CONSTRUCCIÓN OBRAS GEOTÉCNICAS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, EN EL TRAYECTO QUE CONDUCE AL SECTOR EL MIRADOR DE LA VEREDA CUARTO UNETE DEL MUNICIPIO AGUAZUL, CASANARE

PROCESO CONSTRUCTIVO

Solicitó:

FONDO DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DEL DEPARTAMENTO DE CASANARE

Consultor:

Ing. HUGO YEZID MOLANO SANABRIA
Ingeniero Geólogo – MsC. Geotecnia

Yopal, marzo de 2023

INTERESADO	CONSULTOR	OBJETO	FECHA
FONDO DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DEL DEPARTAMENTO DE CASANARE	GEOPROYECTAR S.A.S.	CONSTRUCCIÓN OBRAS GEOTÉCNICAS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, EN EL TRAYECTO QUE CONDUCE AL SECTOR EL MIRADOR DE LA VEREDA CUARTO UNETE DEL MUNICIPIO AGUAZUL, CASANARE	MARZO DE 2023

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Número de revisión		No.	
Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
1	3.3.4 Instalación de defensa metálica Norma 730 INV 4.1.2 Instalación de malla de alta resistencia para estabilización superficial del talud	Oct 2023	Aclaraciones sobre proceso constructivo
2			
3			
4			

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Versión		V.1
Responsable por elaboración:	Nombre	HUGO YEZID MOLANO SANABRIA Ing Geólogo – MsC. Geotecnia
	Firma	
Responsable por revisión:	Nombre	FONDO DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DEL DEPARTAMENTO DE CASANARE
	Firma	
Responsable por aprobación Director /Coordinador	Nombre	ARVEY MÉNDEZ ACOSTA Director FGRDC
	Firma	
	Fecha	MARZO DE 2023

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 6

2. GENERALIDADES 7

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 7
2.2 OBJETIVOS Y ALCANCES 8
2.2.1 Objetivo general 8
2.2.2 Alcances 8
2.3 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO 8

3. PROCESO CONSTRUCTIVO OBRAS SECTOR K3+760 – K3+780 Y SECTOR K3+960 – K4+000 11

3.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES 11
3.1.1 Rocería con retiro 11
3.1.2 Localización y replanteo 11
3.2 CONSTRUCCIÓN DE VIGA CABEZAL APOYADA SOBRE CAISSON Y MURO PANTALLA 12
3.2.1 Excavación mecánica 12
3.2.2 Excavación manual para construcción de caisson 14
3.2.3 Construcción de caisson φ=1.20m 15
3.2.4 Construcción de muro pantalla 17
3.2.5 Construcción de viga cabezal 18
3.3 CONFORMACIÓN DE RELLENOS Y ESTRUCTURA DE LA VÍA 18
3.3.1 Construcción de filtro tipo francés 18
3.3.2 Instalación de Rellenos para estructuras 19
3.3.3 Reconformación de la estructura de la vía y cuneta 20
3.3.4 Instalación de defensa metálica Norma 730 INV 23
3.4 PROTECCIÓN DE TALUDES CONTRA EROSIÓN 25
3.4.1 Instalación de manto permanente para control de erosión 25

4. PROCESO CONSTRUCTIVO OBRAS SECTOR K3+800- K3+850 30

4.1 PROTECCIÓN DEL TALUD CON MANTO PERMANENTE Y MALLA DE ALTA RESISTENCIA 30
4.1.1 Instalación del manto permanente para control de erosión 30
4.1.2 Instalación de malla de alta resistencia para estabilización superficial del talud 32

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 36

ANEXOS

LISTA DE ILUSTRACIONES

Pág.

Ilustración 1. Localización del área de interés. 7

Ilustración 2. Perfil típico viga cabezal cimentada sobre caisson.....9

Ilustración 3. Sección típica de diseño obras de estabilización.....9

Ilustración 4. Vista en planta obras de estabilización sector K3+960 – K4+000. 10

Ilustración 5. Vista en planta obras de estabilización sector K3+760 – K3+780. 10

Ilustración 6. Imagen de referencia actividades de localización y replanteo topográfico. 12

Ilustración 7. Imagen de referencia actividades de localización y replanteo con demarcación de área a excavar. 12

Ilustración 8. Imagen de referencia excavación mecánica para conformación de plataforma para construcción de caisson y muro pantalla.....13

Ilustración 9. Perfil típico de excavación mecánica proyectada. 13

Ilustración 10. Imagen de referencia de protección temporal de taludes de corte y superficies aledañas a la excavación. 14

Ilustración 11. Imagen de referencia del proceso de excavación manual para construcción de caisson. 15

Ilustración 12. Secciones típicas de excavación manual en material conglomerado y en roca para construcción de caisson. 15

Ilustración 13. Imagen de referencia de instalación de formaletas para la construcción de caisson. 16

Ilustración 14. Imagen de referencia de armado de acero de refuerzo para construcción de caisson. 16

Ilustración 15. Sección típica de caisson fundido in situ. 17

Ilustración 16. Imagen de referencia de armado de acero de refuerzo para construcción de muro pantalla. 17

Ilustración 17. Sección típica viga cabezal apoyada sobre caisson y muro pantalla sobre viga base. 18

Ilustración 18. Sección típica de construcción de filtro tipo francés 19

Ilustración 19. Sección típica de conformación de relleno para estructuras.....20

Ilustración 20. Sección típica de demolición mecánica de pavimento asfáltico restante en la calzada derecha y excavación mecánica para reconformación de estructura de vía. 21

Ilustración 21. Sección típica de instalación de crudo de río para mejoramiento de estructura de la vía. 21

Ilustración 22. Sección típica de instalación de capa de subbase granular para reconformación de calzada derecha. 22

Ilustración 23. Sección típica de conformación de carpeta asfáltica en MDC-2 en calzada derecha. 22

Ilustración 24. Excavación manual para construcción de cuneta. 23

Ilustración 25. Construcción de cuneta tipo C-1.....23
Ilustración 26. Elementos para instalación de defensa metálica.....24
Ilustración 27. Platina de apoyo fijo para anclaje de postes de defensa metálica al concreto. ...24
Ilustración 28. Esquema ilustrativo de fijación de defensa metálica a viga cabezal.....25
Ilustración 29. Sección típica de trincheras para anclaje de manto permanente. 26
Ilustración 30. Esquema típico de inicio de proceso de instalación de manto permanente. 27
Ilustración 31. Esquema típico de proceso de instalación de manto permanente, ajuste en el extremo inferior. 27
Ilustración 32. Esquema típico de llenado de trincheras de anclaje.....28
Ilustración 33. Esquema típico de aplicación de cobertura vegetal sobre el manto. 28
Ilustración 34. Esquema típico de instalación de grapas de anclajes intermedios.....29
Ilustración 35. Zonas de realización de rocería con retiro para remoción de pastos y vegetación densa. 31
Ilustración 36. Remoción de derrumbes para retiro de material suelto. 31
Ilustración 37. Esquema típico de instalación de anclajes en la corona, la base y la cara del talud. 32
Ilustración 38. Proceso de instalación de malla de alta resistencia, desde la parte superior del talud hacia la parte inferior. 33
Ilustración 39. Proceso de ajuste de la posición de la malla. 33
Ilustración 40. Instalación de anclajes sobre la superficie del talud. 34
Ilustración 41. Imagen típica de instalación de malla terminada, con cable auxiliar en zigzag. ..34
Ilustración 42. Esquema de instalación de malla de alta resistencia con pernos.....35

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Coordenadas de referencia de los puntos críticos. 7

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene los detalles del proceso constructivo para la ejecución de las obras propuestas dentro del proyecto que tiene por objeto **CONSTRUCCIÓN OBRAS GEOTÉCNICAS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, EN EL TRAYECTO QUE CONDUCE AL SECTOR EL MIRADOR DE LA VEREDA CUARTO UNETE DEL MUNICIPIO AGUAZUL, CASANARE.**

Se compilan las recomendaciones generales a tener en cuenta y el proceso recomendado para la construcción de las obras propuestas para la estabilización de los dos sectores críticos del sector que de Aguazul conduce al sector El Mirador, en la vereda Cuarto Unete.

Las obras a construir corresponden a obras de estabilización geotécnica en dos sectores críticos: K3+960 – K4+000 y K3+760 – K3+780. En estos dos sectores se presentan problemas de inestabilidad debido a la pérdida de la banca, que, de acuerdo con el diagnóstico geológico-geotécnico, se debe principalmente a factores como la erosión que tiene lugar sobre rocas blandas y altamente susceptibles a agentes de intemperismo, que, en conjunto con el efecto de la gravedad por la alta pendiente del terreno, generan condiciones propicias para el desprendimiento de material.

Las obras de estabilización geotécnica comprenden la construcción de una viga cabezal cimentada sobre caisson, los cuales estarán empotrados sobre roca dura y competente. Para efectos de mitigar el empuje del terreno, se propone la construcción de una pantalla sobre una viga base a partir de la viga cabezal. En conjunto con la estructura de estabilización, para mitigar los efectos de la erosión se recomiendan obras de control de drenaje superficial y subsuperficial, tales como cunetas y filtros tipo dren francés, que contribuirán con el encausamiento y evacuación de las aguas superficiales para disminuir los efectos de la erosión pluvial; y finalmente para el control de erosión de taludes, se recomienda la protección con manto permanente. La implementación de estas obras en conjunto, contribuirán con la estabilización de estos sectores críticos y con la reducción y mitigación de los efectos erosivos sobre materiales de baja resistencia y susceptibles a meteorización.

2. GENERALIDADES

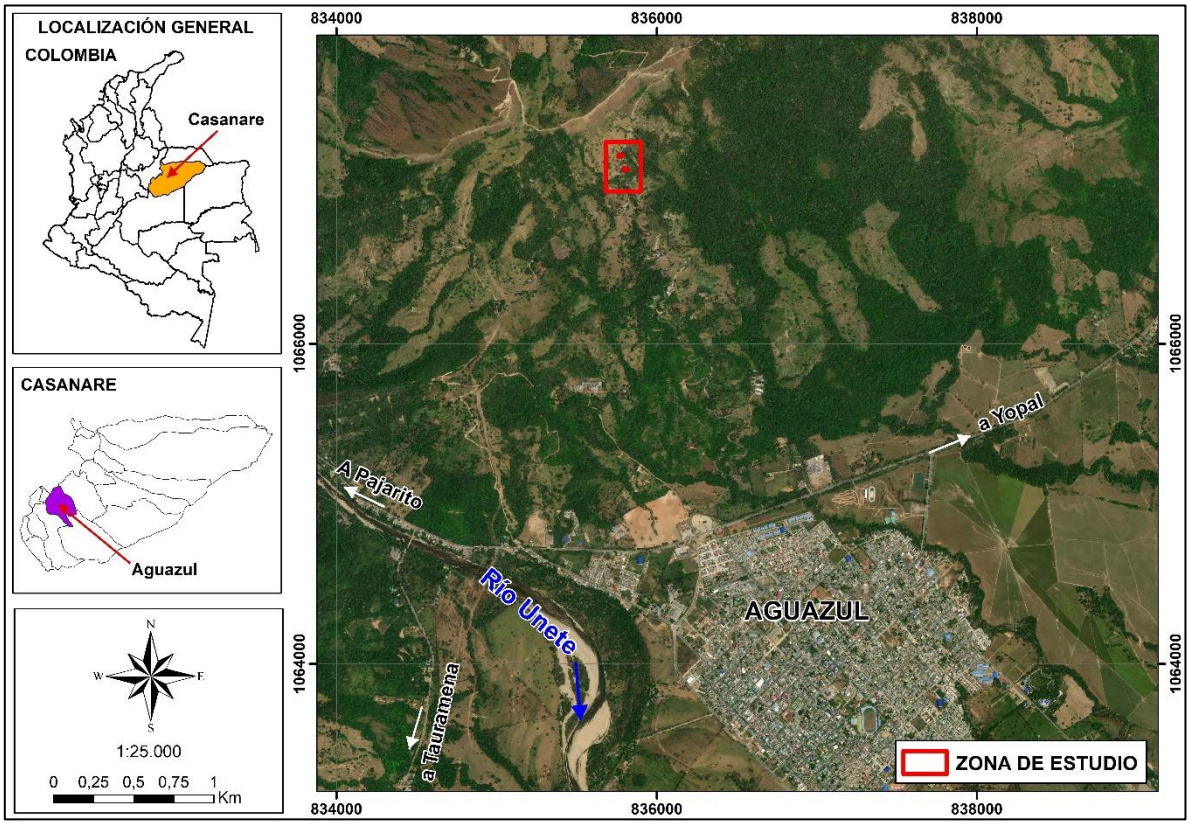
2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El sitio del proyecto comprende 2 sectores críticos de inestabilidad sobre el trayecto que conduce del casco urbano de Aguazul hacia el sector de El Mirador, en la vereda Cuarto Unete, hacia el norte del casco urbano del municipio. En estos sectores se presentan problemas de inestabilidad y pérdida de la calzada, por lo cual se requiere la construcción de obras de estabilización geotécnica.

La localización de los sectores de interés, referenciada en coordenadas Magna Sirgas origen Este Central (EPSG 3117), se muestra a continuación:

Sector	Este	Norte
K3+770	835805,9	1067100,7
K3+980	835774,4	1067091,1

Tabla 1. Coordenadas de referencia de los puntos críticos.



Fuente: Consultor a partir de imagen satelital de ESRI ArcGIS Imagery.

Ilustración 1. Localización del área de interés.

2.2 OBJETIVOS Y ALCANCES

2.2.1 Objetivo general

Realizar la descripción del proceso constructivo y emitir las recomendaciones generales para la ejecución de los trabajos para la construcción de obras geotécnicas para mitigación del riesgo por movimientos en masa, en los sectores críticos K3+960 a K4+000 y K3+760 a K3+780 de la vía que conduce al sector El Mirador, en la vereda Cuarto Unete del municipio de Aguazul.

2.2.2 Alcances

En el presente documento se desarrolla el proceso constructivo y recomendaciones generales para la ejecución de los trabajos para la construcción de obras de estabilización geotécnica en los sectores críticos K3+960 a K4+000 y K3+760 a K3+780; las cuales corresponden a la alternativa seleccionada que comprende la construcción de una viga cabezal cimentada sobre caisson que estarán empotrados en roca dura y competente, así como la construcción de una pantalla para mitigar los efectos de empuje del terreno y el complemento de esta estructura con la construcción de obras de drenaje y de protección de taludes contra erosión en las zonas intervenidas.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

En cada sector crítico de inestabilidad, la alternativa de obra seleccionada comprende la construcción de una viga cabezal en concreto reforzado, cimentada sobre caisson de 1.2 m de diámetro y 6.0 m de longitud, de manera que se garantice que por lo menos 2.0 m del caisson queden empotrados en roca dura y competente. La viga cabezal actúa como enlace de los caisson para que actúen como una unidad. Aunado a esta estructura, para efectos de mitigar el empuje del terreno, se propone la construcción de una pantalla de 0.30 m de espesor y 1.6 m de altura a partir de la viga cabezal, la cual estará apoyada sobre una viga base de 0.4 m de altura.

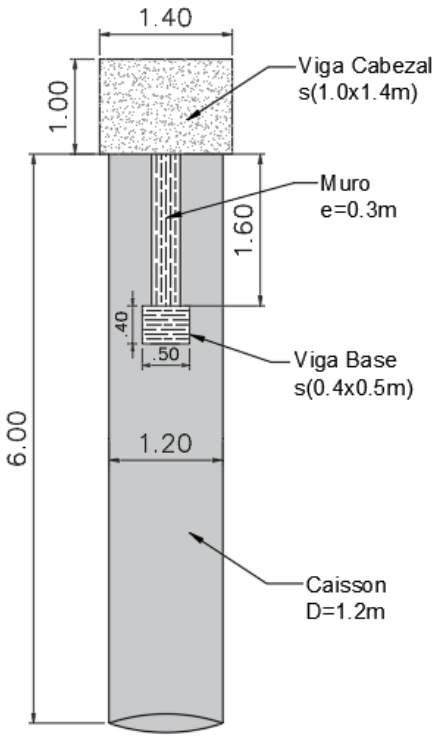


Ilustración 2. Perfil típico viga cabezal cimentada sobre caisson.

Como complemento a la estructura en viga cabezal cimentada sobre caisson, se recomienda la construcción de cunetas y filtros tipo dren francés, así como la protección de taludes con manto permanente en la zona a intervenir.

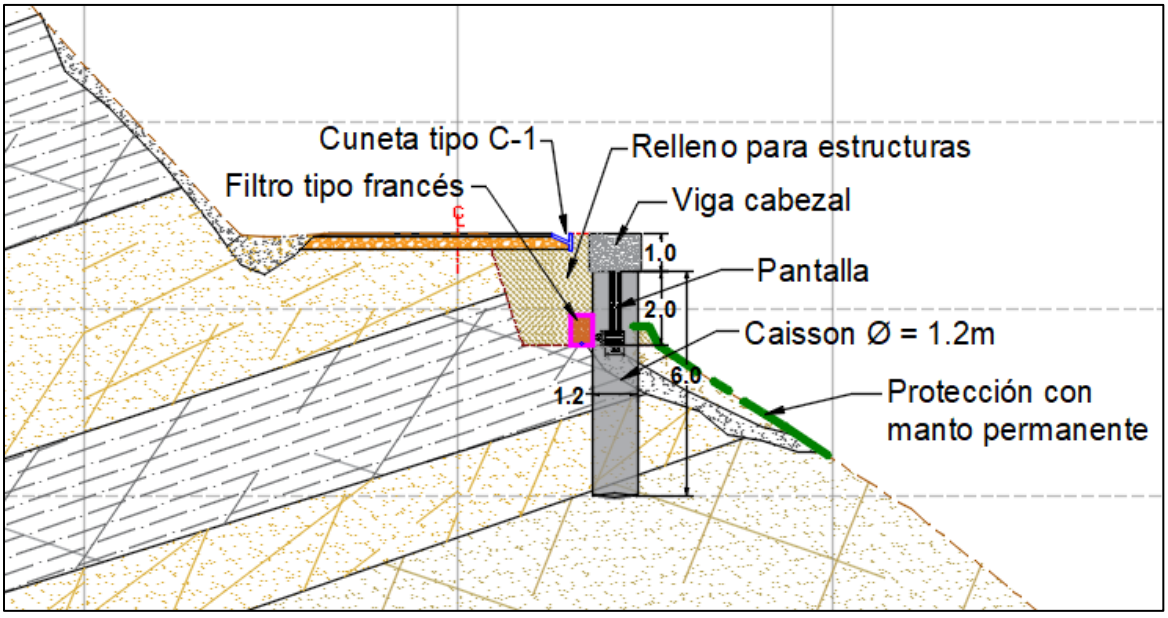


Ilustración 3. Sección típica de diseño obras de estabilización.

En el sector crítico comprendido entre las abscisas K3+960 a K4+000, la estructura de la viga cabezal se proyecta con una longitud de 42.8 m de longitud, con una distribución de caisson cada 5.2 m, para un total de 9 caissons. En el sector del K3+760 al K3+780, la longitud de la viga cabezal es de 27.2 m, para un total de 6 caisson.

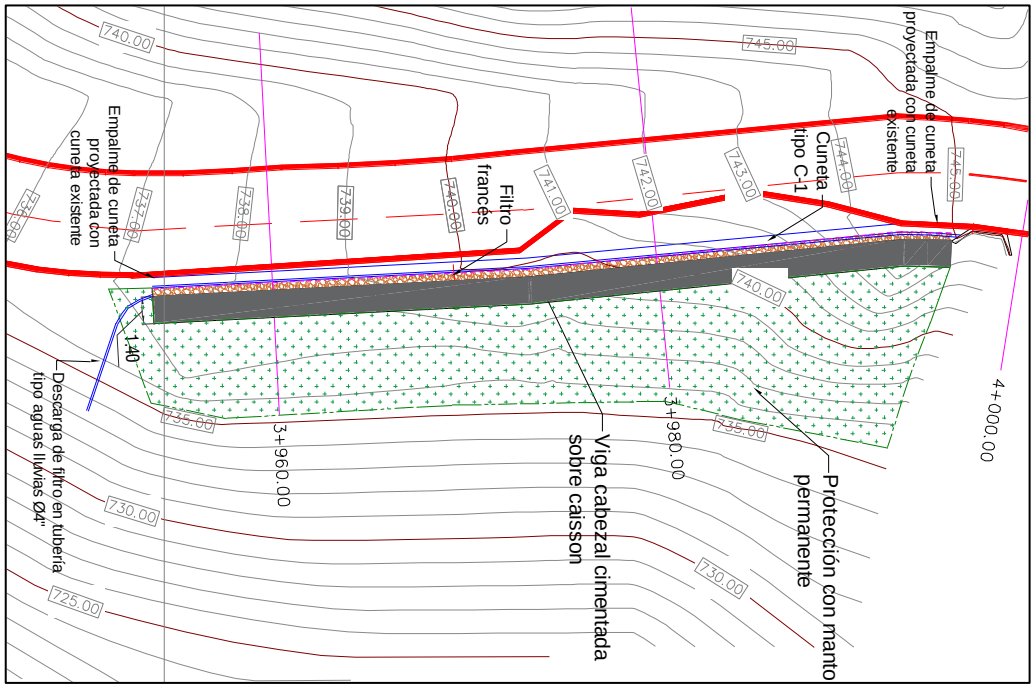


Ilustración 4. Vista en planta obras de estabilización sector K3+960 – K4+000.

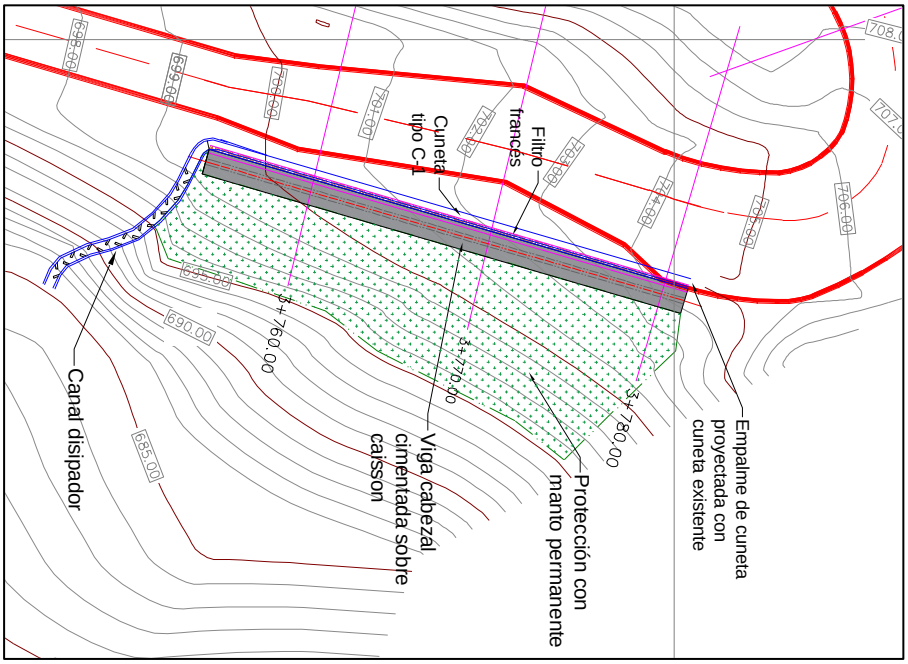


Ilustración 5. Vista en planta obras de estabilización sector K3+760 – K3+780.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO OBRAS SECTOR K3+760 – K3+780 Y SECTOR K3+960 – K4+000

Para la construcción de las obras de estabilización contempladas dentro de la alternativa seleccionada y que se realizarán en los 2 sectores de inestabilidad crítica por pérdida de calzada, K3+760 – K3+780 y sector K3+960 – K4+00, se realizarán las siguientes actividades:

3.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

3.1.1 Rocería con retiro

Previo al inicio de los trabajos, se recomienda realizar una rocería de las áreas a intervenir, teniendo en cuenta que en algunas zonas hay presencia de pastos y vegetación asociada a los mismos que por su densidad y altura dificultarían la ejecución de los trabajos de localización y replanteo. La rocería se realiza con el fin de despejar la zona a intervenir para dar inicio a los trabajos de replanteo topográfico y para despejar de vegetación baja de la superficie de los taludes a proteger con manto permanente.

3.1.2 Localización y replanteo

Esta será la primer actividad a realizar y se encuentra dentro de las acciones preliminares. El replanteo y localización hace referencia a las actividades para ubicar y marcar en el terreno o superficie de construcción los ejes principales, paralelos y perpendiculares señalados en el plano del proyecto, así como los linderos del mismo.

Como primera medida se procede a realizar el levantamiento topográfico para verificar las dimensiones reales del terreno con respecto a lo referenciado en los planos y en caso de que estas difieran, se deben replantear en función de las medidas existentes. Posteriormente se procede a demarcar las áreas de corte de manera que sean visibles para los operarios de la maquinaria que ejecutará las excavaciones.



Ilustración 6. Imagen de referencia actividades de localización y replanteo topográfico.



Ilustración 7. Imagen de referencia actividades de localización y replanteo con demarcación de área a excavar.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE VIGA CABEZAL APOYADA SOBRE CAISSON Y MURO PANTALLA

La primera etapa consiste en la construcción de la estructura de estabilización en concreto, que comprende la viga cabezal apoyada sobre pilotes y el muro pantalla para disminución de los efectos de empuje, para lo cual se requiere realizar las siguientes actividades:

3.2.1 Excavación mecánica

Una vez demarcadas las áreas a excavar, se procede con las actividades de excavación mecánica con oruga, para la conformación de la plataforma a partir de la cual se iniciará la construcción de los caisson y posteriormente del muro pantalla apoyado sobre la viga base.



Ilustración 8. Imagen de referencia excavación mecánica para conformación de plataforma para construcción de caisson y muro pantalla.

La excavación mecánica proyectada alcanza hasta 3 m de profundidad y se proyecta con un talud inclinado con relación 3V:1H.

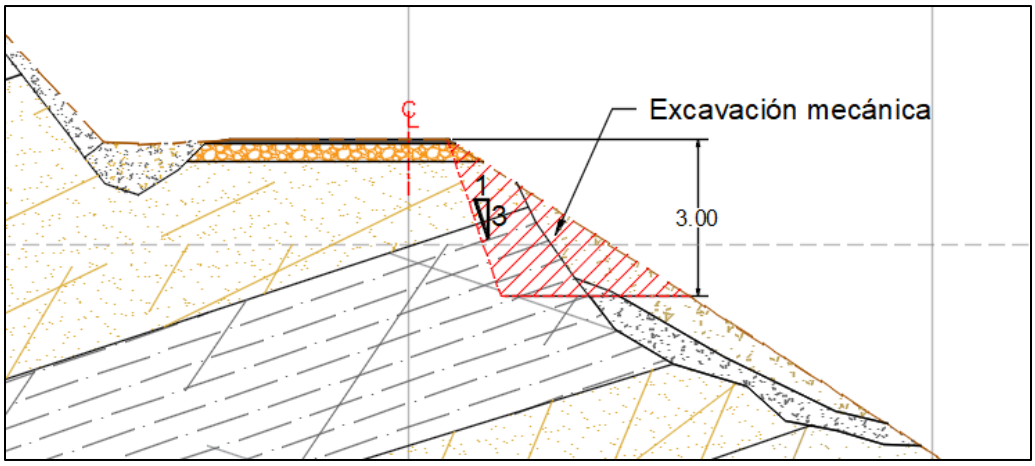


Ilustración 9. Perfil típico de excavación mecánica proyectada.

Durante el proceso constructivo se recomienda realizar una protección temporal de los taludes de corte y demás superficies expuestas aledañas a las excavaciones, con el fin de evitar la pérdida de material por efectos de erosión pluvial y evitar la infiltración de agua a

través de los planos de discontinuidad, lo que podría desencadenar problemas de inestabilidad.



Ilustración 10. Imagen de referencia de protección temporal de taludes de corte y superficies aledañas a la excavación.

3.2.2 Excavación manual para construcción de caisson

Sobre la plataforma conformada tras el proceso de excavación, se procede a iniciar las excavaciones para la construcción de los caisson, las cuales se realizarán de forma manual, empleando un compresor con martillo neumático. Estas excavaciones alcanzarán 4 m de longitud y un diámetro de 1.2 m que corresponde al diámetro de los caisson, considerando el recubrimiento de los anillos.

Teniendo en cuenta la composición del terreno donde se realizará la construcción de las obras, se proyecta que la parte superior de estas excavaciones manuales se realizarán en material semejante a un conglomerado, que comprende fragmentos de roca meteorizada en matriz de arenosa con limo y seguidamente las excavaciones continúan mayormente sobre material rocoso.



Ilustración 11. Imagen de referencia del proceso de excavación manual para construcción de caisson.

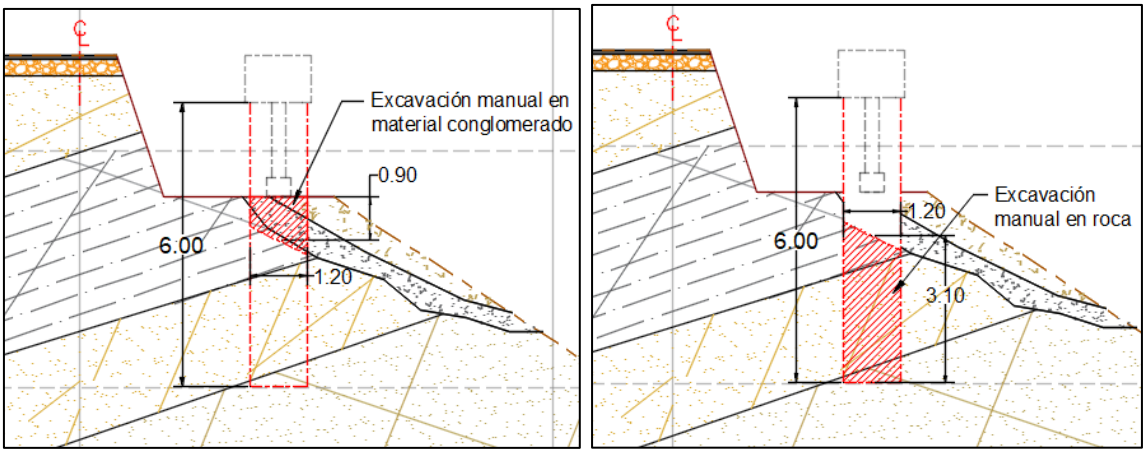


Ilustración 12. Secciones típicas de excavación manual en material conglomerado y en roca para construcción de caisson.

3.2.3 Construcción de caisson φ=1.20m

Para la construcción de caisson de 1.20 m de diámetro, se realiza en primera instancia el armado de acero de refuerzo de acuerdo con las especificaciones en los planos de diseño estructural, luego se realiza la instalación de formaletas, para posteriormente realizar el proceso de fundida de concreto.



Ilustración 13. Imagen de referencia de instalación de formaletas para la construcción de caisson.



Ilustración 14. Imagen de referencia de armado de acero de refuerzo para construcción de caisson.

La longitud total de los caisson es de 6 m, de los cuales 4 m quedarán fundidos bajo la superficie de la plataforma de trabajo conformada con la excavación mecánica inicial y los 2 m restantes quedarán sobre la superficie, de manera similar como se muestra en la ilustración 14 y 15.

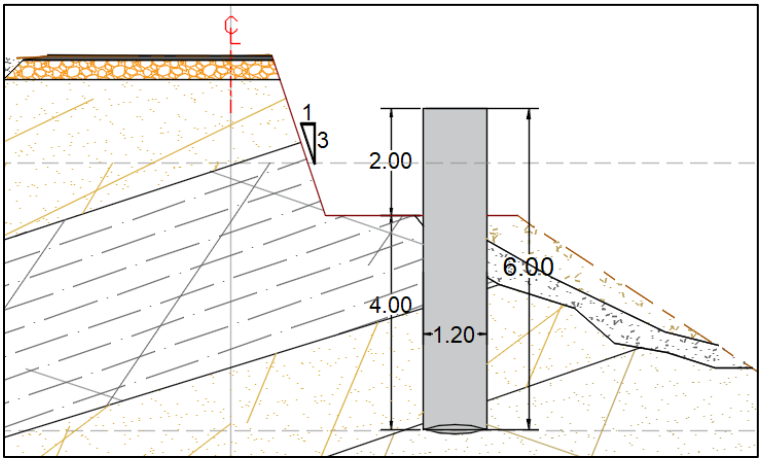


Ilustración 15. Sección típica de caisson fundido in situ.

3.2.4 Construcción de muro pantalla

La construcción del muro pantalla y la viga base se llevará a cabo conforme a las dimensiones y especificaciones de los planos y diseño estructural. La estructura consta de una viga base de 0.5 m de ancho y 0.4 m de altura, sobre la que se apoyará el muro pantalla de 0.3 m de espesor y 1.6 m de altura, hasta la proyección de la base de la viga cabezal de los caisson.

Para la construcción de esta estructura se realizará inicialmente el armado de acero de refuerzo y la instalación de formaletas para finalmente realizar el vaciado de concreto.



Ilustración 16. Imagen de referencia de armado de acero de refuerzo para construcción de muro pantalla.

3.2.5 Construcción de viga cabezal

Posterior a la construcción del muro pantalla, se procede con la construcción de la viga cabezal de 1.4 m de ancho de base y 1.0 m de altura, a la cual irán adosados los caisson y el muro pantalla. Se inicia con el armado del acero de refuerzo de acuerdo con las especificaciones del diseño estructural y posteriormente la instalación de las formaletas para realizar el proceso de fundida de concreto.

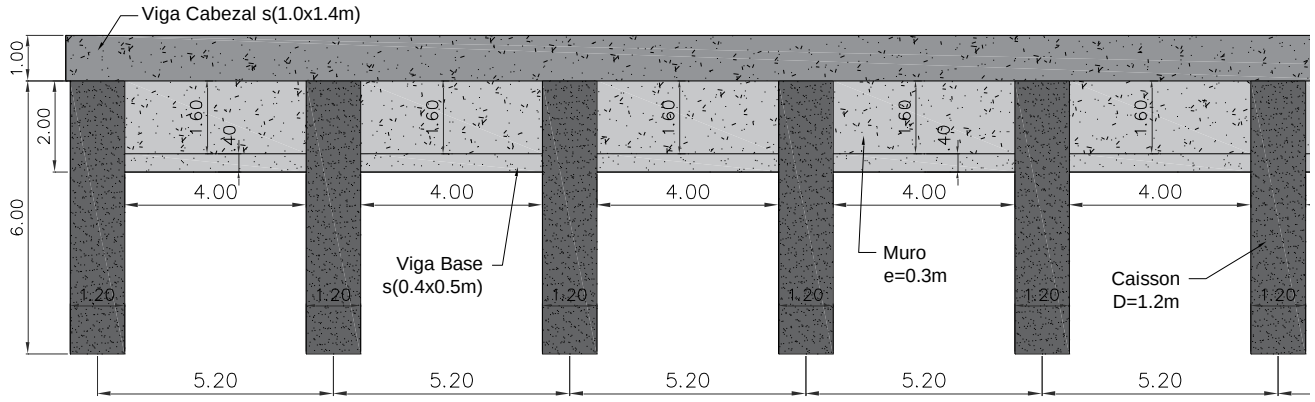


Ilustración 17. Sección típica viga cabezal apoyada sobre caisson y muro pantalla sobre viga base.

3.3 CONFORMACIÓN DE RELLENOS Y ESTRUCTURA DE LA VÍA

Una vez finalizada la construcción de la viga cabezal, se procede con la construcción del filtro, el relleno de la excavación con material de relleno para estructuras, la reconformación de la estructura de la vía y la protección del talud contra erosión.

3.3.1 Construcción de filtro tipo francés

Como medida de manejo y control de aguas subsuperficiales, se proyecta la construcción de un filtro tipo francés de 0.6m de ancho de base por 0.8m de altura, el cual estará conformado por tubería de drenaje en PVC de 100 mm de diámetro o 4” con filtro, material triturado de ½” a ¾“, recubierto en geotextil No Tejido 1600.

Este filtro se construirá junto a los caisson, a la misma cota de apoyo de la viga base del muro, sobre la plataforma de trabajo conformada con la excavación mecánica; por lo cual, deberá inicialmente conformarse el relleno entre el muro pantalla y el alineamiento de los caisson, empleando el material de relleno para estructuras especificado en el estudio de suelos y geotecnia, que corresponde a una capa base de 40 cm de espesor en material granular tipo crudo de río de tamaño máximo 4” y posteriormente el relleno continua con material tipo sub base granular triturada, de tamaño máximo 2”.

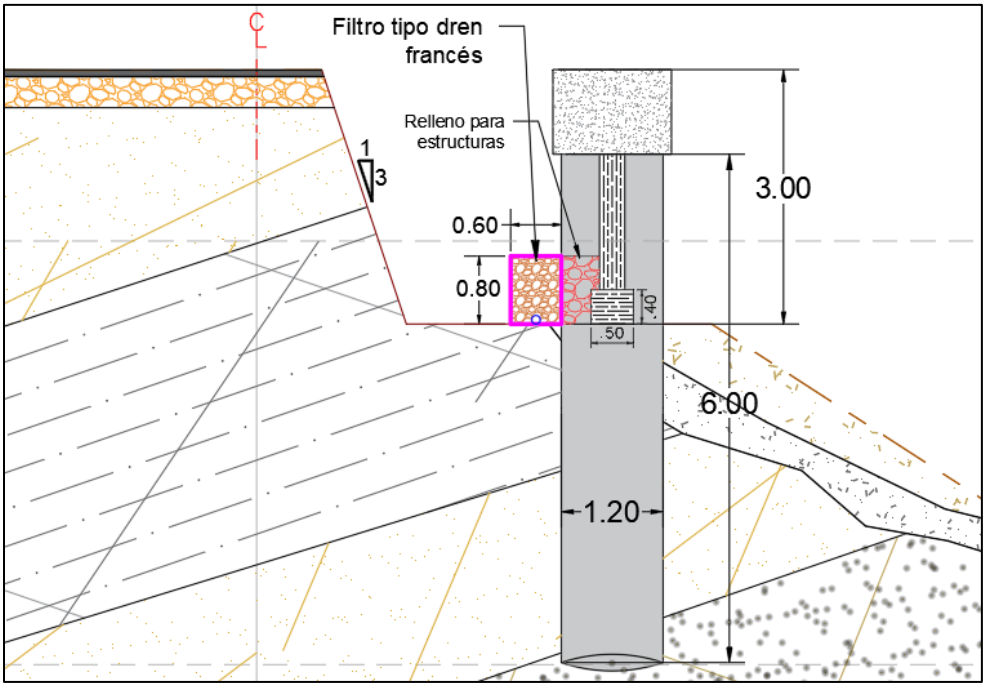


Ilustración 18. Sección típica de construcción de filtro tipo francés

3.3.2 Instalación de Rellenos para estructuras

De acuerdo con las recomendaciones del Estudio de Suelos y Geotecnia, el relleno para estructuras está conformado por una capa base de 40 cm de espesor de material granular tipo crudo de río de tamaño máximo 4" y posteriormente se completa el relleno con material tipo subbase granular, de tamaño máximo 2". Estos materiales deben cumplir con las especificaciones técnicas consignadas en el Artículo 610-22 Rellenos para estructuras, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS, 2022.

Se recomienda que el material de relleno para estructuras sea compactado en capas no mayores a 15 cm de espesor, hasta alcanzar la densidad seca máxima con un grado de compactación individual mayor o igual al 90% ($GC_i \geq 90\%$) del Proctor modificado.

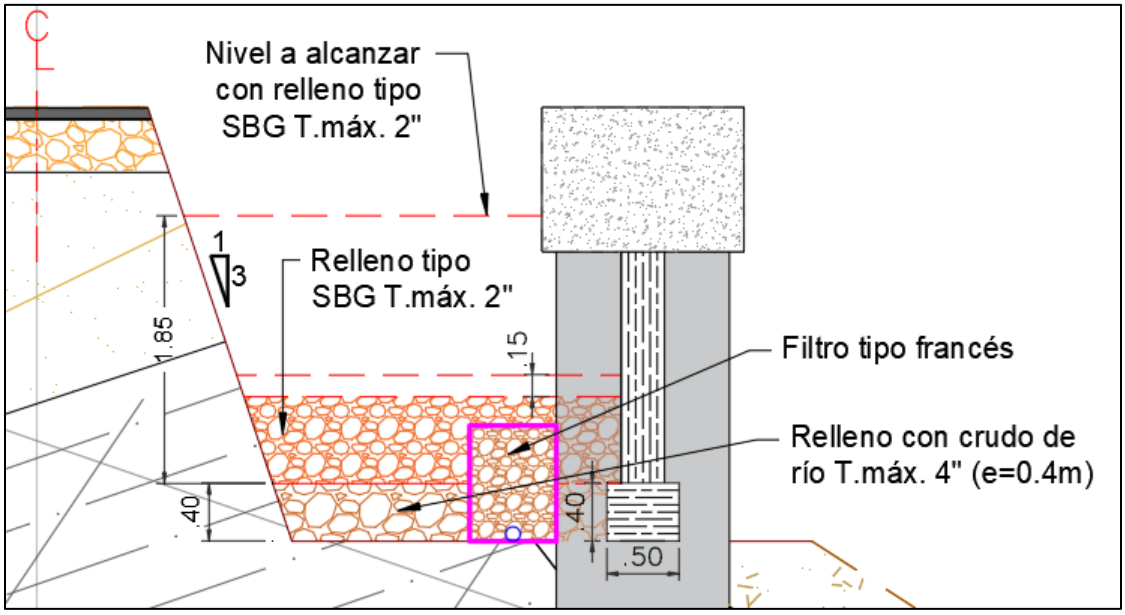


Ilustración 19. Sección típica de conformación de relleno para estructuras.

3.3.3 Reconformación de la estructura de la vía y cuneta

Teniendo en cuenta la intervención a realizar sobre la calzada derecha de la vía y considerando los efectos de la ejecución de los trabajos, se recomienda reconformar la totalidad de la estructura de la calzada derecha en el tramo a intervenir para la construcción de las obras de estabilización. Para esto, una vez finalizada la instalación del relleno para estructuras, se deberá realizar la demolición mecánica del pavimento en concreto asfáltico restante de la calzada derecha y posteriormente proceder a ejecutar una excavación mecánica para la remoción de los materiales granulares que conforman la estructura de pavimento, incluida una capa de 30 cm destinada para instalar un material de mejoramiento.

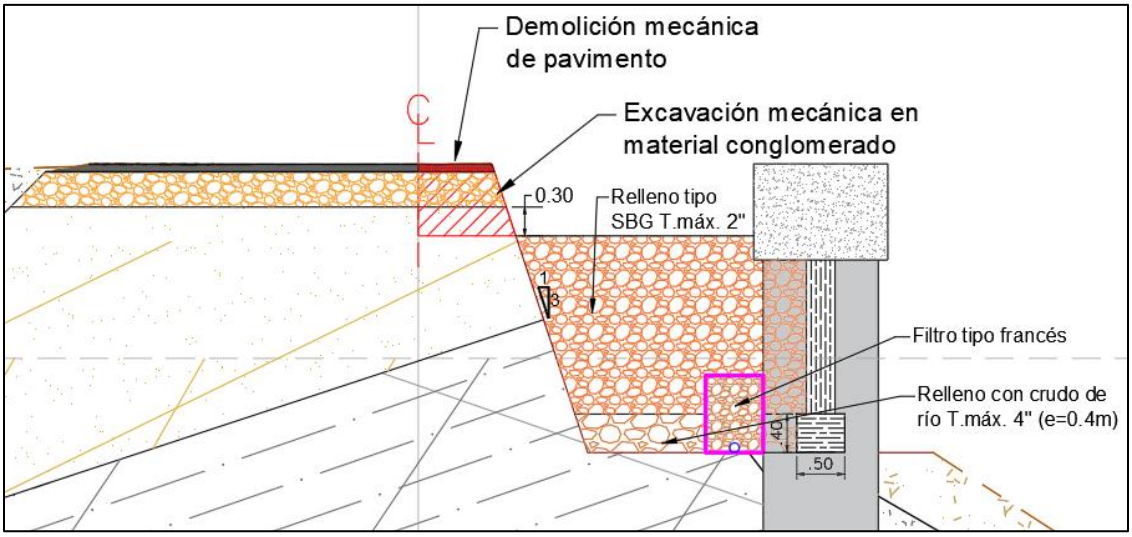


Ilustración 20. Sección típica de demolición mecánica de pavimento asfáltico restante en la calzada derecha y excavación mecánica para reconformación de estructura de vía.

Una vez realizada la demolición del pavimento restante de la calzada derecha en el tramo a intervenir y la excavación mecánica proyectada como se muestra en la ilustración anterior, se prosigue a conformar la capa de mejoramiento de 30 cm de espesor, que consta de material granular tipo crudo de río de tamaño máximo de 3". Sobre esta capa de mejoramiento se conformará la capa de subbase granular de 35 cm de espesor y finalmente se realizará la instalación de la carpeta asfáltica en MDC-2. Se recomienda que los materiales a emplear para la reconformación de la estructura de la vía en la calzada derecha, cumplan con las especificaciones técnicas y requisitos de calidad compilados en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS.

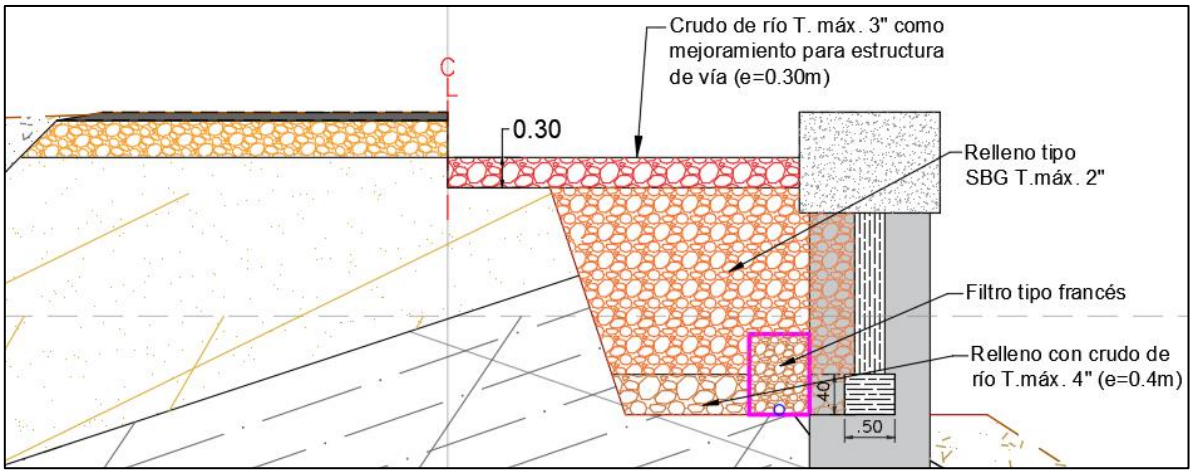


Ilustración 21. Sección típica de instalación de crudo de río para mejoramiento de estructura de la vía.

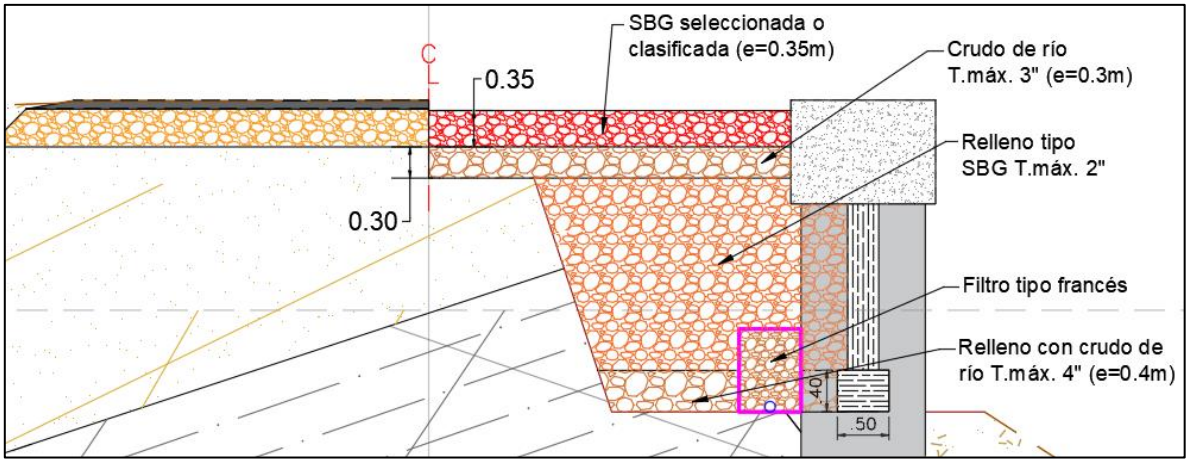


Ilustración 22. Sección típica de instalación de capa de subbase granular para reconformación de calzada derecha.

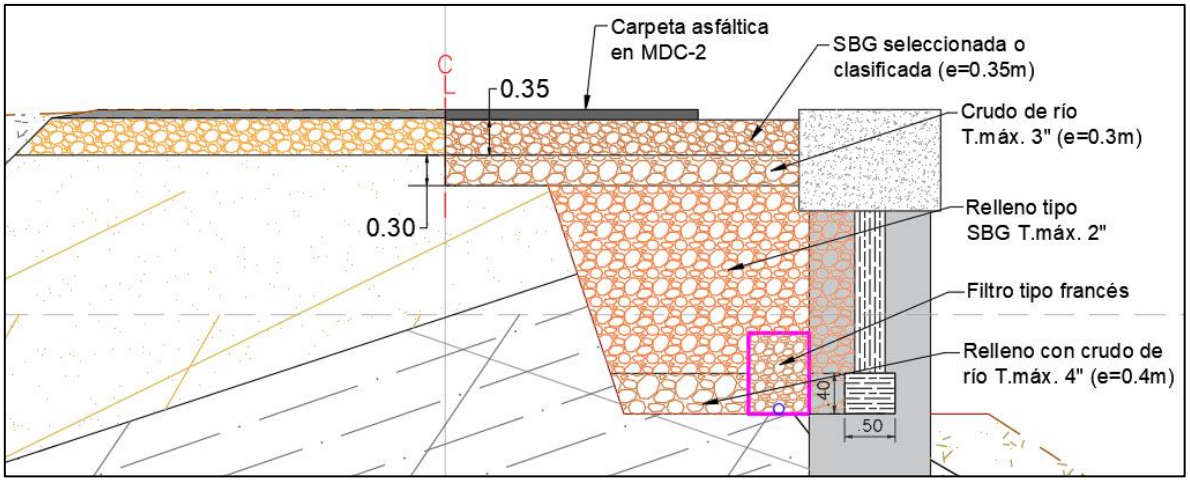


Ilustración 23. Sección típica de conformación de carpeta asfáltica en MDC-2 en calzada derecha.

Una vez finalizada la construcción de la estructura de la vía en la calzada derecha, se procede a construir la cuneta perimetral, la cual deberá ser empalmada con la cuneta existente. Inicialmente debe realizarse una excavación manual sobre la capa de sub base granular, sobre la cual se apoyará la cuneta. La cuneta a construir corresponde a una cuneta Tipo C-1 de a = 0.45 m, que es la cuneta existente en la margen a intervenir.

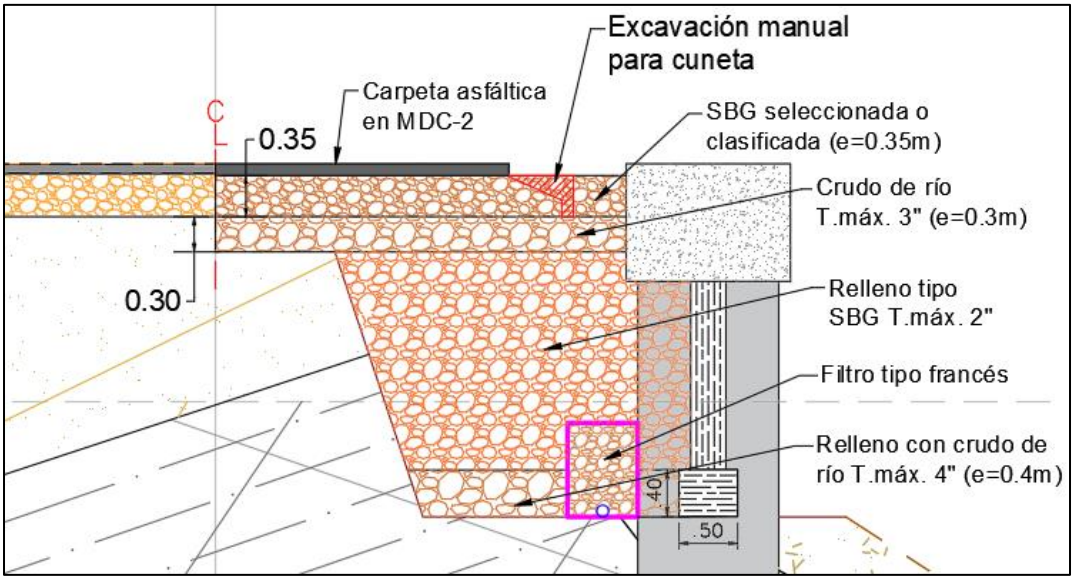


Ilustración 24. Excavación manual para construcción de cuneta.

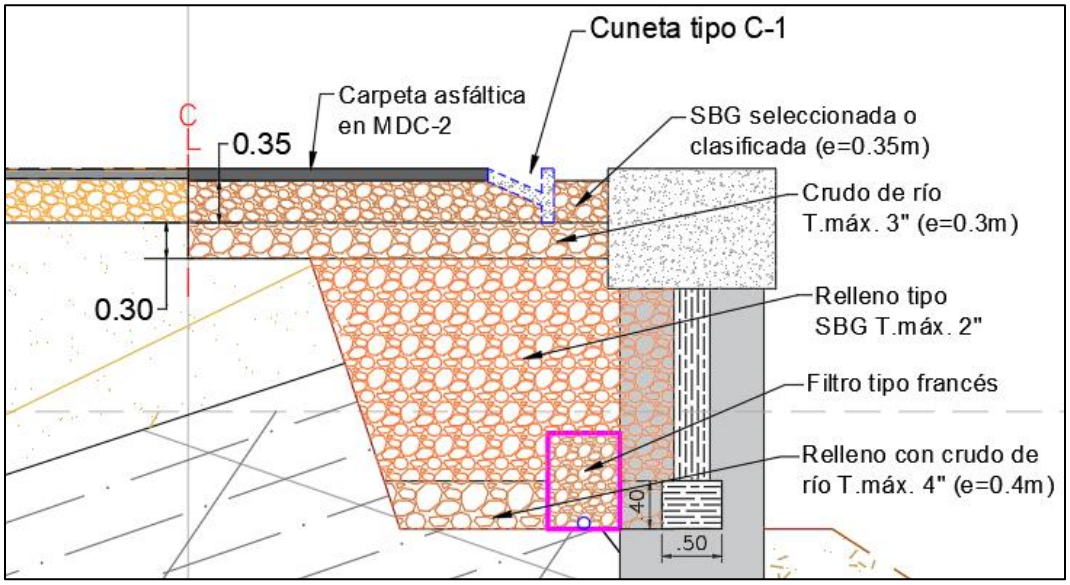


Ilustración 25. Construcción de cuneta tipo C-1.

3.3.4 Instalación de defensa metálica Norma 730 INV

Una vez culminada la construcción de la viga cabezal y la reconformación de la estructura de la vía, se procede con la instalación de la defensa metálica sobre la superficie de la viga cabezal, ya que este dispositivo de seguridad actuará en este caso como un elemento de contención y redirección en el margen de construcción de la viga cabezal.

Para la instalación de este elemento deberá contarse también con platinas de apoyo fijo que permitan la fijación de los elementos de apoyo (postes) de la defensa metálica a la superficie de la viga cabezal en concreto.

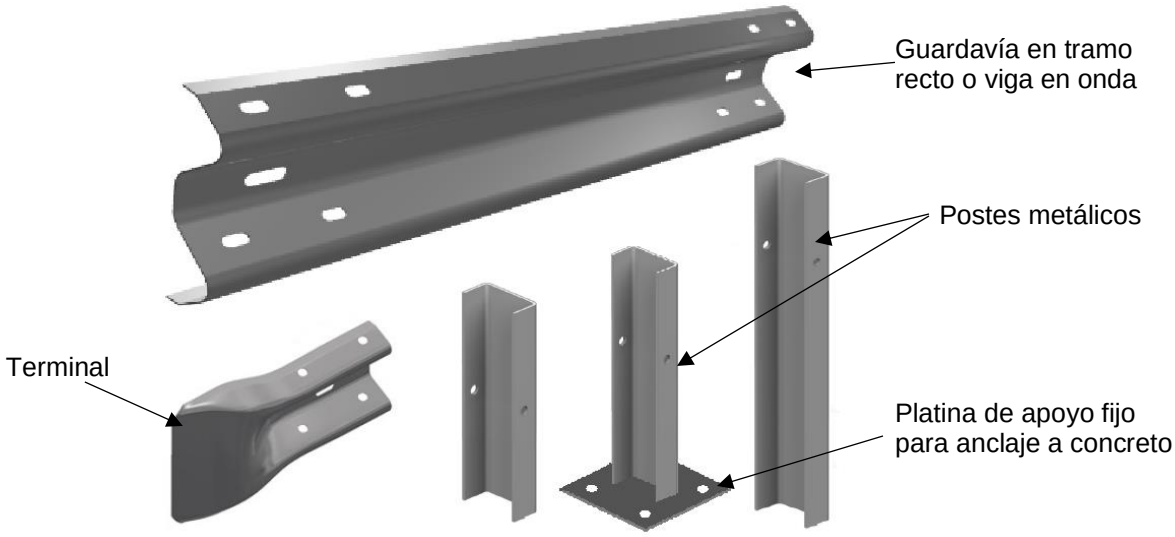


Ilustración 26. Elementos para instalación de defensa metálica.

La platina de apoyo fijo estará constituida por una lámina HR de 1/4" de espesor, de 0,25x0,25 m, con 4 perforaciones para instalación de 4 pernos de ¾" de diámetro con tuerca y contratuerca.

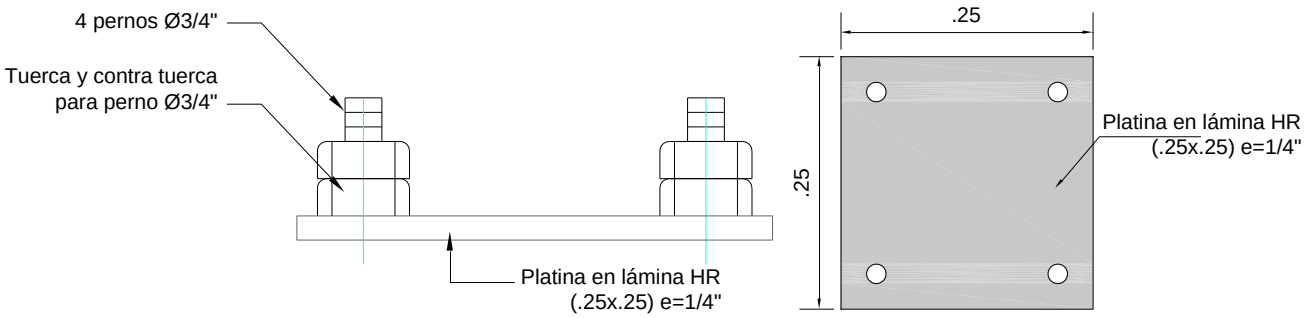


Ilustración 27. Platina de apoyo fijo para anclaje de postes de defensa metálica al concreto.

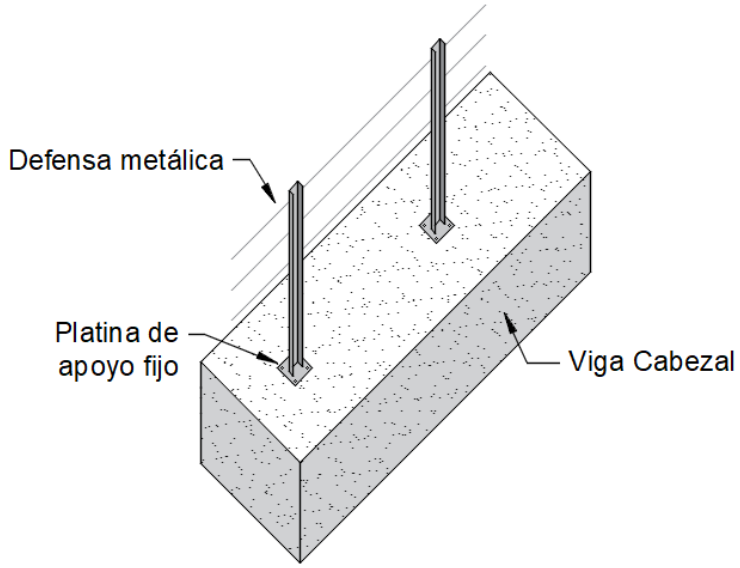


Ilustración 28. Esquema ilustrativo de fijación de defensa metálica a viga cabezal.

3.4 PROTECCIÓN DE TALUDES CONTRA EROSIÓN

De acuerdo con las recomendaciones del Estudio de Suelos y geotecnia, se requiere realizar una protección de taludes contra la erosión, especialmente de las superficies expuestas luego de la intervención y de áreas aledañas a la construcción de las obras, donde actualmente se desarrollan procesos erosivos sobre materiales meteorizados de roca blanda.

Para el control y protección contra erosión, se realizará el recubrimiento de dichas superficies con manto permanente tipo TRM, que corresponde a un Producto Enrollado para Control de Erosión (PECE por sus siglas en español o RECP por sus siglas en inglés), de tipo permanente clasificado como Mantos sintéticos tridimensionales de alta resistencia y durabilidad (TRM por sus siglas en inglés).

Se recomienda que este manto cumpla con las especificaciones técnicas descritas en el Artículo 811-22 Protección de taludes con productos enrollados para control de erosión, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022 del INVIAS. El proceso constructivo general para la instalación del manto permanente se describe a continuación, sin embargo, deberán acatarse también las recomendaciones generales de instalación particulares del fabricante.

3.4.1 Instalación de manto permanente para control de erosión

Como primera medida debe realizarse una limpieza general del terreno sobre el cual se instalará el manto permanente, que consiste en retirar troncos, piedras y cualquier elemento suelto que dificulte el contacto directo entre el manto y el suelo o roca que compone el talud.

Los afloramientos de roca no deben ser removidos, ya que esto puede desencadenar problemas de inestabilidad. Posteriormente se procede a realizar la excavación manual de las trincheras de anclaje en la corona y en la base de la sección a proteger.

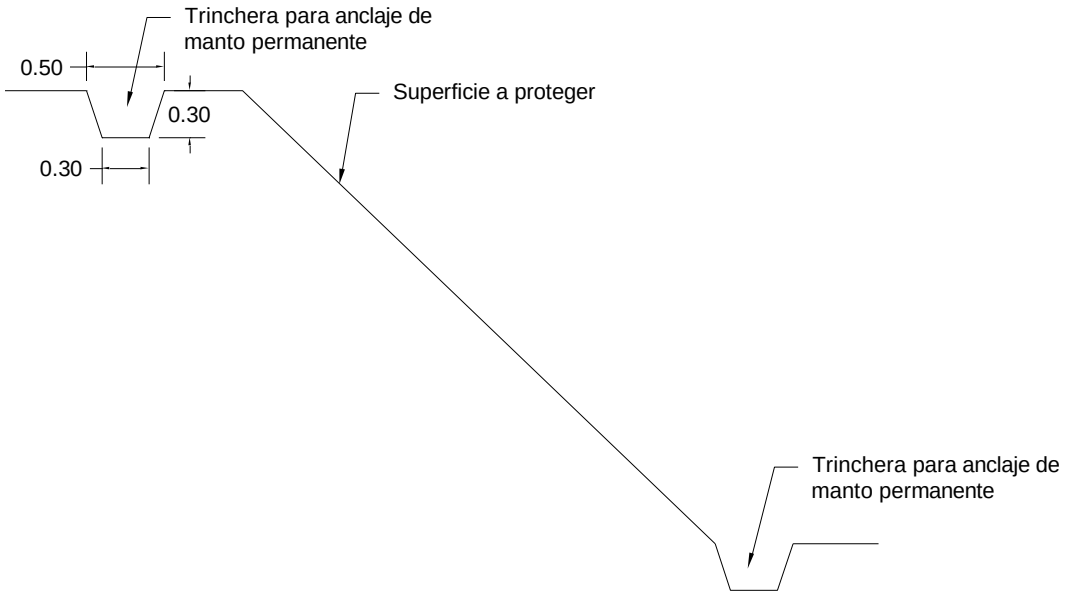
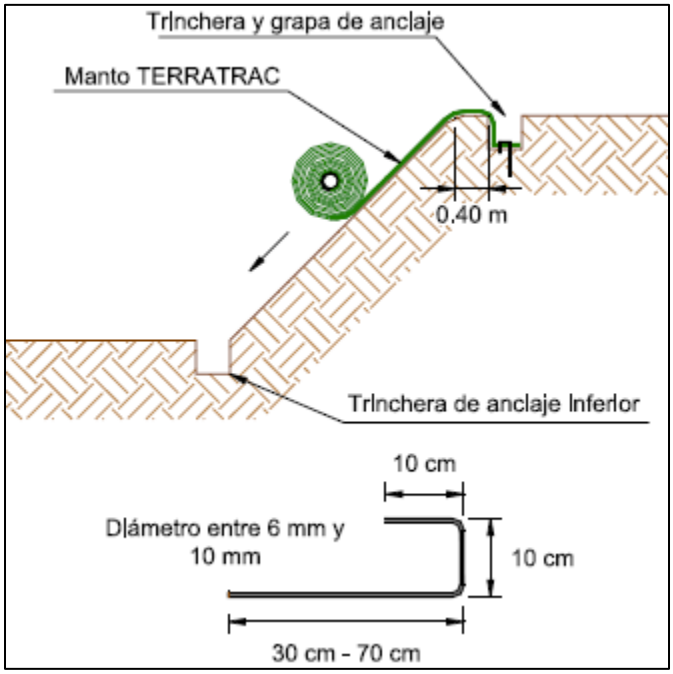


Ilustración 29. Sección típica de trincheras para anclaje de manto permanente.

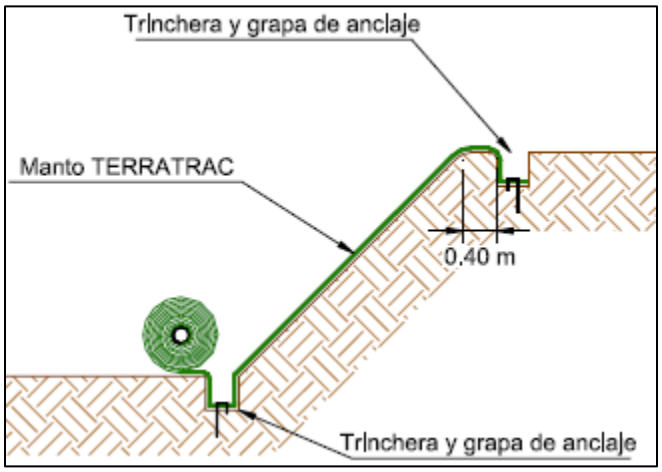
Una vez conformadas las trincheras para anclaje, se procede con la extensión del manto permanente sobre la superficie, para lo cual se debe colocar el manto en la trinchera superior y asegurar el borde con una hilera de grapas, separadas por lo menos cada metro y a lo largo de toda la trinchera. Una vez asegurado el manto a la trinchera superior, se procede a desenrollarlo paulatinamente, manteniéndolo sobre la superficie o cerca de ella a fin de evitar que por accidente se desenrolle completamente durante la instalación.



Fuente: Guía de Uso e Instalación de Mantos Permanentes para Control de Erosión y Refuerzo de Vegetación TERRATRAC® TRM, GEOMATRIX.

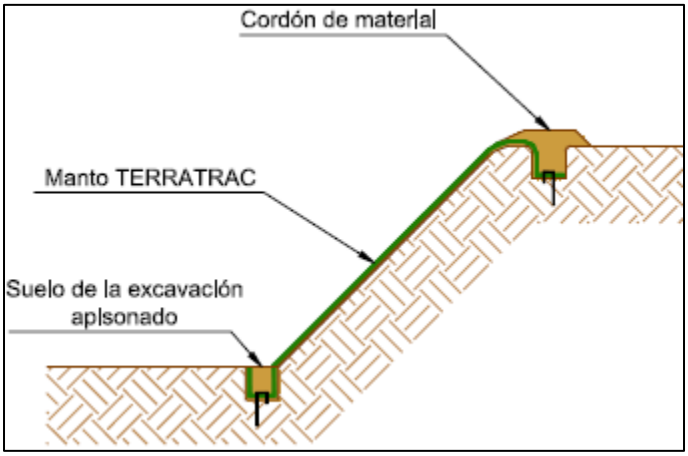
Ilustración 30. Esquema típico de inicio de proceso de instalación de manto permanente.

Una vez finalizada la instalación del manto sobre la superficie a proteger, se procede a ajustar el extremo inferior del manto y a llenar las trincheras de anclaje con el material de la excavación y compactar.



Fuente: Guía de Uso e Instalación de Mantos Permanentes para Control de Erosión y Refuerzo de Vegetación TERRATRAC® TRM, GEOMATRIX

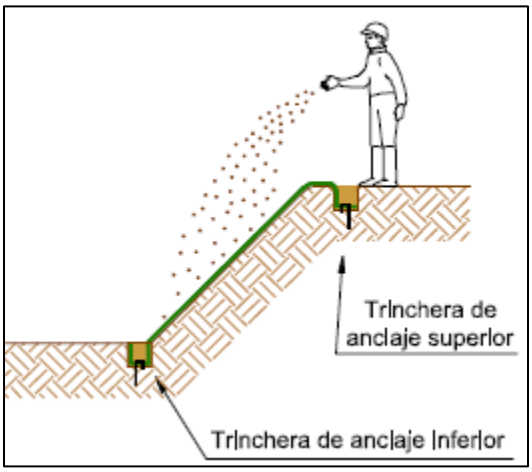
Ilustración 31. Esquema típico de proceso de instalación de manto permanente, ajuste en el extremo inferior.



Fuente: Guía de Uso e Instalación de Mantos Permanentes para Control de Erosión y Refuerzo de Vegetación TERRATRAC® TRM, GEOMATRIX.

Ilustración 32. Esquema típico de llenado de trincheras de anclaje.

Seguidamente se procede con la aplicación de la mezcla fértil conformada por fertilizantes y semillas, a fin de garantizar el establecimiento de vegetación sobre el manto, lo que contribuirá con la mitigación de los efectos erosivos sobre el talud.



Fuente: Guía de Uso e Instalación de Mantos Permanentes para Control de Erosión y Refuerzo de Vegetación TERRATRAC® TRM, GEOMATRIX.

Ilustración 33. Esquema típico de aplicación de cobertura vegetal sobre el manto.

Finalmente se realiza la instalación de anclajes intermedios en toda el área protegida con manto permanente y en zonas bajas o con presencia de irregularidades como huecos, a fin de garantizar el contacto total del manto con el material de suelo o roca que compone el talud. La cantidad de anclajes a instalar está en función de la pendiente del terreno, pero teniendo en cuenta lo recomendado en el Artículo 811-22 Protección de taludes con productos enrollados para control de erosión, la frecuencia de instalación de anclajes deberá ser de 4.1 anclajes/metro cuadrado, considerando que la pendiente del terreno es mayor a 1H:1V.

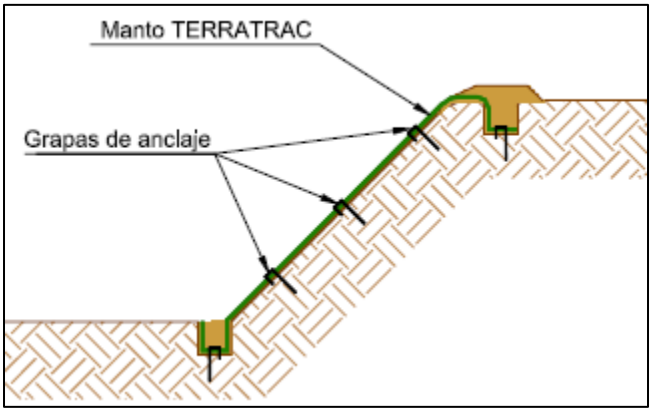


Ilustración 34. Esquema típico de instalación de grapas de anclajes intermedios.

4. PROCESO CONSTRUCTIVO OBRAS SECTOR K3+800- K3+850

En la zona intermedia a los sectores críticos, más exactamente entre las abscisas K3+800 – K3+850, sobre el margen derecho de la vía se presenta un talud de gran altura compuesto por intercalaciones de capas gruesas de lutitas laminares y capas delgadas de arcillolitas y limolitas, cuya superficie evidencia un avanzado estado de meteorización de las capas de roca donde progresivamente se va generando desprendimiento de material y por lo tanto, el talud presenta alto riesgo de ocurrencia de movimientos en masa por la evolución de los procesos erosivos sobre el material meteorizado. Este talud a su vez, constituye la plataforma sobre la que transcurre la vía metros más adelante, dada la curvatura del trazado por efectos de la topografía del sector; por lo cual, se hace importante garantizar la estabilidad de este talud, a fin de evitar que el avance de la meteorización genere problemas de inestabilidad y movimientos en masa que terminarían por afectar el trazado de la vía.

Las obras propuestas para garantizar la estabilidad de este talud, comprenden la protección del mismo con mallas de alta resistencia y con la instalación de un manto permanente.

4.1 PROTECCIÓN DEL TALUD CON MANTO PERMANENTE Y MALLA DE ALTA RESISTENCIA

Para la protección del talud en el sector comprendido entre las abscisas K3+800 – K3+850, se realizará la protección contra erosión mediante la instalación de un manto permanente de alta resistencia y durabilidad tipo TRM. Posteriormente se realizará la instalación de una malla de alta resistencia, retenida por una red de pernos equipados con cables de acero; esto para garantizar la estabilidad superficial del talud.

A continuación, se describe el proceso constructivo para la ejecución de los trabajos:

4.1.1 Instalación del manto permanente para control de erosión

Como medida de protección contra erosión, se realiza inicialmente la instalación del manto permanente de alta resistencia y alta durabilidad, tipo TRM, siguiendo el procedimiento descrito en el numeral 3.4.1.

Previo a la instalación del manto permanente, deberá realizarse la limpieza del talud, que consiste en retirar troncos, piedras y cualquier elemento suelto que se encuentre sobre la superficie a proteger y que interfiera con el adecuado contacto entre el manto permanente y la superficie del talud. Los afloramientos de roca no deben ser removidos, ya que esto puede desencadenar problemas de inestabilidad.

En las zonas donde haya presencia de pastos y vegetación densa, deberá realizarse una rocería y retiro de este material.



Ilustración 35. Zonas de realización de rocería con retiro para remoción de pastos y vegetación densa.

Adicionalmente, en la parte baja del talud, deberá realizarse una remoción y retiro de material producto de derrumbes que se ha ido acumulando en la base del talud.



Ilustración 36. Remoción de derrumbes para retiro de material suelto.

Posteriormente se procede con la instalación del manto permanente siguiendo el proceso constructivo descrito anteriormente en el numeral 3.4.1. y las Ilustraciones 29 a 34.

4.1.2 Instalación de malla de alta resistencia para estabilización superficial del talud

Una vez instalado el manto permanente, se procede con la instalación de los anclajes superiores, sobre la corona del talud. Para esto se realizarán perforaciones sobre la corona del talud con equipo de perforación adecuado para alcanzar el diámetro y profundidad de las barras de anclaje a emplear. Una vez realizadas las perforaciones se procede a instalar y fijar las barras de anclaje.

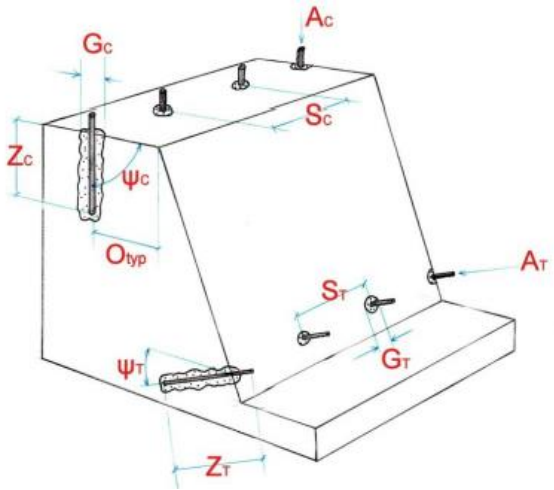


Ilustración 37. Esquema típico de instalación de anclajes en la corona, la base y la cara del talud.

Es recomendado que los anclajes superiores estén a una distancia segura atrás de la cresta del talud para evitar daños en caso de ruptura superficial.

Seguidamente se procede a disponer los rollos de la malla sobre la parte superior del talud, para permitir su fijación temporal, antes de la instalación del cable de soporte, y posteriormente proceder con la instalación de la malla de arriba hacia abajo.

Una vez se inicie a desenrollar la malla, se debe instalar el cable de soporte superior. Es común que en la práctica de instalación del cable de soporte, se divida en secciones de 30 m en sentido longitudinal del talud a proteger, ya que esto facilita la instalación y aumenta la seguridad.



Ilustración 38. Proceso de instalación de malla de alta resistencia, desde la parte superior del talud hacia la parte inferior.

Luego de la instalación del cable de soporte superior, es necesario realizar el ajuste de la posición de la malla, el cual se puede ejecutar utilizando elementos de seguridad para trabajo en alturas por rapel o con plataformas de elevación como una grúa hidráulica con canasta. Durante este ajuste, las solturas excesivas deben ser removidas de la malla, los paneles deberán ser alineados con la orientación deseada y no se permitirán sobreposiciones. Cualquier espacio que pueda surgir debido a la topografía de la superficie del talud, deberá ser cerrado con lazos de cable de acero.



Ilustración 39. Proceso de ajuste de la posición de la malla.

Una vez extendida la malla sobre la superficie del talud, se procede con la instalación de la línea de anclajes inferior, la cual, comúnmente debe seguir un patrón similar a la distribución de la línea de anclajes superior. Seguidamente se procede con la instalación del cable de soporte inferior, para luego realizar la conexión de la malla a este cable de soporte inferior.

Finalmente se procede con la instalación de anclajes sobre la superficie del talud y a través de la malla, con lo cual se pasa de un sistema de revestimiento simple a una configuración de revestimiento cortical.



Ilustración 40. Instalación de anclajes sobre la superficie del talud.

Por último, se procede con la instalación de los cables de acero auxiliares, los cuales se instalan sobre la malla y van conectados en los anclajes, por lo general fijados bajo las placas de anclaje que contienen la malla. La disposición de los cables puede ser en forma de zig-zag ya que esto facilita la instalación y aumentará la rigidez del sistema.



Ilustración 41. Imagen típica de instalación de malla terminada, con cable auxiliar en zigzag.

En función de la geometría del talud y el área a proteger, se recomienda implementar las siguientes dimensiones para la instalación de la malla y los anclajes:

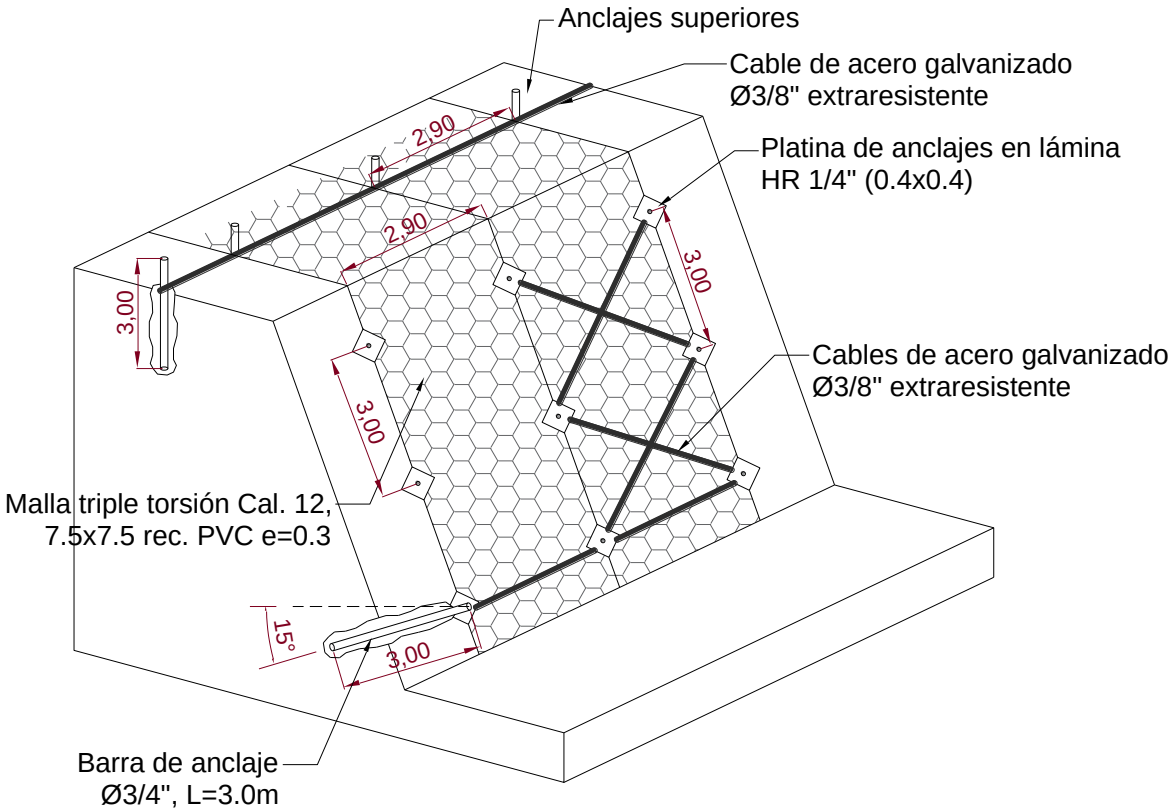


Ilustración 42. Esquema de instalación de malla de alta resistencia con pernos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El proceso constructivo descrito en el presente documento y las recomendaciones generales emitidas, deberán cumplir con las especificaciones generales de construcción estipuladas en los diseños de las obras y las especificaciones técnicas referentes a la ejecución de cada actividad, así como la aprobación por parte de Interventoría.

- Todos los materiales a emplear para la construcción de las obras de estabilización, deberán contar con las mismas o mejores características descritas en los planos de diseño y especificaciones técnicas. Se recomienda durante la etapa de construcción, realizar ensayos de campo y laboratorio para verificación y control de calidad de los materiales a emplear.

- Las recomendaciones constructivas descritas en el presente documento, son realizadas teniendo en cuenta las características de diseño propias del proyecto; cualquier modificación referente a los materiales a emplear o la geometría de diseño de las obras a implantar, implican nuevas condiciones que deberán ser analizadas.

- En caso de que durante el proceso constructivo de las obras, se presenten situaciones no previstas en el presente informe y/o en los documentos y planos de diseño, deberá informarse a la menor brevedad al Especialista en Geotecnia para tomar las decisiones pertinentes.

HUGO YEZID MOLANO SANABRIA
Ing. Geólogo – MsC. Geotecnia
M.P. 15223-086858 BYC