en todos los tramos sección tipo V
- En los túneles de tres carriles en zonas de sección tipo IV y V
- En los tramos donde se hayan producido deformaciones o tensiones superiores a las previstas en el Proyecto.
- En los sectores donde se hayan producido desprendimientos en ejecución.
- En los tramos donde se hayan observado patologías que hayan dañado el sostenimiento reduciendo su eficacia.

Se modelizará el túnel de acuerdo a las características del macizo observado, con el sostenimiento real colocado. Se calibrará el modelo reproduciendo las tensiones y deformaciones medidas en cada fase de ejecución.

Con los resultados obtenidos se deberá validar el sostenimiento ejecutado cumpliendo las prescripciones en cuanto a coeficientes de seguridad y porcentaje sobre carga de los elementos estructurales. En el caso de que no se cumplan las exigencias de Proyecto se propondrán los refuerzos pertinentes.



La modelización se realizará en dos fases: La primera antes de ejecutar la destroza; será condición necesaria tener modelizado y realizar la prognosis de la destroza de los tramos problemáticos para que se autorice el inicio de la destroza.

La segunda fase se deberá realizar antes del inicio del revestimiento y asimismo será condición necesaria para la autorización del inicio del revestimiento.

5.3.11. Informe mensual

El contenido mínimo de los informes mensuales de seguimiento del túnel será el siguiente:

1. Descripción de la obra y tramificación
2. Seguimiento en ejecución
 - a) Evolución de la excavación
 - b) Sostenimientos instalados
 - c) Comparativa con el proyecto
 - d) Rendimiento de la excavación
 - e) Síntesis del control de ejecución
 - f) Patologías
3. Geología y geotecnia de los tramos ejecutados en el mes
 - a) Litología
 - b) Estructura
 - c) Hidrogeología
 - d) Índices de calidad del macizo rocoso
 - e) Subíndices de calidad del macizo rocoso



- f) Análisis de cuñas
 - g) Caracterización geomecánica
 - h) Resumen de los cálculos realizados
 - i) Planta y perfil geotécnico con guitarra de síntesis
4. Auscultación.
- a) Auscultación instalada.
 - b) Análisis de la auscultación.
5. Cruce de datos del seguimiento geotécnico con la auscultación y el control de ejecución
- a) Relaciones índices de calidad del macizo-sostenimiento colocado.
 - b) Grado de cumplimiento del sostenimiento según criterio del proyecto.
 - c) Nivel de cumplimiento del control: de auscultación, cualitativo y cuantitativo.
 - d) Nivel de seguridad en cada tramo en cada día del mes.

5.3.12. Informe fin del avance

El informe del fin del avance deberá contener todos los apartados del informe mensual referido a todo el túnel, añadiendo los siguientes apartados:

- 6. Cálculos: Se presentarán todos los cálculos geotécnicos realizados, incluidos los back-análisis.
- 7. Informe hidrogeológico.
- 8. Control de ejecución.
 - Control geométrico: perfiles y escaneado del túnel.



- Control cualitativo.
- Control cuantitativo.

9. Validación del sostenimiento ejecutado.

10. Propuesta de ejecución de la destroza pormenorizada.

El informe se entregará en formato digital, editable y ejecutable. Asimismo, en apéndices adjuntos se entregarán todos los datos obtenidos en el seguimiento del túnel, tanto geotécnicos, de control de ejecución, de la instrumentación y de los análisis y cálculos efectuados.

5.3.13. Informe fin de la destroza

El informe de fin de la destroza deberá incluir todos apartados del fin de la destroza, añadiendo la propuesta y plan de ejecución de la instrumentación permanente, plan de ejecución de la impermeabilización y el revestimiento.

5.3.14. Informe fin de obra

El informe de final del túnel deberá ser entregado a la Dirección de Obra tres meses antes de la fecha programada para el final del contrato.

Además de incluir todos los contenidos recogidos en el informe de fin de la destroza se deberán incluir los siguientes apartados:

11. Ejecución de la impermeabilización

- Control de ejecución: geométrico mediante escaneo, cualitativo, cuantitativo, patologías.
- Acciones correctoras

12. Ejecución del revestimiento

- Control de ejecución: geométrico, cualitativo, cuantitativo, patologías.



- Acciones correctoras.
- 13. Validación de la impermeabilización y revestimiento.
- 14. Validación de los datos de la auscultación.
- 15. Propuesta de seguimiento geotécnico en explotación

6. CRITERIOS DE EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO GEOTECNICO DE LAS CIMENTACIONES DE LAS OBRAS DE FÁBRICA

6.1. Condiciones de ejecución

En el Proyecto hay estructuras cuya cimentación es de muy diversa tipología y sobre materiales de diferentes características geotécnicas. Además de ello, se dan una serie de circunstancias adicionales que tienen importantes repercusiones geotécnicas como son:

- Cimentaciones en laderas de alta pendiente.
- Zonas con alta variabilidad de las características geotécnicas del terreno.
- Zonas en las que es necesario realizar investigación complementaria previa.
- Soluciones que requieren la ejecución de excavaciones importantes en ocasiones inestables.
- Muchas de las obras de fábrica vienen condicionadas por el proceso constructivo, que condiciona la solución geotécnica para las contenciones provisionales y definitivas, así como la propia cimentación.
- Cimentaciones que se realizarán junto a infraestructuras existentes.
- Es por ello que en el proceso de ejecución es necesario cumplir con una serie de fases y etapas para que las soluciones diseñadas y previstas sean válidas y



realizar un seguimiento geotécnico y de la ejecución que pueda validar dichas cimentaciones.

- Antes de comenzar cada estructura la contratista deberá entregar a la Dirección de Obra los resultados de la investigación complementaria realizada, su análisis y conclusiones.
- Se aportará un informe preliminar donde se presentará:
 - Proceso y secuencia constructiva.
 - Definición de las excavaciones y rellenos a realizar, su catalogación en cuanto a provisionales y definitivos.
 - Interferencias.
 - Análisis geotécnicos de los rellenos y excavaciones de acuerdo a los criterios dados en los apartados anteriores definiendo los factores de seguridad, los elementos de contención y el proceso de ejecución.
 - En el caso de prever ajustes o modificaciones de las cimentaciones o de las leyes de empujes de las obras de fábrica deberá ser entregado en el mencionado informe preliminar.
 - Las propuestas de modificación de las cimentaciones de las obras de fábrica, así como las leyes de empuje consideradas deberán llevar toda la documentación geotécnica, siendo el nivel de definición y justificación mínima los del Proyecto.
- La contratista no podrá comenzar con la ejecución de dicha estructura hasta la entrega del informe preliminar mencionado.
- La clasificación de excavaciones y rellenos permanentes o provisionales lo deberá aprobar la Dirección de Obra.



- Los pequeños ajustes que resulte preciso realizar en las cimentaciones de las obras de fábrica, y que no tengan la consideración de modificaciones del Proyecto, requerirán la aprobación expresa del Director de las Obras. Todas las propuestas estarán vinculadas a un proceso constructivo y a unas características geotécnicas del terreno.
- Los ajustes determinados en el informe preliminar mencionados estarán sujetos al seguimiento y control geotécnico en la ejecución y se validarán al igual que las cimentaciones no ajustadas previamente en el punto de parada e inspección (PPI) correspondiente.
- Los elementos de contención en las excavaciones definitivas deberán ser aprobados por la Administración.
- Las fichas de los levantamientos geotécnicos deberán tener el contenido mínimo que se describirá en los apartados siguientes.
- A las mencionadas fichas se le adjuntarán fotografías y demás información complementaria necesaria.
- Se deberán rellenar in situ y al momento. No se podrán modificar bajo ningún concepto. En todo caso se podrá levantar otro por otro técnico.
- En menos de 24 h deberán ser firmadas además del técnico que lo ha realizado por el responsable de geotecnia de la Dirección y con la firma que certifique la recepción del Director de la Obra.

6.2. Seguimiento geotécnico

El seguimiento geotécnico de la ejecución de las obras de fábrica constará de las siguientes tareas.



6.2.1. Cimentaciones superficiales

- Control y seguimiento geotécnico de las excavaciones de acuerdo a la metodología y criterio marcados en el apartado de seguimiento geotécnico de las excavaciones.
- Levantamiento de la superficie de apoyo y de las excavaciones laterales.
 - Se establecerán los siguientes puntos de parada e inspección que deberán ser comunicados a la dirección de Obra con 24 horas de antelación mediante correo electrónico:
 - Inicio de las excavaciones, punto de inspección.
 - A la cota superior de la zapata punto de inspección.
 - Cota de apoyo punto de parada e inspección (PPI). La comunicación de este PPI deberá venir como los demás pero con la ficha del levantamiento realizado en el punto de inspección de la cota superior de la zapata y el contraste con la geotecnia del Proyecto.
 - En los tres puntos de inspección anteriormente mencionados se deberá levantar una ficha. Las fichas del levantamiento geotécnico deberán tener el siguiente contenido mínimo:
 - Datos geotécnicos: Levantamiento geotécnico en planta alzado y perfiles transversales. Descripción de los suelos: tipo, composición, contacto, consistencia. Descripción de las características del macizo rocoso de cada sector homogéneo del macizo: grados de alteración, estructura, características de las redes de fracturación detallando orientación y buzamiento, las características espaciales, rugosidad, y de cada familia de discontinuidades. Características geomecánicas j_v , j_c , Q , RMR y gsi . Características hidrogeológicas.
 - Condición de borde y empotramiento.



- Requisitos del Proyecto.
- Cumplimiento o no de los requisitos del Proyecto.
- Las fichas de los puntos de parada e inspección de las cimentaciones anteriormente mencionadas se enviarán a la Inspección General del Proyecto con una demora máxima de 24 h.
- Contraste de datos geotécnicos de obra con la geotecnia de proyecto.
- Recálculos y ajustes geotécnicos en el caso de incumplimiento de las hipótesis de proyecto.
- Contraste con el control de ejecución y cumplimiento geométrico.
- Informe geotécnico mensual y final.

6.2.2. Cimentaciones profundas

Todos los pilotes o micropilotes de la obra deberán tener su código y trazabilidad que se mantendrá por todos los agentes y áreas que intervienen en la ejecución y control y dirección de las obras.

Para el seguimiento geotécnico de las cimentaciones profundas la contratista deberá realizar las siguientes tareas:

- Partes de perforación. Por cada micropilote:
 - Maquinaria, diámetro, útil de perforación.
 - Longitud encamisada.
 - Velocidad de avance.
 - Nivel freático y sus variaciones.
 - Pérdidas en perforación de agua, aire o lodos.



- Pérdidas en la inyección o en el hormigonado.
- Control de ripios.
- Aviso del inicio de empotramiento. Puntos de parada e inspección. La contratista deberá comunicar a la Dirección de Obra mediante correo electrónico con 24 horas de antelación todos los puntos de parada e inspección mencionados.
 - En micropilotes el primero de cada encepado.
 - En pilotes en el primero de cada encepado.
 - En pilotes de más de 1200 mm de diámetro en todos.
- Contraste con control de ejecución.
- Validación.
- Ensayos.
- Informe mensual.
- Informe geotécnico final.

6.3. Informes de seguimiento geotécnico de las obras de fábrica

6.3.1. Informe geotécnico mensual de obras de fábrica

El contenido mínimo del informe geotécnico mensual de las obras de fábrica será el siguiente: Para cada OF se aportará el siguiente contenido en relación a los trabajos de excavación y cimentaciones realizados en el mes.

- Investigación complementaria.
- Fichas de puntos de parada e inspección.
- Descripción de las características geotécnicas del terreno.



- Perfil geotécnico longitudinal y transversal corregido.
- Contraste con las hipótesis y requisitos de proyecto.
- Recálculos y ajustes realizados.
- Contraste del control geotécnico con control de ejecución: síntesis del control geométrico, control cuantitativo y cualitativo.
- Validación y comprobación de cumplimiento de todos los requisitos del proyecto.

El mencionado informe se remitirá a la Dirección de Obra y se incorporará al GIS al final de cada mes.

6.3.2. Informe geotécnico final de las obras de fábrica

Una vez terminada toda la cimentación de cada obra de fábrica se realizará un informe final de la obra que contendrá:

- Perfil geotécnico longitudinal y transversal corregido y con la solución ejecutada. Se le adjuntará guitarra geotécnica y la solución ejecutada.
- Planta geotécnica con la solución ejecutada.
- Situación y características de todas las contenciones definitivas ejecutadas con alzado detallado y guitarra descriptiva.
- Descripción de las características geotécnicas del terreno.
- Investigación complementaria realizada.
- Fichas de puntos de parada e inspección.
- Contraste individualizado con las hipótesis y requisitos de proyecto.
- Recálculos y ajustes realizados.



- Contraste del control geotécnico con control de ejecución: síntesis del control geométrico, control cuantitativo y cualitativo. Validación.

7. DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA

Al finalizar la obra y antes del inicio de las pruebas de explotación se deberá entregar toda la información geotécnica.

La información geotécnica es complementaria al “as-built”, el Proyecto contratado y los proyectos modificados generados. Todo ello constituye la base documental de la infraestructura.

La información geotécnica se recogerá en un GIS que será válido para la explotación. En dicho GIS se presentarán los resúmenes y la síntesis geotécnica de cada obra elemental de forma coherente con la metodología de seguimiento geotécnico establecido para la explotación.

La información de cada unidad elemental consistirá en los apartados anteriormente descritos para los túneles, rellenos, desmontes y estructuras. Además de aportar la información generada en el transcurso de la obra se deberá presentar una síntesis y conclusión final justificada en el que se corrobora el cumplimiento de los objetivos del Proyecto.

7.1. Desmontes y excavaciones

I. RESUMEN DEL PROYECTO

II. SÍNTESIS, CONCLUSIONES Y VALIDACIÓN DE LA OBRA

A. Síntesis del desmonte

- Características geométricas y listado detallado de elementos que contiene
- Características geológicas y geotécnicas



- Modelo geotécnico
- Caracterización del mecanismo
- Cálculo de estabilidad, empujes y elementos de estabilización
- Geotecnia de contraste con el proyecto
- Conclusiones de la auscultación
- Conclusiones del control de ejecución

B. Conclusiones y validación

III. GEOTECNIA DE LA OBRA

A. TOMA DE DATOS

A1 - Toma de datos en continuo

A2 - Puntos de parada e inspección

A3 - Base documental datos

A4 - Planta y alzado geotécnico

A5 - Investigación complementaria

B. MODELO GEOTECNICO

B1 - Alzados y secciones geotécnicas

B2 - Tramificación

C. CARACTERIZACIÓN MECANISMO

C1- Análisis estereográfico

C2 - Geometrización del mecanismo



C3 - Caracterización geomecánica

D. COMPROBACIÓN Y RECÁLCULO

D1 - Análisis del mecanismo

D2 - Cálculos de estabilidad

D3 - Empujes

D4 - Elementos de estabilización

E. GEOTECNIA DE CONTRASTE

F. CRUCE CON AUSCULTACIÓN

F1 - Deformaciones

F2 - Tensiones

F3 - Nivel piezométrico

G. CRUCE CON EJECUCIÓN

G1 - Control geométrico

G2 - Control cuantitativo

G3 - Control de calidad

IV. Informes y documentos relacionados con el desmonte: Informes de la auscultación, informes mensuales, cálculos adicionales, datos de campo, modificados, investigación complementaria, anejos fotográficos, etc.

7.2. Rellenos

I. RESUMEN DEL PROYECTO

II. SÍNTESIS, CONCLUSIONES Y VALIDACIÓN DE LA OBRA



A. Síntesis del relleno

- Características geométricas y listado detallado de elementos que contiene
- Características geológicas y geotécnicas del cimientó y del material del relleno
- Modelo geotécnico
- Caracterización del mecanismo
- Cálculo de estabilidad, empujes y elementos de estabilización
- Geotecnia de contraste con el proyecto
- Conclusiones de la auscultación
- Conclusiones del control de ejecución

B. Conclusiones y validación

III. GEOTECNIA DE LA OBRA

A. Acondicionamiento de la superficie de apoyo

A1 – Puntos de lectura

A2 - Puntos de parada e inspección

A3 – Planta con cartografía

A4 – Perfil geotécnico

A5 – Acondicionamiento realizado

B. Fórmula de puesta en obra para cada tipo de material

B1- Terraplén de ensayo



- C. Ensayos de materiales en origen o en acopio de capas especiales:
- D. Ensayos de validación de materiales y de puesta en obra en todo-uno y terraplenes
- E. Cruce de información y síntesis del control de ejecución
- F. Auscultación.
 - F1 - Deformaciones
 - F2 - Tensiones
 - F3 - Nivel piezométrico
- G. Análisis de estabilidad, validación

IV. Informes y documentos relacionados con el relleno: Informes de la auscultación, informes mensuales, cálculos adicionales, datos de campo, modificados, investigación complementaria, anejos fotográficos, etc.

7.3. Túneles

El informe se entregará en formato digital, editable y ejecutable. Asimismo, en apéndices adjuntos se entregarán todos los datos obtenidos en el seguimiento del túnel, tanto geotécnicos, de control de ejecución, de la instrumentación y de los análisis y cálculos efectuados.

El informe de final del túnel deberá estar entregado a la Dirección de Obra dos meses antes de la fecha programada para la apertura al tráfico.

1. RESUMEN DEL PROYECTO
2. SÍNTESIS, CONCLUSIONES Y VALIDACIÓN DE LA OBRA
3. GEOLOGIA Y GEOTECNIA DE LA OBRA
 - 3.1. Descripción de la obra y tramificación



3.2. Seguimiento en ejecución:

- Evolución de la excavación
- Sostenimientos instalados
- Comparativa con el proyecto
- Rendimiento de la excavación
- Síntesis del control de ejecución
- Patologías

3.3. Geología y geotecnia de los tramos ejecutados:

- Litología
- Estructura
- Hidrogeología
- Índices de calidad del macizo rocoso
 - o Subíndices de calidad del macizo rocoso
- Análisis de cuñas
- Caracterización geomecánica
- Resumen de los cálculos realizados
- Planta y perfil geotécnico con guitarra de síntesis

3.4. Auscultación:

- Auscultación instalada.
- Análisis de la auscultación.



3.5. Cruce de datos del seguimiento geotécnico con la auscultación y el control de ejecución:

- Relaciones índices de calidad del macizo-sostenimiento colocado.
- Grado de cumplimiento del sostenimiento según criterio del Proyecto.
- Nivel de cumplimiento del control: de auscultación, cualitativo y cuantitativo.
- Nivel de seguridad en cada tramo en cada día del mes.

3.6. Cálculos: Se presentarán todos los cálculos geotécnicos realizados incluido los back-análisis.

3.7. Informe hidrogeológico.

3.8. Control de ejecución:

- Control geométrico: perfiles y escaneado del túnel.
- Control cualitativo.
- Control cuantitativo.

3.9. Validación del sostenimiento ejecutado.

3.10. Ejecución de la destroza: Información detallada de todos los puntos 3.1 al 3.9 anteriormente citados.

3.11. Ejecución de la impermeabilización:

- Control de ejecución: geométrico mediante escaneo, cualitativo, cuantitativo, patologías.
- Acciones correctoras



3.12. Ejecución del revestimiento:

- Control de ejecución: geométrico, cualitativo, cuantitativo, patologías.
- Acciones correctoras.

3.13. Validación de la impermeabilización y revestimiento.

3.14. Validación de los datos de la auscultación.

3.15. Propuesta de seguimiento geotécnico en explotación.

4. INFORMES Y DOCUMENTOS RELACIONADOS CON EL TÚNEL: Informes de la auscultación, informes mensuales, cálculos adicionales, datos de campo, modificados, investigación complementaria, anejos fotográficos, informes de propuesta de destroza, informe fin de destroza, etc.

7.4. Cimentaciones de obras de fábrica

I. RESUMEN DEL PROYECTO

II. SÍNTESIS, CONCLUSIONES Y VALIDACIÓN DE LA OBRA

III. GEOLOGIA Y GEOTECNIA DE LA OBRA

- Perfil geotécnico longitudinal y transversal corregido y con la solución ejecutada. Se le adjuntará guitarra geotécnica y la solución ejecutada.
- Planta geotécnica con la solución ejecutada.
- Situación y características de todas las contenciones definitivas ejecutadas con alzado detallado y guitarra descriptiva.
- Descripción de las características geotécnicas del terreno.
- Investigación complementaria realizada.



- Fichas de puntos de parada e inspección.
- Contraste individualizado con las hipótesis y requisitos de proyecto.
- Recálculos y ajustes realizados.
- Contraste del control geotécnico con control de ejecución: síntesis del control geométrico, control cuantitativo y cualitativo. Validación.

IV. INFORMES Y DOCUMENTOS RELACIONADOS CON LA OBRA DE FABRICA: Informes de la auscultación, informes mensuales, cálculos adicionales, datos de campo, modificados investigación complementaria, anejos fotográficos, informes de propuesta de destroza, informe fin de destroza, etc.