

Solicitud de Ofertas

Obras Menores

Contratación Anticipada de: Construcción del Puente sobre el Arroyo Piray Mini, Rehabilitación de la Ruta Provincial N°17 y Obras Complementarias.

Tramo: Eldorado – Progresiva 71.386

Emitido el: 23/10/2026
LPI N°01/2026 BID

Proyecto: Corredores estratégicos y gestión de rutas en la Provincia de Misiones

Contratante: Dirección Provincial de Vialidad de Misiones

País: Argentina

ANEXO 6
ESTUDIO GEOTÉCNICO

A background graphic consisting of white, wavy, concentric lines on a dark blue background, resembling a topographic map or contour lines.

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE CAMPO

AMPLIACIÓN DE LA RP N° 17

SECTOR CERRO 60

PROVINCIA DE MISIONES

Lic. Gerardo E. Pérez Ferreira

Teléfono: +54 9 2644125471
E-mail: gepf18@gmail.com

Contenido

Introducción y Objetivo	1
Ubicación del área de estudio	2
Contexto Geológico y Evolución del Relieve.....	3
Relevamiento Geológico - Geotécnico de Campo	6
Criterios de relevamiento y sectorización	6
Caracterización geológico-geotécnica por tramos	6
Tramo 1 – PK 39+152 a PK 39+342	6
Tramo 2 – PK 39+034 a PK 39+146	10
Tramo 3 – PK 38+637 a PK 38+830	17
Tramo 4 – PK 38+290 a PK 38+319	22
Tramo 5 – PK 38+188 a PK 38+236	24
Tramo 6 – PK 38+075 a PK 38+097	29
Tramo 7 – PK 37+865 a PK 37+915	31
Tramo 8 – PK 37+778 a PK 37+840	33
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA.....	35
Procesos de inestabilidad y condicionantes geológico-geotécnicos	36
Condicionantes asociados a la ampliación vial.....	37
SECTORIZACIÓN GEOTÉCNICA Y PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIONES	37
MEDIDAS DE INTERVENCIÓN PROPUESTAS	38
Protecciones propuestas por tramo	39
Consideraciones para la implementación de las medidas	41
Conclusiones y Recomendaciones.....	42
ANEXO I – Cómputo de los sistemas de protección propuestos	44
ANEXO II – Especificaciones técnicas de los sistemas de protección propuestos	46



Introducción y Objetivo

En el marco del proyecto de ampliación de la Ruta Provincial N° 17, en el sector conocido como Cerro 60, se prevé la incorporación de una tercera trocha con el objeto de mejorar la capacidad operativa y las condiciones de seguridad del corredor vial.

El sector se desarrolla sobre un relieve fuertemente ondulado, característico de la Meseta Misionera, donde la construcción de la infraestructura vial existente requirió la ejecución de numerosos cortes en roca. La ampliación proyectada implica una modificación de la geometría actual de la plataforma y, en determinados sectores, una reducción significativa del espacio disponible entre la futura calzada y los taludes existentes.

Como etapa inicial del estudio se realizó una evaluación geológico-geotécnica preliminar basada en antecedentes geológicos regionales, cartografía disponible, bibliografía especializada e interpretación de imágenes del corredor. Dicho análisis permitió establecer una serie de hipótesis de trabajo respecto de las principales problemáticas potenciales del sector, particularmente aquellas vinculadas con la caída de bloques, mecanismos de inestabilidad estructuralmente controlados, meteorización del macizo rocoso y movilización superficial de materiales de cobertura.

A partir de estos antecedentes se desarrolló una campaña de relevamiento geológico-geotécnico de campo destinada a verificar las condiciones reales de los taludes, caracterizar el macizo rocoso y los materiales de alteración, identificar evidencias de procesos de inestabilidad y establecer los principales condicionantes geotécnicos asociados a la ampliación proyectada.

El relevamiento permitió reconocer una marcada variabilidad longitudinal de las condiciones del corredor, tanto en términos litológicos como estructurales, geométricos y geomorfológicos. En función de estas características, el sector fue dividido en ocho tramos con comportamiento diferenciado, dentro de los cuales se efectuaron además cuatro ventanas geotécnicas en afloramientos considerados representativos y adecuados para la caracterización estructural del macizo.

El presente informe integra los antecedentes previamente analizados con los resultados obtenidos durante la campaña de campo y tiene como objetivos:

- Caracterizar las condiciones geológicas y geotécnicas del sector Cerro 60;
- Identificar y describir los principales procesos y mecanismos de inestabilidad observados;
- Establecer una sectorización del corredor de acuerdo con las condiciones particulares de cada tramo;
- Evaluar los condicionantes que introduce la ampliación de la calzada;

- Establecer criterios para la definición de las medidas de estabilización, protección y manejo que resulten necesarias.

Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza sobre la Ruta Provincial N° 17, en el sector denominado Cerro 60, provincia de Misiones.

La Ruta Provincial N° 17 constituye uno de los principales corredores transversales del norte provincial, vinculando la ciudad de Eldorado con la Ruta Nacional N° 14 y atravesando un relieve ondulado a fuertemente disectado característico de la Meseta Misionera.

El relevamiento de detalle comprendió aproximadamente 1,8 km del corredor, desde aproximadamente la PK 37+500 hasta la PK 39+330. Dentro de este sector se identificaron los principales taludes que podrían verse condicionados por la incorporación de la tercera trocha, concentrándose el análisis en aquellos donde las características geológicas, geométricas o geomorfológicas determinan situaciones potencialmente desfavorables para la futura configuración de la ruta.

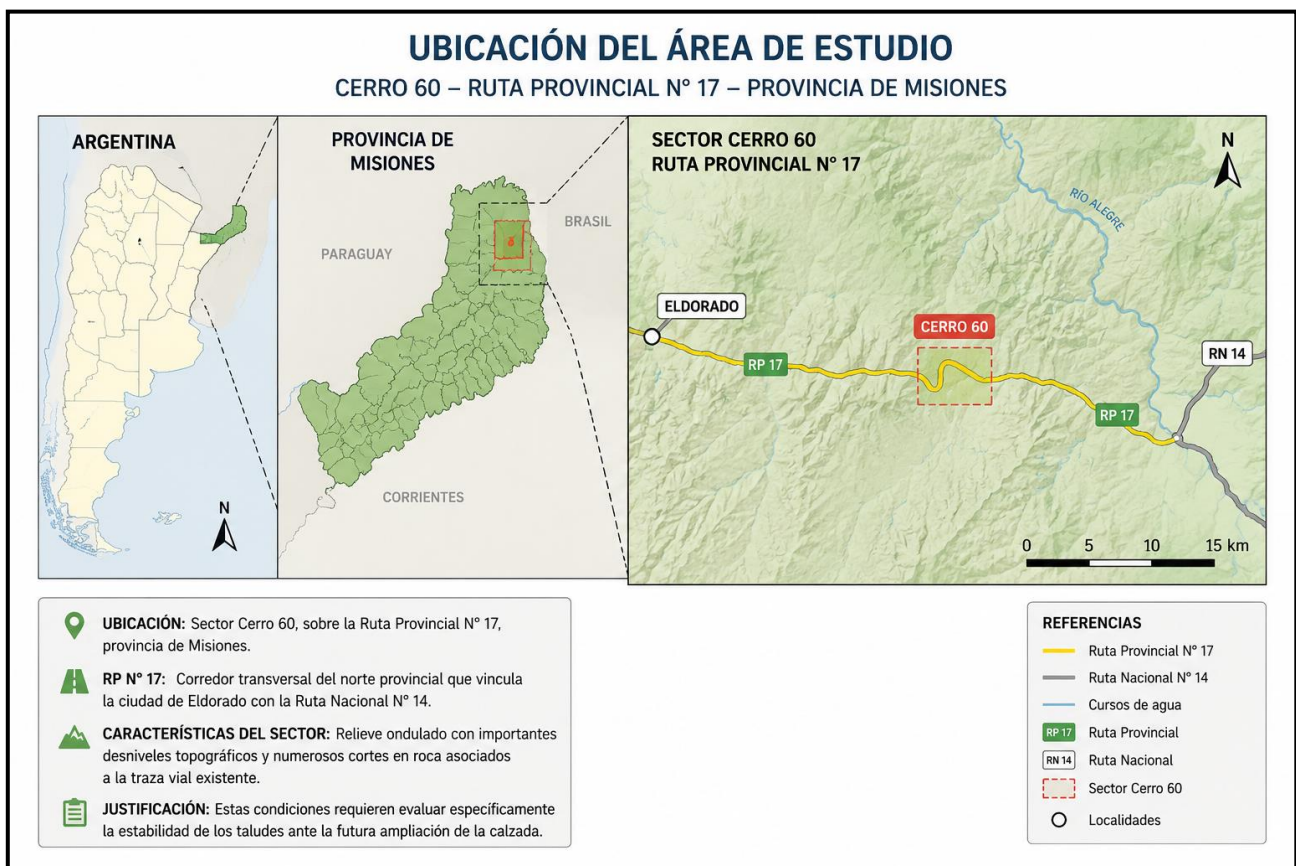


Figura 1: Ubicación del área de estudio.

Contexto Geológico y Evolución del Relieve

El área de estudio se ubica en el norte de la provincia de Misiones, dentro del ámbito de la Provincia Magmática del Paraná, extensa región volcánica desarrollada durante el Cretácico Inferior como consecuencia de un episodio de vulcanismo fisural de gran magnitud vinculado a la fragmentación del supercontinente Gondwana. En esta región predominan ampliamente las coladas basálticas de la Formación Serra Geral, que constituyen el principal sustrato rocoso aflorante a lo largo del corredor de la Ruta Provincial N° 17.

Estas rocas forman parte de una potente sucesión de derrames lávicos superpuestos, cuyas variaciones internas determinan un macizo heterogéneo, en el que alternan sectores relativamente masivos y competentes con niveles de mayor fracturación, sectores vesiculares o amigdaloides y horizontes afectados por distintos grados de alteración.

Durante el enfriamiento de las coladas se desarrollaron sistemas de discontinuidades, predominantemente subverticales, que en combinación con superficies subhorizontales asociadas a los distintos derrames producen una compartimentación natural del macizo en bloques de geometría y dimensiones variables. La orientación, persistencia, espaciamiento, apertura y condición de estas discontinuidades constituyen factores fundamentales en el comportamiento geotécnico de los taludes excavados.

Sobre este sustrato se desarrolló el relieve característico de la Meseta Misionera, caracterizado por una morfología ondulada a fuertemente disectada. La acción prolongada de los procesos fluviales y de la meteorización química produjo cerros de cumbres suavemente redondeadas, laderas de pendientes moderadas a fuertes y valles relativamente estrechos, configuración que condiciona directamente el trazado de la infraestructura vial y determina la necesidad de importantes cortes en roca. Este esquema general, se sintetiza en la figura 2.

Las condiciones climáticas regionales, caracterizadas por precipitaciones abundantes y temperaturas relativamente elevadas, favorecen una intensa meteorización química del sustrato basáltico. Como resultado, se desarrollan perfiles de alteración de espesor variable en los que la roca pasa progresivamente a materiales meteorizados, regolito, saprolito y suelos residuales. Esta evolución genera una marcada variabilidad de las propiedades geotécnicas, incluso entre sectores próximos, y contribuye a la degradación progresiva de los frentes expuestos.

La campaña de campo permitió verificar esta heterogeneidad y reconocer, además de los basaltos predominantes, sectores constituidos por materiales interpretados como brechas hidrotermales. Estas brechas presentan clastos mayoritariamente basálticos incluidos en una matriz heterogénea, observándose sectores con matriz silíceo y desarrollo de pequeñas drusas, presencia de calcita y otros de aspecto terroso, asociados en campo a componentes arcillosos. La meteorización y erosión diferencial de la matriz favorecen localmente la pérdida de soporte de los clastos y su liberación progresiva como bloques.

El agua constituye otro factor relevante en la evolución y comportamiento actual de los taludes. Su circulación se produce tanto superficialmente, mediante escorrentía concentrada y desarrollo de canales, como a través de las discontinuidades del macizo. Durante el relevamiento se reconocieron sectores con humedad y surgencias sobre juntas y planos, así como canales de escorrentía asociados a acumulaciones de material al pie. La interacción entre agua, meteorización y fracturación contribuye localmente a la degradación del macizo y a la movilización de materiales.

En consecuencia, las condiciones geológicas y geomorfológicas del sector Cerro 60 configuran un medio marcadamente heterogéneo, en el que la estabilidad de los taludes depende de la interacción entre la calidad y grado de fracturación del macizo, la orientación de las discontinuidades, la intensidad de la meteorización, la presencia de materiales de alteración y brechas, la circulación de agua y la geometría de los cortes existentes. Estos condicionantes presentan variaciones significativas a lo largo del corredor y constituyen la base para la sectorización geológico-geotécnica desarrollada a partir del relevamiento de campo.

GEOMORFOLOGÍA Y RELIEVE – SECTOR CERRO 60, RUTA PROVINCIAL N° 17, MISIONES

El sector se emplaza en la Meseta Misionera, caracterizada por un relieve ondulado a fuertemente disectado desarrollado sobre las coladas basálticas de la Formación Serra Geral.

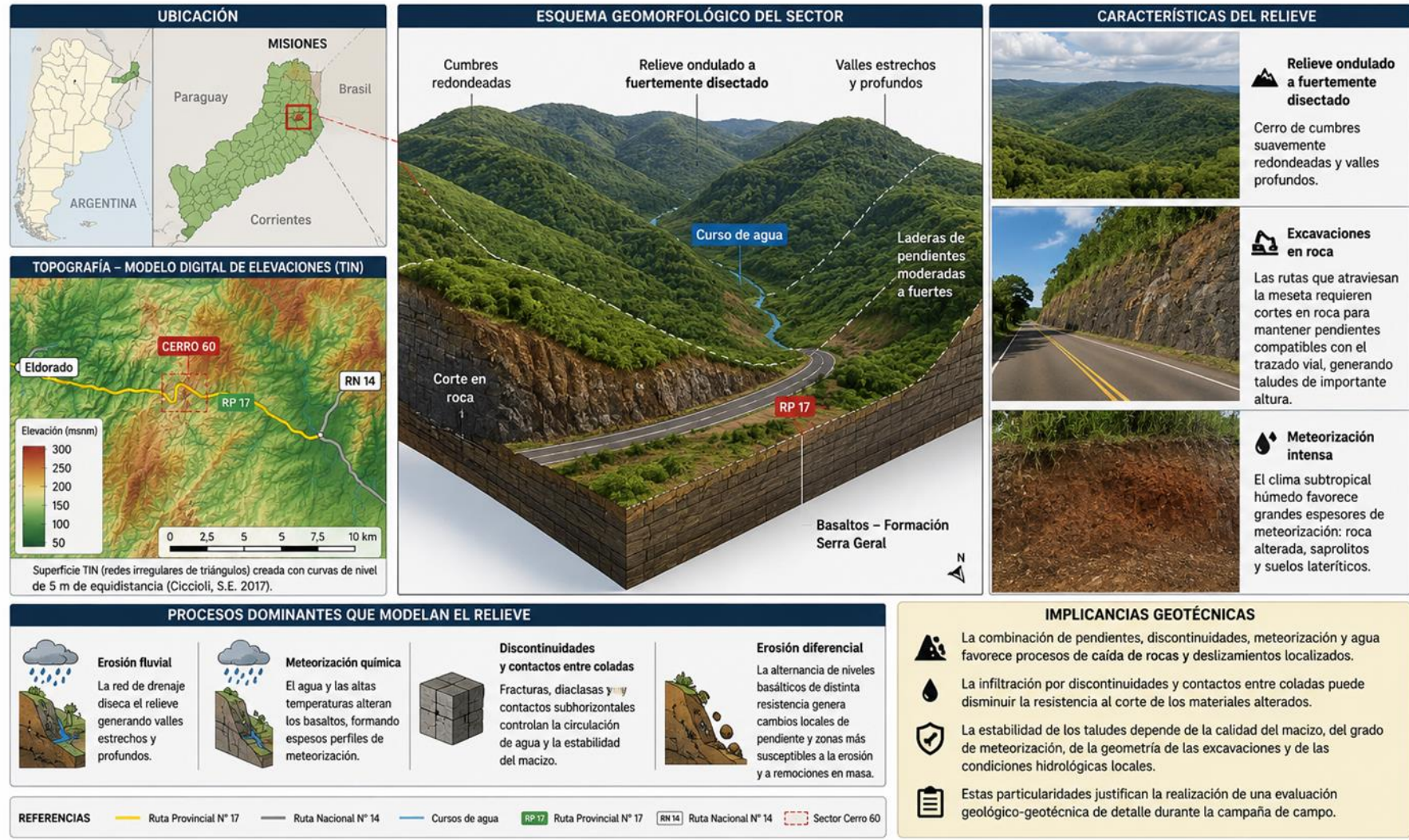


Figura 2: Síntesis geomorfológica y geotécnica del sector Cerro 60 de la RP N° 17, con los principales procesos geológicos actuantes.

Relevamiento Geológico - Geotécnico de Campo

Criterios de relevamiento y sectorización

La campaña de campo comprendió el reconocimiento sistemático de los taludes involucrados en el proyecto de ampliación, evaluándose sus características litológicas, grado de meteorización y fracturación, altura, geometría, características de las discontinuidades, presencia de agua, desarrollo de regolito y materiales de cobertura, evidencias de procesos gravitacionales y acumulaciones de material al pie.

Asimismo, se consideraron las condiciones particulares que resultarán de la incorporación de la tercera trocha, principalmente en relación con el espacio remanente entre la futura calzada y los taludes y las condiciones de visibilidad existentes en determinados sectores.

El relevamiento evidenció una importante heterogeneidad longitudinal, por lo que el corredor fue dividido en ocho tramos de características relativamente homogéneas. La numeración sigue el sentido en el que se realizó el relevamiento de campo, desde progresivas mayores hacia progresivas menores.

Complementariamente se realizaron cuatro ventanas geotécnicas en sectores representativos del macizo rocoso. Estas ventanas no fueron distribuidas sistemáticamente a intervalos regulares, sino seleccionadas en función de las características observadas y de la posibilidad de obtener información estructural representativa.

En sectores donde el macizo presenta altos grados de fracturación, meteorización o evidencias directas de inestabilidad, la caracterización se sustentó principalmente en las condiciones observadas a escala de talud.

Caracterización geológico-geotécnica por tramos

Tramo 1 – PK 39+152 a PK 39+342

El Tramo 1 presenta una longitud aproximada de 190 m y corresponde a un talud relativamente bajo, con una altura media del orden de 4 m.

Está constituido predominantemente por basaltos de tonalidades grises a gris oscuro, con bajo grado de meteorización y fracturación baja a moderada. Se reconocieron bloques dislocados principalmente en los sectores medio y superior del talud, así como algunos bloques de pequeñas dimensiones sobre la banquina, generalmente inferiores a 10 cm.

La configuración actual presenta un ancho de banquina relativamente importante, por lo que, aun considerando la incorporación de la tercera trocha, permanecería cierto espacio entre la calzada y el pie del talud.

No obstante, la presencia de bloques parcialmente individualizados indica la conveniencia de realizar tareas de saneo del frente rocoso, complementadas con limpieza y poda de la vegetación que dificulte la inspección y mantenimiento del talud.



Figura 3: Vista general del Tramo 1, caracterizado por un talud de baja altura, buena visibilidad longitudinal y espacio disponible entre el pie del talud y la calzada

Caracterización geomecánica – Ventana 1

En la PK 39+280 se efectuó una ventana geotécnica sobre un sector representativo del macizo basáltico. El talud presenta inclinaciones elevadas, comprendidas aproximadamente entre 78° y 90°, y un aspecto general relativamente homogéneo.

Se identificaron cuatro sistemas principales de discontinuidades. El sistema D1 se dispone aproximadamente paralelo al talud y presenta planos persistentes, con longitudes superiores a 3 m, espaciamiento medio del orden de 50 cm, cerrados, ligeramente rugosos, sin relleno ni alteración y secos.

Su disposición respecto del frente resulta desfavorable y puede favorecer mecanismos de deslizamiento hacia la calzada.

El sistema D2 presenta una disposición aproximadamente perpendicular al talud, con persistencias similares y espaciamiento medio del orden de 50 cm. Las discontinuidades presentan aperturas inferiores a 1 mm, superficies ligeramente rugosas, sin relleno ni alteración y condición seca. Su orientación resulta favorable respecto de la estabilidad del frente.

El sistema D3 es oblicuo al talud y presenta baja persistencia, inferior a 1 m, con espaciamientos promedio del orden de 30 cm. Las discontinuidades se encuentran cerradas, presentan superficies onduladas, sin relleno ni alteración y se encuentran secas. Su orientación resulta favorable.

El sistema D4 presenta disposición suboblicua al frente y discontinuidades moderadamente persistentes, superiores a 3 m, con espaciamientos comprendidos aproximadamente entre 40 y 50 cm. Se observan aperturas superiores a 5 mm, superficies ligeramente rugosas, relleno duro de espesor inferior a 5 mm y ligera alteración. Por su orientación, este sistema resulta desfavorable y puede participar en mecanismos de deslizamiento y vuelco de bloques.

La caracterización efectuada asigna al macizo rocoso una calidad **MEDIA – Clase III según RMR**.

En términos generales, el tramo presenta condiciones geomecánicas moderadas, aunque la existencia de sistemas estructuralmente desfavorables y bloques localmente dislocados justifica la ejecución de saneos y controles específicos previo a la configuración definitiva de la ampliación.

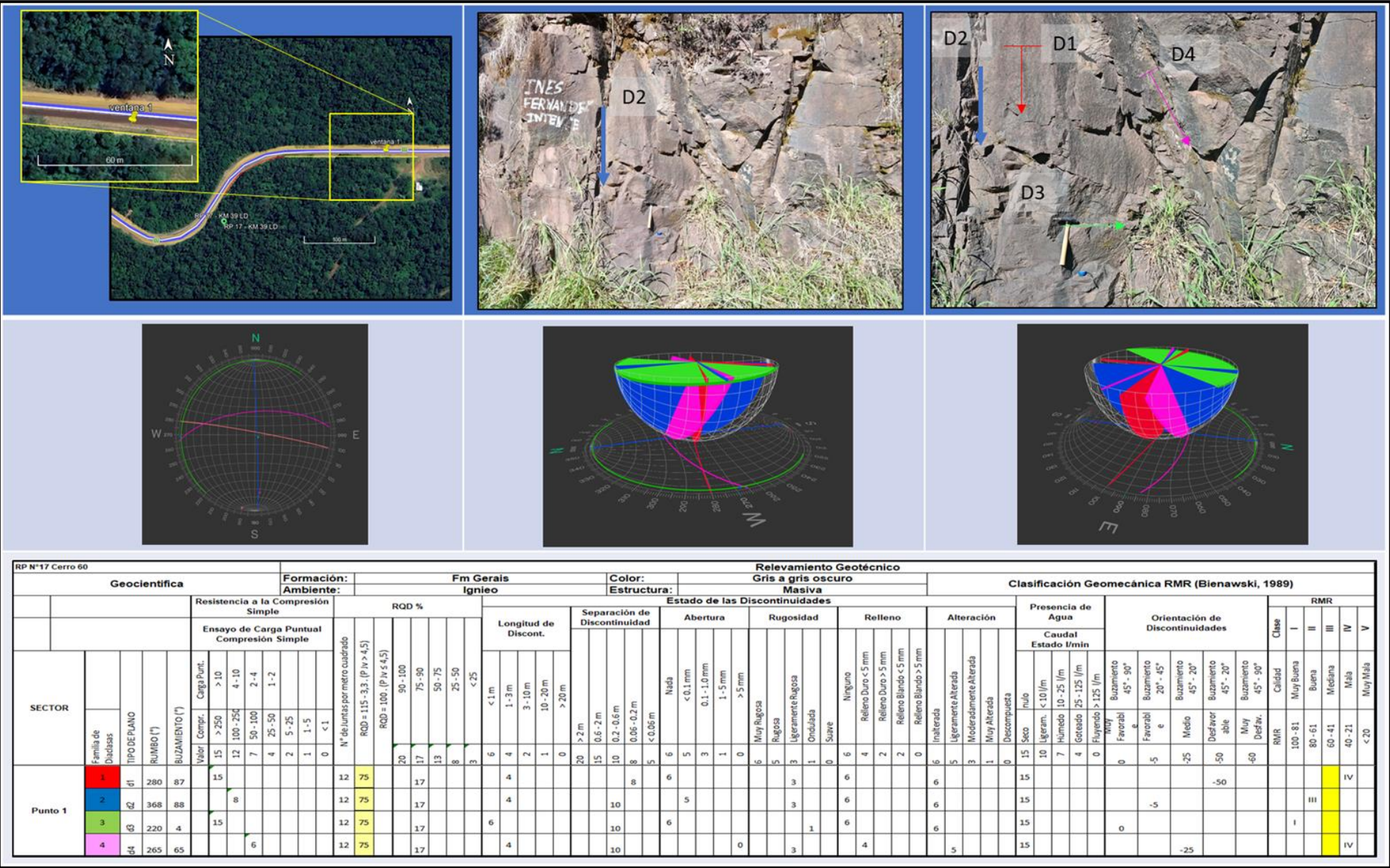


Figura 4: Ventana geotécnica 1; ubicación, sistemas de discontinuidades, análisis estereográfico y clasificación geomecánica RMR.

Tramo 2 – PK 39+034 a PK 39+146

El Tramo 2 posee una longitud aproximada de 112 m y presenta condiciones variables a lo largo de su desarrollo, alcanzando localmente alturas del orden de 8 m. Parte del sector se desarrolla sobre una curva, donde la visibilidad longitudinal se reduce a menos de 40 m, condición que incrementa la exposición vial frente a eventuales desprendimientos (figura 5).

En el tramo se reconocieron canales de escorrentía superficial asociados a depósitos de acumulación al pie, así como bloques dislocados y parcialmente individualizados sobre el frente. Localmente se observan discontinuidades abiertas y bloques extraplomados en los sectores superiores del talud (figuras 6 y 7).

Asimismo, se identificaron cicatrices compatibles con desprendimientos previos y bloques caídos actualmente depositados al pie del talud. Estas evidencias confirman la ocurrencia de procesos de caída de rocas y permiten reconocer sectores fuente actualmente susceptibles de generar nuevos desprendimientos (figura 8).



Figura 5: Sector de mayor altura del Tramo 2, con bloques dislocados y extra-plomados.

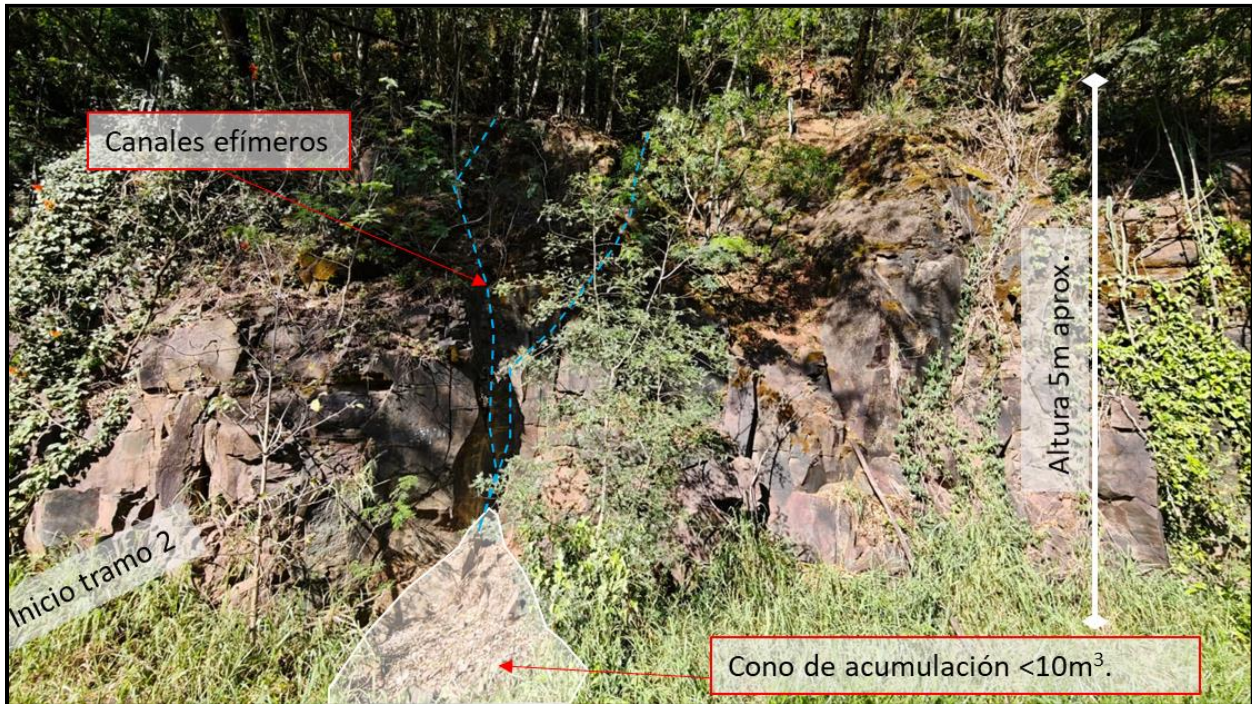


Figura 6: Sector inicial del Tramo 2. Canales de escorrentía superficial y depósito de acumulación al pie del talud.

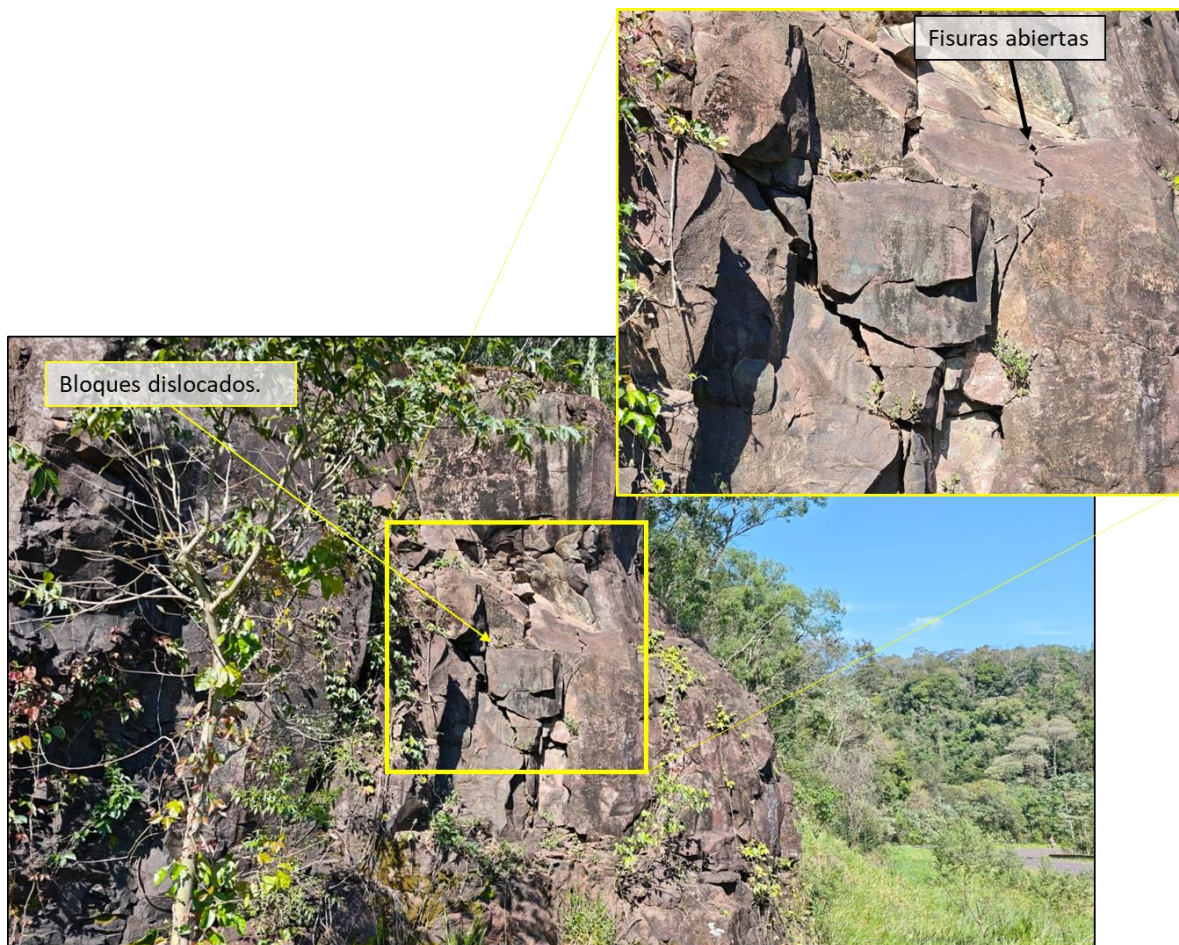


Figura 7: Bloques dislocados y discontinuidades abiertas en el macizo rocoso del Tramo 2.

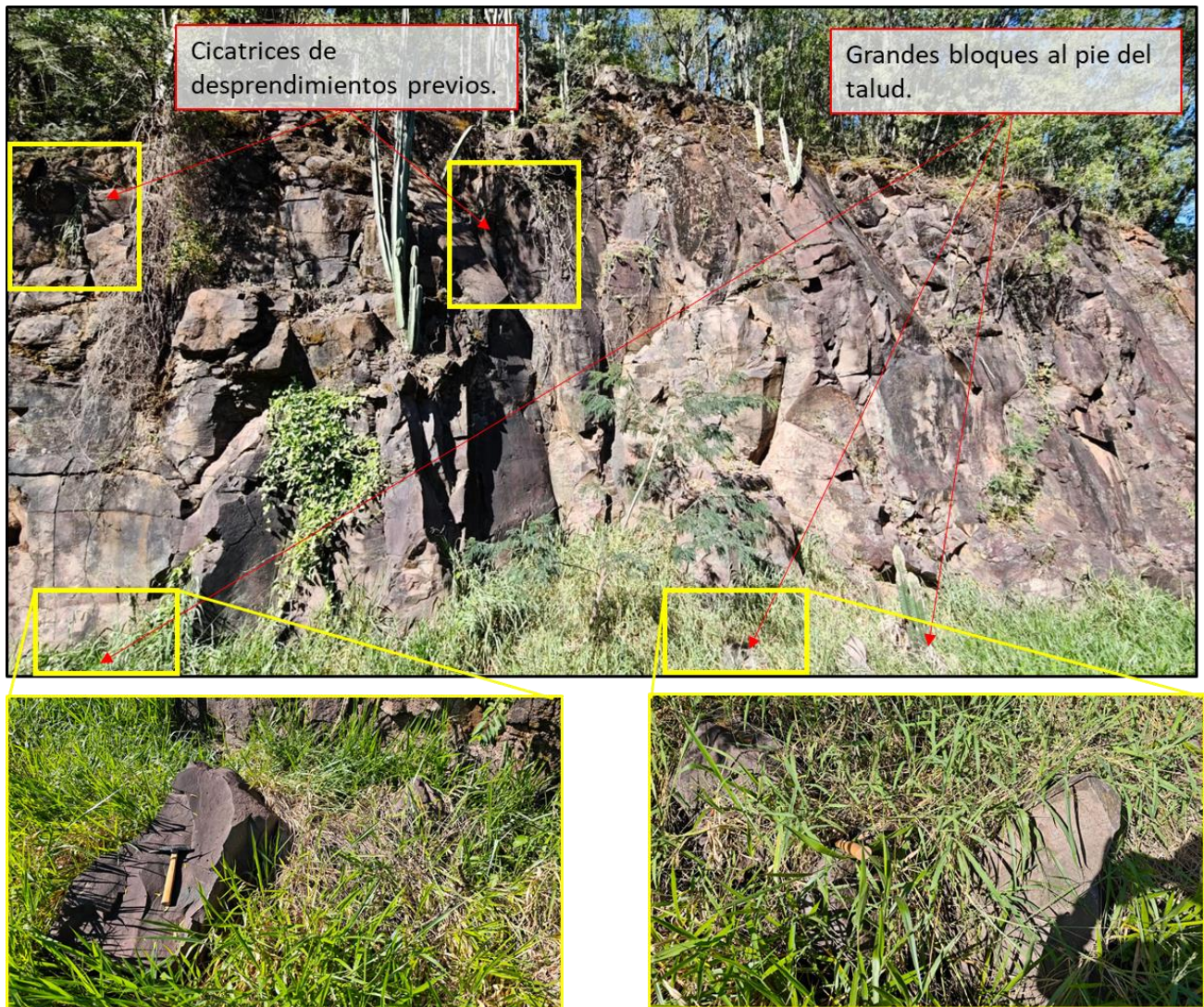


Figura 8: Evidencias de desprendimientos previos en el Tramo 2, representadas por cicatrices en el frente y bloques caídos al pie del talud.

Caracterización geomecánica – Ventana 2

La ventana realizada en este tramo permitió reconocer un macizo más fracturado que el correspondiente al Tramo 1, con mayor cantidad de bloques dislocados.

Se identificaron cuatro sistemas principales de discontinuidades. El sistema D1 presenta disposición aproximadamente paralela al talud, persistencia moderada inferior a 3 m y espaciamiento medio del orden de 50 cm. Las superficies se encuentran cerradas, son rugosas, sin relleno ni alteración y secas. Su orientación resulta desfavorable y puede favorecer el deslizamiento de bloques hacia la calzada.

El sistema D2 se dispone oblicuamente y buza hacia el interior del talud. Presenta baja persistencia, inferior a 1 m, espaciamiento promedio del orden de 1 m, superficies cerradas y rugosas, sin relleno ni alteración y secas. Su orientación resulta favorable.

El sistema D3 presenta disposición oblicua y bajo ángulo de buzamiento. Las discontinuidades poseen persistencia moderada, inferior a 3 m, espaciamientos entre aproximadamente 30 y 60 cm, aperturas inferiores a 1 mm y superficies muy rugosas, sin relleno ni alteración. Si bien su dirección de buzamiento es hacia la calzada, el bajo ángulo limita su incidencia sobre la estabilidad general del talud.

Finalmente, el sistema D4 presenta disposición sub-perpendicular al frente, baja persistencia y espaciamientos variables entre aproximadamente 20 y 50 cm. La interacción entre los distintos sistemas contribuye a la individualización de bloques y al desarrollo potencial de mecanismos combinados.

La clasificación realizada asigna al macizo una calidad **MEDIA – Clase III según RMR**.

A pesar de la calidad media obtenida, la evaluación del tramo no puede basarse exclusivamente en dicha clasificación. La presencia de bloques dislocados, acumulaciones al pie y la limitada visibilidad asociada a la curva determinan una condición de mayor sensibilidad frente a eventos de caída de rocas.

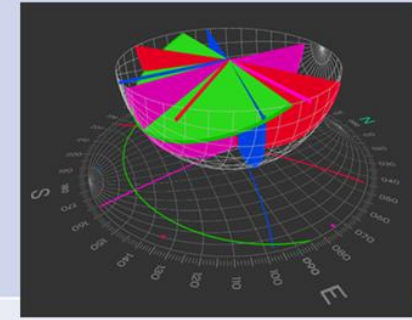
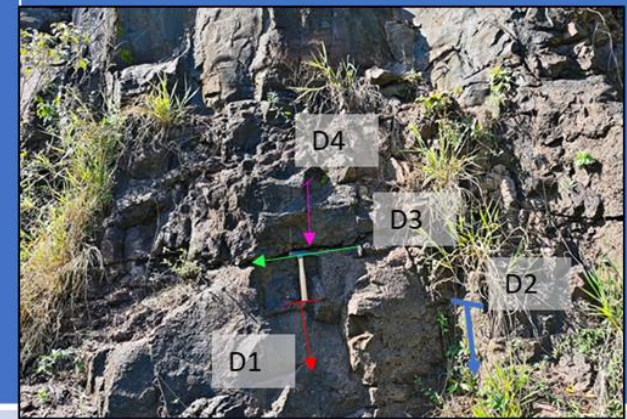
15

Figura 9: Ventana geotécnica 2; ubicación, sistemas de discontinuidades, análisis estereográfico y clasificación geomecánica RMR.

Tramo 3 – PK 38+637 a PK 38+830

El Tramo 3 presenta una longitud aproximada de 193 m y constituye uno de los sectores geológicamente más particulares del corredor, debido a la presencia predominante de materiales interpretados como brechas hidrotermales.

El talud posee una altura promedio del orden de 4 m. Las brechas presentan textura matriz-sostén, con clastos predominantemente basálticos y una matriz heterogénea. Se observaron sectores con matriz silícea y desarrollo de pequeñas drusas, presencia de calcita y otros de aspecto terroso, interpretados en campo como posibles componentes arcillosos (Figura 10).

La meteorización y erosión diferencial de los sectores con matriz fina producen una pérdida progresiva de soporte de los clastos, favoreciendo su individualización y liberación sobre el frente. Se reconocieron bloques de diferentes dimensiones, incluyendo elementos superiores a 50 cm, así como sectores con bloques dislocados y extra-plomados (Figura 11).

Hacia el sector superior del talud se observa además un importante desarrollo de materiales de alteración, con presencia de saprolito y regolito. Localmente, el crecimiento de raíces dentro de estos materiales y sectores fracturados contribuye a su desagregación y constituye un condicionante adicional para la estabilidad superficial del frente (Figura 12).

Intercalados con las brechas se presentan sectores basálticos con fracturación baja a moderada, sobre uno de los cuales se realizó la tercera ventana geotécnica.

La futura incorporación de la tercera trocha reducirá significativamente el espacio actualmente disponible entre la calzada y el pie del talud, limitando la posibilidad de mantener una banquina con capacidad de recepción de eventuales desprendimientos. Como aspecto favorable, el tramo se desarrolla mayormente sobre una recta y presenta buenas condiciones de visibilidad.

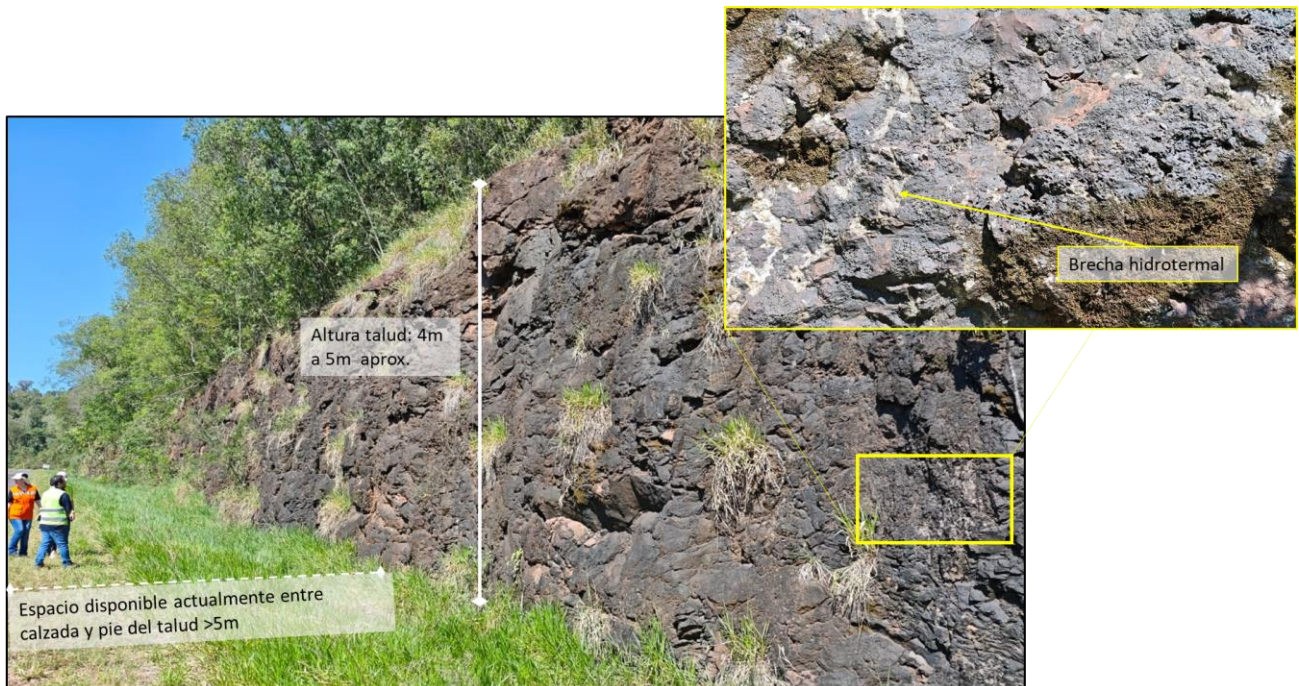


Figura 10: Vista general del Tramo 3 y detalle de los materiales interpretados como brechas hidrotermales, con sectores de matriz heterogénea y clastos predominantemente basálticos.

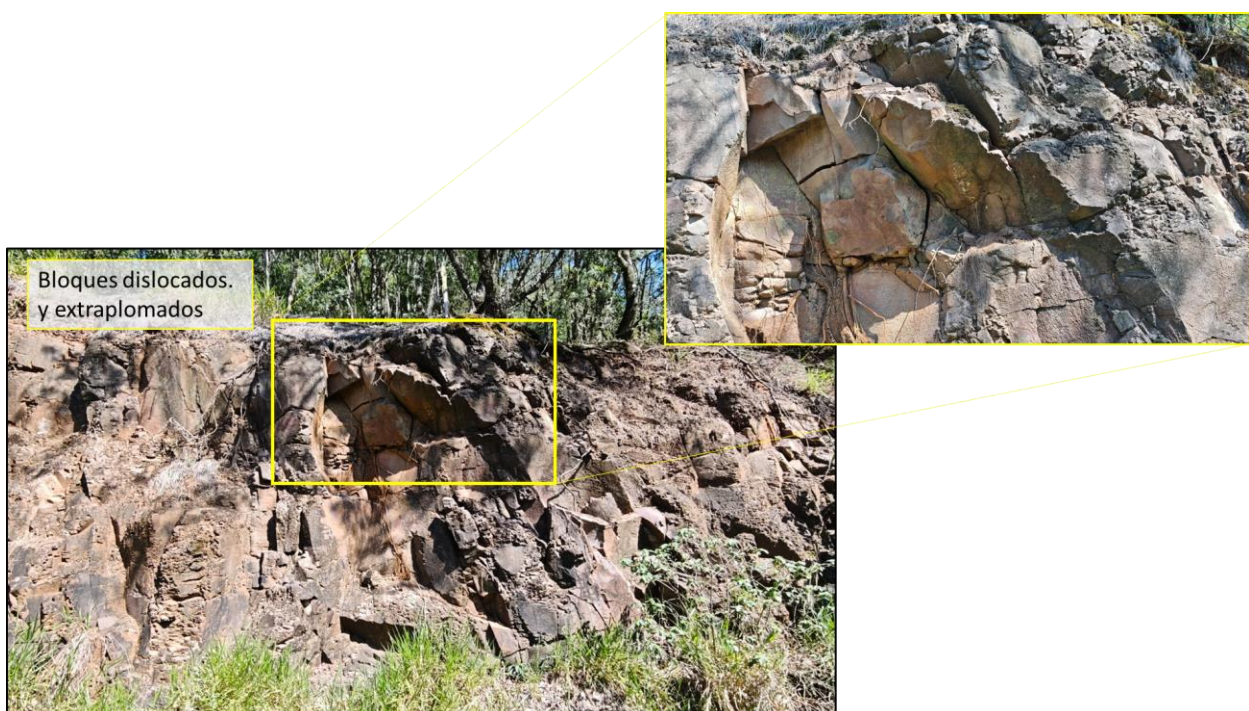


Figura 11: Bloques dislocados y extra-plomados en el frente del Tramo 3, asociados a la fracturación y degradación diferencial del macizo.

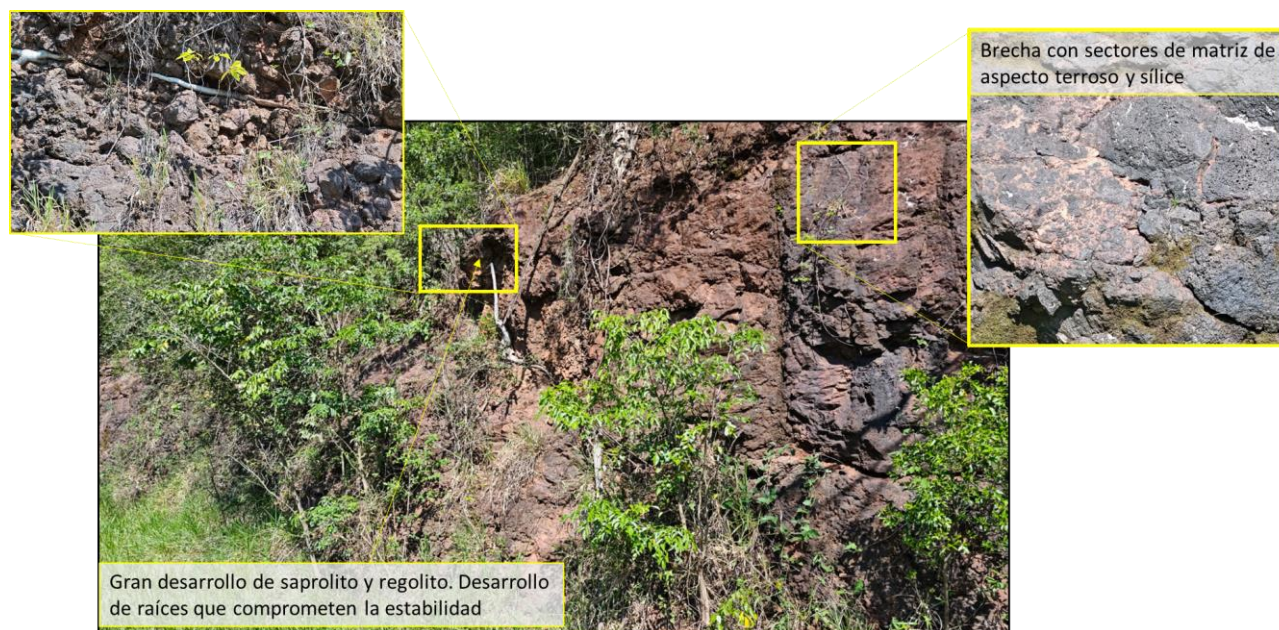


Figura 12: Desarrollo de saprolito y regolito en el sector superior del Tramo 3, con presencia de raíces y sectores de brecha con matriz de aspecto terroso y síliceo.

Caracterización geomecánica – Ventana 3

La ventana fue ejecutada sobre un sector basáltico dentro del tramo, dado que las características heterogéneas de la brecha no permiten extrapolar directamente una clasificación del macizo rocoso a la totalidad del sector.

Se reconocieron cuatro sistemas principales de discontinuidades. El sistema D1 presenta disposición subparalela al talud, persistencia moderada inferior a 3 m y espaciamientos comprendidos aproximadamente entre 30 y 60 cm. Las discontinuidades se encuentran cerradas, son rugosas, sin relleno ni alteración y secas. Su buzamiento hacia la calzada determina una condición desfavorable.

El sistema D2 se dispone aproximadamente perpendicular al frente, presenta baja persistencia, inferior a 1 m, y espaciamientos del orden de 40 cm. Sus discontinuidades se encuentran cerradas, son rugosas, sin relleno ni alteración y secas. Por su orientación resulta favorable respecto de la estabilidad general del frente, aunque su interacción con otros sistemas puede contribuir a la individualización de cuñas y bloques.

El sistema D3 presenta disposición subperpendicular al talud, con planos de moderada persistencia, inferiores a 3 m, y espaciamientos comprendidos aproximadamente entre 30 y 60 cm. Los planos buzanan hacia el exterior con bajo ángulo y presentan superficies cerradas y rugosas, sin relleno ni alteración y secas. Su disposición determina una condición moderadamente desfavorable.

Finalmente, el sistema D4 es oblicuo al talud, presenta persistencia moderada y espaciamientos comprendidos aproximadamente entre 30 y 50 cm. Las discontinuidades poseen aperturas inferiores a 1

mm, superficies rugosas, sin relleno ni alteración y se encuentran secas. Su orientación resulta moderadamente desfavorable y puede contribuir al desarrollo de mecanismos de deslizamiento y formación de cuñas.

La interacción de estos sistemas determina condiciones potenciales para la individualización de bloques y el desarrollo de mecanismos de deslizamiento, cuña y vuelco.

La clasificación realizada sobre el sector basáltico asigna al macizo una **calidad MEDIA – Clase III según RMR**.

La problemática dominante del tramo no se encuentra representada únicamente por la calidad geomecánica obtenida en la ventana. La heterogeneidad litológica de las brechas, la degradación y erosión diferencial de su matriz, el desarrollo de materiales de alteración en los sectores superiores y la presencia local de bloques dislocados determinan un comportamiento más complejo que el correspondiente al sector basáltico caracterizado mediante RMR.



Tramo 4 – PK 38+290 a PK 38+319

El Tramo 4 posee una longitud aproximada de 54 m y se localiza prácticamente sobre la bisectriz de una curva, donde la geometría del trazado limita significativamente la visibilidad longitudinal, que resulta inferior a 30 m. Esta condición reduce la capacidad de anticipación y reacción de los usuarios frente a la eventual presencia de materiales sobre la calzada (Figura 14).

El talud presenta alturas del orden de 4 a 5 m y está constituido por basaltos de tonalidades grises a gris oscuro, con grado de fracturación moderado y presencia localizada de bloques dislocados.

En el sector central se reconoció un derrumbe que alcanzó gran parte de la banquina y dejó una cicatriz visible en la sección superior del talud. El desarrollo de vegetación sobre el sector afectado indica que no corresponde a un evento reciente; no obstante, constituye evidencia directa de la ocurrencia previa de procesos gravitacionales en el tramo. Asimismo, se identificó un canal de escorrentía superficial asociado a la acumulación de material al pie del talud (Figura 14).

La incorporación de la tercera trocha reducirá significativamente el espacio actualmente disponible entre la calzada y el pie del talud y, consecuentemente, la capacidad de recepción de eventuales desprendimientos. Si bien las condiciones generales del macizo pueden considerarse moderadas a buenas, la combinación de evidencias de inestabilidad previa, escasa distancia futura respecto del talud y reducida visibilidad determina una condición desfavorable desde el punto de vista de la seguridad vial y justifica la consideración de medidas de intervención.

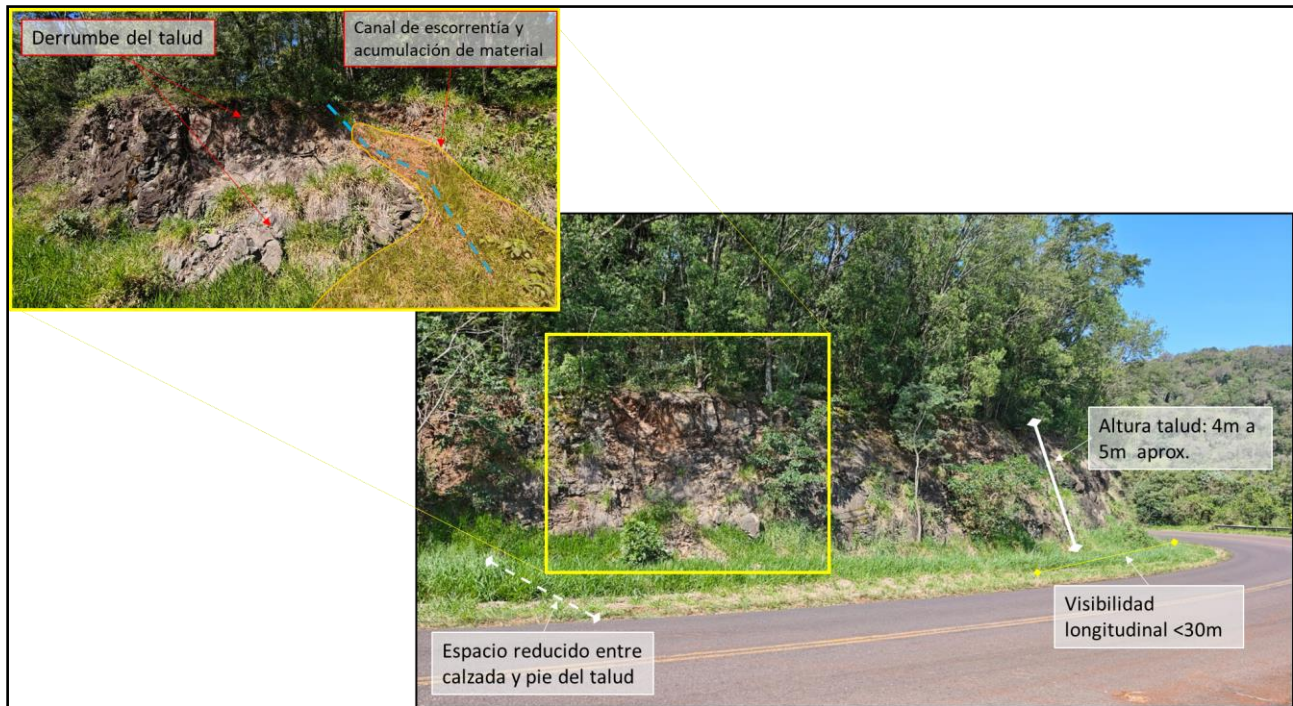


Figura 14: Vista general del Tramo 4 y sector afectado por un derrumbe previo, con escorrentía superficial y visibilidad reducida.

Tramo 5 – PK 38+188 a PK 38+236

El Tramo 5 presenta variaciones internas significativas, por lo que durante el relevamiento fue subdividido en dos segmentos con características geológico-geotécnicas diferenciadas.

El primer segmento, entre las PK 38+236 y 38+290, está constituido por basaltos de tonalidades grises a gris oscuro. En los sectores medio e inferior el macizo presenta un grado de fracturación bajo a moderado y condiciones relativamente competentes, mientras que hacia la parte superior aumenta la fracturación y se desarrolla un nivel de regolito y saprolito de espesor significativo, integrado por suelo y bloques de roca. Localmente se reconocen bloques dislocados sobre el frente y en los sectores superiores del talud (Figura 15). Este segmento se desarrolla asociado a una curva, con visibilidad longitudinal reducida y escaso espacio entre la calzada y el pie del talud. Estas condiciones incrementan la exposición vial frente a eventuales desprendimientos provenientes del frente y, particularmente, de los materiales presentes en su sector superior (Figura 16).

El segundo segmento, entre los PK 38+188 a 38+236, presenta un talud de mayor altura, del orden de 8 m, constituido por basaltos oscuros con menor grado de fracturación y discontinuidades de mayor persistencia. A diferencia del primer segmento, presenta buenas condiciones de visibilidad en gran parte de su desarrollo. Sin embargo, se observó humedad y presencia de agua sobre juntas y planos de discontinuidad. La combinación de estas condiciones con la disposición estructural de las discontinuidades constituye el principal condicionante geotécnico de este sector y determinó la realización de una ventana geotécnica específica.



Figura 15: Primer segmento del Tramo 5, con desarrollo de saprolito y regolito y bloques dislocados.



Figura 16: Sector en curva del Tramo 5, con bloques dislocados y espacio reducido entre la calzada y el pie del talud.

Caracterización geomecánica – Ventana 3

La Ventana 4 se localizó aproximadamente en la PK 38+205, sobre un talud de entre 6 y 8 m de altura, constituido por basaltos de tonalidades gris oscuro a negro. El macizo presenta un aspecto relativamente masivo y competente respecto de otros sectores relevados, con menor grado de fracturación y discontinuidades de mayor persistencia. La presencia de humedad y surgencias de agua sobre el frente constituye un condicionante particular de este sector.

Se identificaron cuatro sistemas principales de discontinuidades. El sistema D1 presenta discontinuidades de elevada persistencia, superiores a 7 m, espaciamiento medio del orden de 50 cm, aperturas inferiores a 1 mm y superficies ligeramente rugosas, sin relleno ni alteración. Se observó goteo frecuente de agua sobre caras y fisuras. Por su geometría presenta potencial para generar mecanismos de deslizamiento, mientras que la presencia de agua constituye un condicionante adicional desfavorable.

El sistema D2 presenta orientación aproximadamente perpendicular al talud, persistencia moderada y espaciamientos comprendidos entre aproximadamente 30 y 60 cm. Las discontinuidades se encuentran cerradas, presentan superficies ligeramente rugosas, relleno duro inferior a 1 mm, ligera alteración y presencia de humedad. Por su orientación, este sistema resulta favorable respecto de la estabilidad del frente.

El sistema D3 buza hacia la calzada con un ángulo bajo, del orden de 10°, por lo que no se considera que comprometa por sí mismo la estabilidad general del talud. Presenta baja persistencia, inferior a 1 m, espaciamientos de aproximadamente 30 a 50 cm, aperturas inferiores a 1 mm y superficies rugosas, sin relleno ni alteración, con presencia de humedad.

Finalmente, el sistema D4 presenta baja persistencia, inferior a 3 m, espaciamiento medio del orden de 40 cm, superficies cerradas y rugosas, relleno blando, sin alteración y presencia de humedad. Su disposición subparalela al talud determina una condición moderadamente desfavorable y puede contribuir a la generación de bloques susceptibles a mecanismos de deslizamiento o vuelco.

La interacción entre los distintos sistemas de discontinuidades define condiciones potencialmente favorables para el desarrollo de mecanismos estructuralmente controlados. En particular, la disposición de D1 y D4 respecto del frente determina condiciones desfavorables, mientras que la presencia de agua sobre juntas y planos constituye un condicionante adicional para el comportamiento del macizo.

La clasificación realizada asigna al macizo rocoso una calidad **MEDIA – Clase III según RMR**.

Si bien el macizo presenta un aspecto relativamente competente y un menor grado de fracturación respecto de otros sectores relevados, la elevada persistencia de algunas discontinuidades, su disposición respecto del

frente y la presencia de agua determinan condiciones que deben ser consideradas en la definición de las medidas de intervención (Figura 17).



Tramo 6 – PK 38+075 a PK 38+097

El Tramo 6 posee una longitud aproximada de 22 m y presenta condiciones estructurales particularmente desfavorables. El talud alcanza alturas del orden de 7 a 8 m y se encuentra afectado por discontinuidades abiertas y de elevada persistencia que buzan hacia la calzada. Algunos de estos planos presentan geometrías curvas y su interacción favorece la individualización de bloques y la formación potencial de cuñas (Figura 18).

En los sectores medio y superior del frente se reconocieron bloques dislocados y extra-plomados, junto con superficies correspondientes a cicatrices de desprendimientos previos. Estas evidencias muestran la ocurrencia de procesos de caída de bloques y permiten identificar sectores actualmente susceptibles a nuevos desprendimientos (Figura 19).

En el coronamiento se desarrolla además un nivel de regolito constituido por suelo y bloques subredondeados a redondeados, que representa una fuente adicional de material potencialmente movilizable.

La combinación de discontinuidades abiertas y persistentes con orientación desfavorable respecto del frente, bloques parcialmente individualizados y extra-plomados, y evidencias de desprendimientos previos determina una condición geotécnica particularmente desfavorable dentro del corredor.

En consecuencia, el Tramo 6 deberá recibir especial consideración en la definición de las medidas de estabilización y protección asociadas a la ampliación vial.

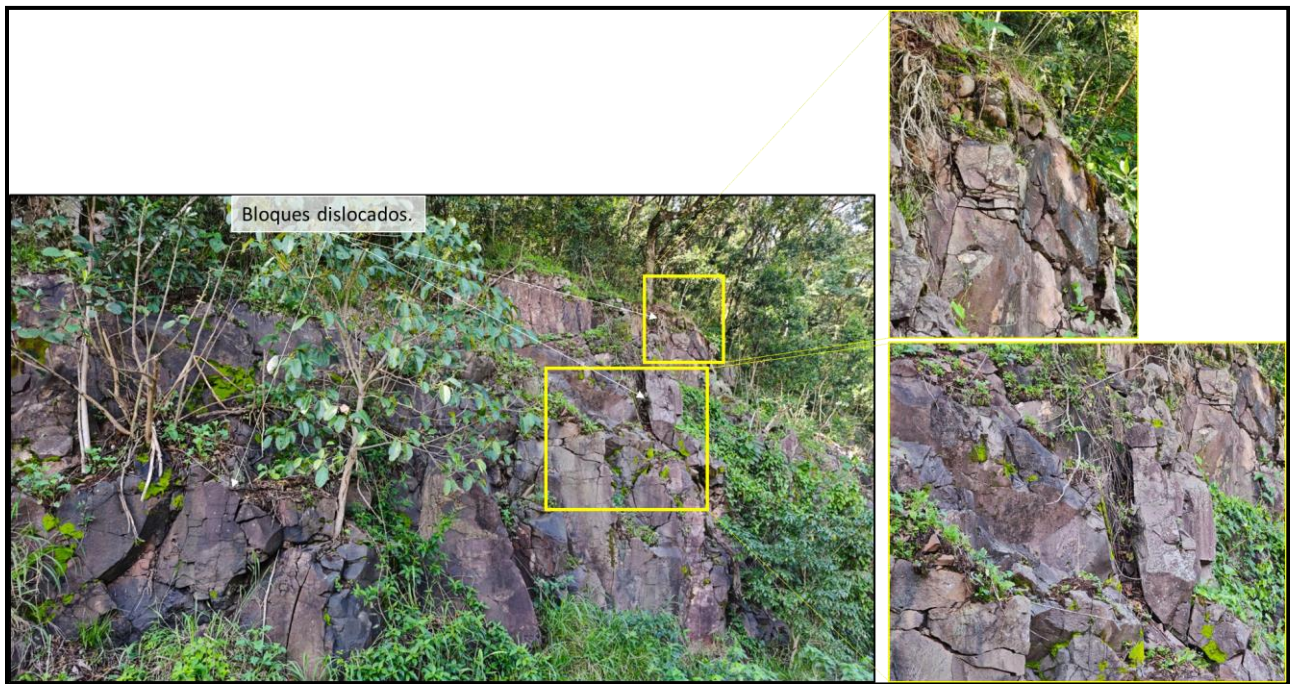


Figura 18: Vista general del Tramo 6 y detalle de bloques individualizados por discontinuidades persistentes.



Figura 19: Bloques dislocados y extra-plomados y cicatrices asociadas a desprendimientos previos en el Tramo 6.

Tramo 7 – PK 37+865 a PK 37+915

El Tramo 7 presenta una longitud aproximada de 50 m y una problemática diferente de la observada en los sectores predominantemente condicionados por desprendimientos de bloques.

Se reconocieron varios canales de escorrentía próximos entre sí, que concentran el flujo superficial y favorecen el transporte de materiales hacia el pie del talud, donde se desarrollan conos de acumulación. Asociados a estos depósitos se observaron además bloques de dimensiones importantes, evidenciando la capacidad de estos canales para movilizar materiales de granulometría variable (Figura 20).

La configuración actual presenta un espacio significativo entre el pie del talud y la calzada. De acuerdo con la geometría prevista para la ampliación, una vez incorporada la tercera trocha se conservaría un espacio suficiente para la implementación de medidas destinadas a interceptar y contener los materiales transportados desde el talud (Figura 21).

En este tramo, la problemática dominante se vincula principalmente con la concentración de escorrentía superficial y el transporte y acumulación de materiales al pie del talud. En función del espacio remanente previsto entre el talud y la futura calzada, durante el relevamiento se consideró factible la ejecución de una barrera estática permeable, destinada a retener los materiales transportados por los canales, permitiendo al mismo tiempo el libre escurrimiento del agua.

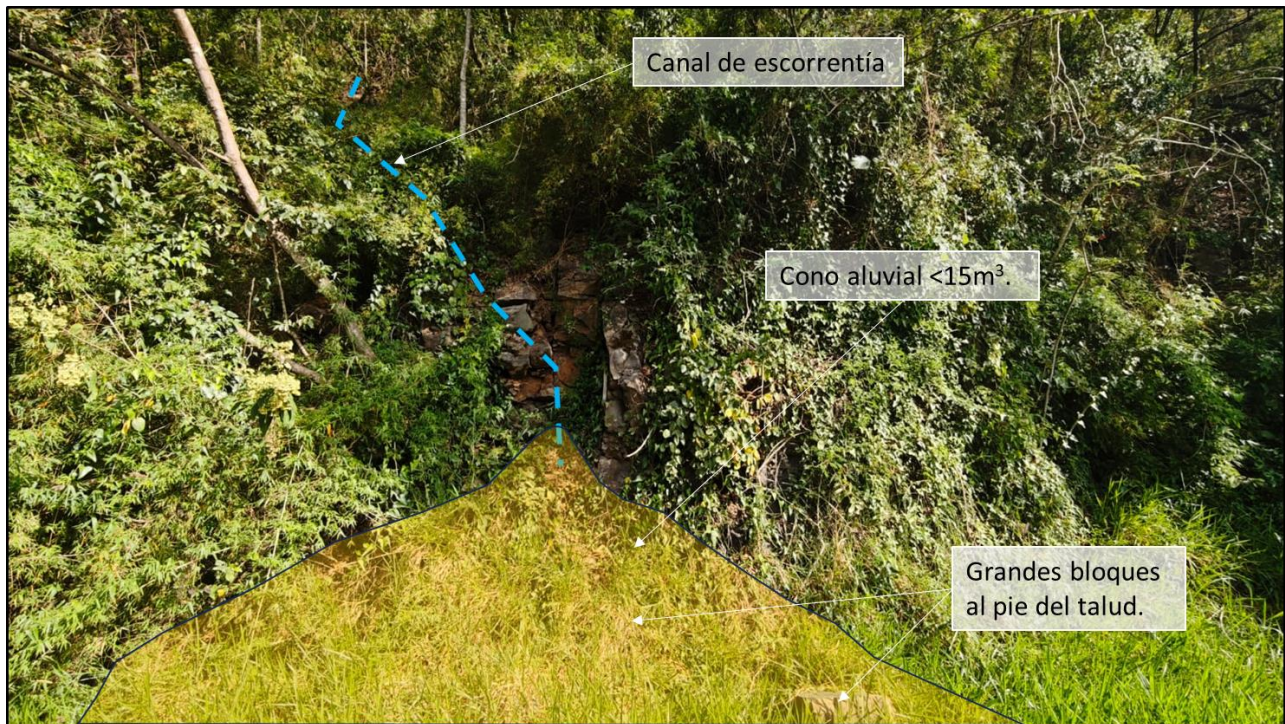


Figura 20: Canal de escorrentía y cono de acumulación al pie del talud, con presencia de bloques de grandes dimensiones.



Figura 21: Vista general del Tramo 7, con espacio disponible entre el pie del talud y la calzada y presencia de bloques acumulados.

Tramo 8 – PK 37+778 a PK 37+840

El Tramo 8 posee una longitud aproximada de 62 m y presenta condiciones de intensa meteorización y alteración, asociadas a fracturación del macizo y circulación superficial de agua.

El talud presenta grados moderados a altos de meteorización, alteración y fracturación. La intensidad de estos procesos dificulta localmente el reconocimiento de la roca original. Por la presencia de bloques incluidos en una matriz de aspecto terroso, durante el relevamiento se planteó la posibilidad de que parte del sector corresponda a materiales de brecha hidrotermal; esta interpretación se mantiene con carácter local debido al elevado grado de alteración observado.

Los bloques presentan formas predominantemente redondeadas a subredondeadas y dimensiones variables. En el sector superior predominan tamaños centimétricos, mientras que hacia los sectores medio e inferior se reconocen elementos de dimensiones decimétricas a métricas. Localmente se observan además bloques dislocados y extraplomados (Figura 22).

La abundante vegetación constituye un condicionante adicional. Se observaron raíces de árboles y arbustos desarrolladas dentro de juntas y sectores alterados, cuya acción mecánica contribuye localmente a la apertura de discontinuidades y a la separación de bloques.

Asimismo, se reconocieron varios canales de escorrentía superficial que concentran el flujo sobre el talud y favorecen la erosión y el transporte de materiales hacia su base. Asociados a estos canales se desarrollan conos de acumulación de volumen significativo al pie del talud (Figura 23).

La problemática del tramo responde, por lo tanto, a la interacción entre meteorización avanzada, fracturación, circulación superficial de agua, erosión y acción de la vegetación. Estos procesos favorecen tanto la movilización de materiales hacia el pie del talud como la individualización y potencial desprendimiento de bloques.



Figura 22: Materiales intensamente alterados, con bloques dislocados y desarrollo de raíces en discontinuidades del Tramo 8.

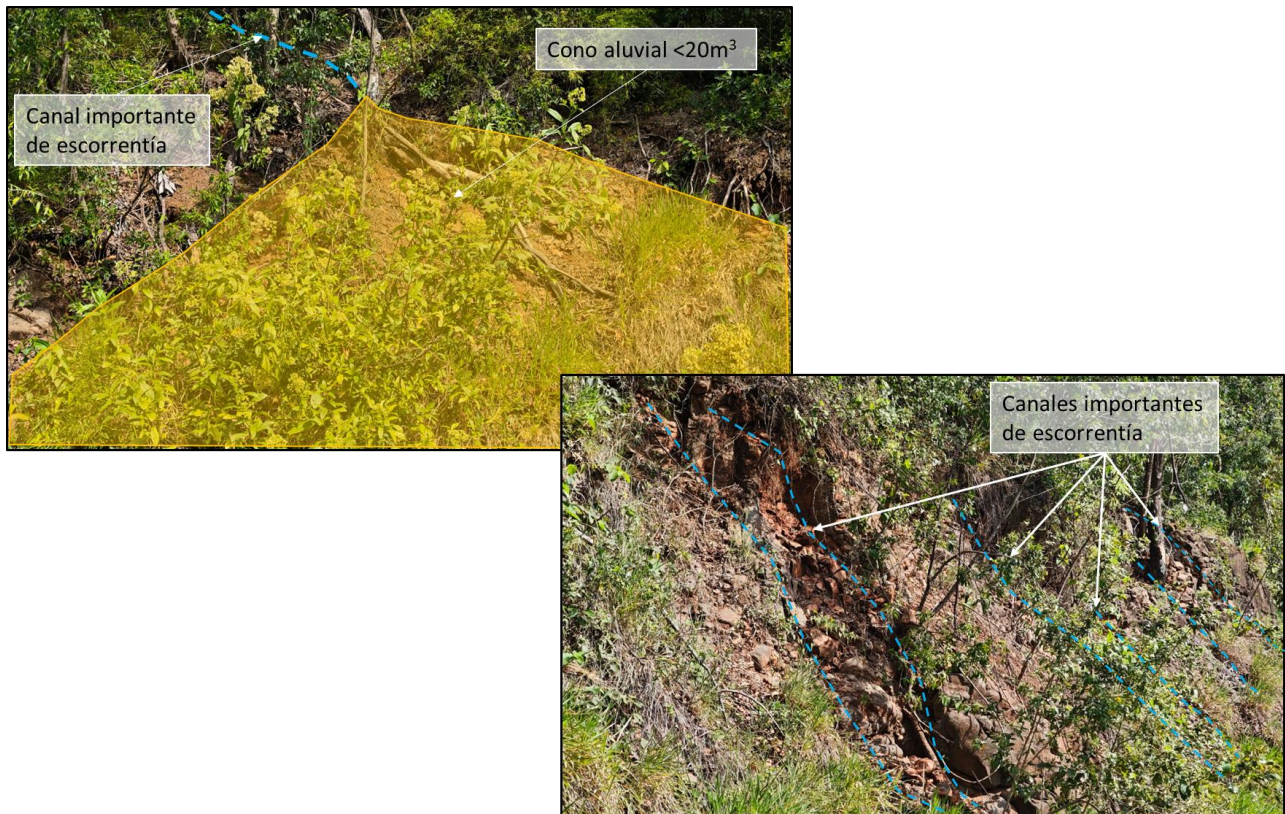


Figura 23: Canales de escorrentía superficial y cono de acumulación desarrollado al pie del Tramo 8.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA

El relevamiento de campo permitió confirmar que la problemática geotécnica del sector Cerro 60 no responde a un único mecanismo de inestabilidad, sino a la interacción de diferentes condicionantes cuya importancia relativa varía a lo largo del corredor.

Las hipótesis planteadas durante la evaluación preliminar respecto de la ocurrencia de caída de bloques, mecanismos estructuralmente controlados y movilización de materiales meteorizados fueron verificadas en terreno. La campaña permitió, además, precisar su distribución espacial e identificar condicionantes particulares vinculados con la heterogeneidad litológica, la circulación de agua, el desarrollo de materiales de alteración y la acción local de la vegetación.

Procesos de inestabilidad y condicionantes geológico-geotécnicos

La caída y desprendimiento de bloques constituye uno de los procesos más extendidos a lo largo del sector estudiado. Se reconocieron bloques dislocados y extraplomados sobre los frentes, elementos parcialmente individualizados por discontinuidades, bloques acumulados al pie y cicatrices correspondientes a desprendimientos previos. Estas evidencias, particularmente claras en los Tramos 2 y 6, confirman la ocurrencia efectiva de estos procesos y permiten reconocer sectores fuente susceptibles a nuevos desprendimientos.

El comportamiento de los bloques se encuentra estrechamente relacionado con la configuración estructural del macizo. Las cuatro ventanas geotécnicas muestran que incluso sectores clasificados como macizos de calidad MEDIA – Clase III según RMR pueden presentar sistemas de discontinuidades con orientaciones desfavorables respecto del frente. Se reconocieron planos subparalelos a los taludes, discontinuidades persistentes con buzamiento hacia la calzada y combinaciones geométricas capaces de individualizar bloques y favorecer mecanismos de deslizamiento, cuña o vuelco. En consecuencia, la clasificación geomecánica global no constituye por sí sola un indicador suficiente de estabilidad y debe ser interpretada conjuntamente con la disposición espacial de las discontinuidades y la geometría particular de cada talud.

La meteorización y alteración constituyen asimismo condicionantes relevantes y presentan una intensidad variable a lo largo del corredor. En los sectores basálticos, estos procesos favorecen la degradación progresiva del macizo, el desarrollo de regolito y saprolito y la pérdida de competencia de los sectores superficiales. En los sectores interpretados como brechas hidrotermales, particularmente en el Tramo 3 y posiblemente de manera local en el Tramo 8, la heterogeneidad de la matriz y su erosión diferencial favorecen la pérdida progresiva de soporte de los clastos y su liberación como bloques.

Los materiales de alteración desarrollados en los sectores superiores y coronamientos constituyen además una fuente potencial de material movilizable. En algunos tramos se reconoció abundante vegetación y desarrollo de raíces dentro de juntas y materiales alterados. La acción mecánica de estas raíces puede contribuir localmente a la apertura de discontinuidades, desagregación del material y separación de bloques.

El agua interviene mediante dos mecanismos diferenciados. Por una parte, se reconocieron humedad, surgencias y goteo sobre juntas y planos del macizo, particularmente en el Tramo 5, donde su interacción con discontinuidades persistentes constituye un condicionante geotécnico relevante. Por otra, en los Tramos 4, 7 y 8 se identificaron canales de escorrentía superficial capaces de erosionar y transportar materiales hacia el pie de los taludes. En los sectores donde esta dinámica se encuentra más desarrollada se generan conos de acumulación integrados por materiales de granulometría variable, incluyendo localmente bloques de dimensiones importantes.

En conjunto, las condiciones relevadas muestran que los mecanismos de inestabilidad responden a distintas combinaciones de control estructural, meteorización y alteración, presencia de agua, erosión superficial y acción de la vegetación, cuya importancia relativa varía entre los distintos tramos.

Condicionantes asociados a la ampliación vial

La incorporación de una tercera trocha modificará las condiciones actuales de exposición frente a los procesos identificados. En determinados sectores se reducirá significativamente el espacio existente entre la futura calzada y el pie de los taludes, disminuyendo la capacidad de recepción de materiales desprendidos y aumentando la posibilidad de que estos alcancen directamente la zona de circulación.

Esta situación adquiere especial importancia en los sectores emplazados sobre curvas, donde la visibilidad longitudinal es reducida. En estos casos, aun frente a procesos de magnitud similar, la menor capacidad de anticipación y reacción de los usuarios determina una condición de exposición vial más desfavorable.

En otros sectores, como el Tramo 7, la configuración prevista conservaría un espacio suficiente entre el talud y la futura calzada para considerar la implementación de estructuras destinadas a interceptar y retener los materiales transportados desde el talud.

Por este motivo, la evaluación y priorización de las intervenciones no debe basarse exclusivamente en la calidad geomecánica del macizo, sino en la integración entre mecanismo de inestabilidad, evidencias de actividad, características y volumen potencial del material movilizable y exposición resultante de la configuración vial proyectada.

SECTORIZACIÓN GEOTÉCNICA Y PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIONES

A partir de la integración de las observaciones de campo, la caracterización del macizo, las evidencias de procesos existentes y las condiciones previstas para la ampliación, se estableció una sectorización geotécnica del corredor.

Esta sectorización no representa únicamente una clasificación de la calidad del macizo rocoso, sino una síntesis de los principales condicionantes que controlan el comportamiento de cada tramo y de las condiciones de exposición asociadas a la futura configuración vial.

Las características principales de cada tramo se sintetizan en la Tabla 1 y constituyen la base para establecer medidas de intervención diferenciadas, evitando la aplicación uniforme de una única solución a lo largo de todo el corredor.

Tramo	Progresiva	Condicionante principal	Evidencias / particularidades
1	PK 39+152 – 39+342	Bloques localmente dislocados y control estructural	Talud bajo; fracturación baja a moderada; RMR Clase III; espacio remanente respecto de la calzada
2	PK 39+034 – 39+146	Caída de bloques y control estructural	Bloques dislocados y extra-plomados; cicatrices y bloques al pie; RMR Clase III; visibilidad reducida
3	PK 38+637 – 38+830	Degradación de brechas y liberación de bloques	Erosión diferencial de matriz; bloques >50 cm; regolito/saprolito; sectores basálticos RMR Clase III
4	PK 38+319 – 38+373	Desprendimientos y exposición vial	Derrumbe previo; cicatriz; escorrentía superficial; curva y visibilidad <30 m
5	PK 38+188 – 38+236	Fracturación, materiales de alteración y presencia de agua	Dos segmentos diferenciados; bloques dislocados; regolito/saprolito; discontinuidades persistentes; humedad y goteo; RMR Clase III
6	PK 38+075 – 38+097	Control estructural y desprendimiento de bloques	Discontinuidades abiertas y persistentes; bloques dislocados/extra-plomados; cicatrices de desprendimientos previos
7	PK 37+865 – 37+915	Escorrentía y transporte de materiales	Canales próximos; conos de acumulación; bloques al pie; espacio disponible para retención
8	PK 37+778 – 37+840	Meteorización, escorrentía y desprendimientos	Alteración moderada a fuerte; canales y conos; bloques dislocados; raíces en discontinuidades

Tabla 1: Sectorización geotécnica del corredor y principales condicionantes identificados.

MEDIDAS DE INTERVENCIÓN PROPUESTAS

A partir de la sectorización geotécnica definida y de los mecanismos de inestabilidad identificados durante el relevamiento, se establecieron medidas de intervención específicas para cada tramo. La selección de las soluciones considera las características del macizo, la geometría y persistencia de las discontinuidades, la presencia de bloques potencialmente inestables, los procesos de meteorización y erosión, la circulación superficial de agua y las condiciones de exposición asociadas a la futura ampliación de la calzada.

Dada la variabilidad observada a lo largo del corredor, no se considera técnicamente conveniente adoptar una única tipología de protección. Las soluciones propuestas comprenden saneo selectivo, mallas de triple

torsión dispuestas en forma colgada, sistemas reforzados mediante pernos y cables y estructuras destinadas a la intercepción y retención de materiales transportados por escorrentía.

En todos los casos, previo a la instalación de los sistemas de protección deberá realizarse la limpieza y el saneo de los sectores a intervenir, retirando aquellos bloques y materiales cuya condición permita su remoción de manera controlada. El saneo deberá ejecutarse de forma selectiva, evitando generar una descompresión innecesaria del macizo o desestabilizar bloques actualmente confinados.

Protecciones propuestas por tramo

- En el Tramo 1 se establece como medida de intervención el saneo selectivo de los bloques dislocados e inestables identificados durante el relevamiento. Las tareas deberán comprender el retiro y descenso controlado de dichos bloques, incluyendo aquellos elementos que, por su condición de estabilidad, fracturación o posición, se encuentren comprendidos dentro del frente definido para el saneo. La intervención deberá ejecutarse sobre la totalidad de los elementos identificados en el relevamiento, considerándose el saneo como la medida de estabilización prevista para este tramo. Finalizadas las tareas, se realizará una inspección de control exclusivamente a efectos de verificar la correcta ejecución y terminación de los trabajos previstos.
- En el Tramo 2, la presencia de bloques dislocados y extraplomados, evidencias de desprendimientos previos y condiciones estructurales desfavorables, conjuntamente con la exposición asociada a la reducida visibilidad del sector, justifican la implementación de una malla de triple torsión reforzada mediante pernos y cables. Se propone una disposición de pernos con grilla aproximada de 4 × 4 m, complementada mediante cables de refuerzo, destinada a mejorar el confinamiento de los bloques y controlar su potencial movilización hacia la calzada.
- Para el Tramo 3 se plantea una solución diferenciada, en correspondencia con la variabilidad geológico-geotécnica observada. En aproximadamente 113 m se propone la colocación de malla de triple torsión colgada, destinada principalmente a controlar y conducir hacia el pie del talud los materiales y bloques de menor tamaño que puedan liberarse del frente. En los restantes 80 m, donde las condiciones requieren un mayor grado de estabilización, se propone malla de triple torsión reforzada mediante pernos y cables. Esta diferenciación resulta particularmente adecuada considerando la heterogeneidad del tramo y la presencia de sectores afectados por degradación de las brechas y liberación progresiva de clastos.
- En el Tramo 4, se propone la instalación de malla de triple torsión colgada. La solución tiene por objeto controlar los materiales que eventualmente se desprendan del frente y conducirlos hacia su

base, evitando su llegada directa a la zona de circulación. La medida adquiere especial relevancia considerando la evidencia de un derrumbe previo, la proximidad de la futura calzada al talud y las condiciones de visibilidad reducida asociadas a la curva.

- El Tramo 5 requiere nuevamente una solución diferenciada entre los sectores identificados durante el relevamiento. En el sector caracterizado por materiales de alteración, bloques dislocados y mayor fracturación hacia la parte superior se propone la utilización de malla de triple torsión colgada. En el sector donde predominan discontinuidades de mayor persistencia y presencia de agua sobre juntas y planos se propone un sistema de malla de triple torsión reforzada mediante pernos y cables. En este último caso, la ejecución de las protecciones deberá contemplar especialmente las condiciones de drenaje del macizo, evitando que el sistema instalado obstruya las surgencias existentes o favorezca la concentración de agua detrás de la malla.
- En el Tramo 6, debido a la presencia de discontinuidades abiertas y persistentes, bloques dislocados y extraplomados y evidencias de desprendimientos previos, se considera necesario realizar en primera instancia un saneo selectivo del frente. La remoción de los elementos claramente inestables permitirá exponer las condiciones reales del macizo y definir posteriormente la configuración definitiva del sistema de protección. En función de lo observado y de los datos obtenidos, se propone la instalación de malla de triple torsión colgada. Esta solución tiene como objeto controlar los materiales que eventualmente se desprendan del frente y conducirlos hacia su base, evitando su llegada directa a la zona de circulación.
- En el Tramo 7, donde el mecanismo dominante corresponde al transporte y acumulación de materiales asociados a canales de escorrentía, la intervención se orientará a la intercepción y retención de los materiales movilizados. Para ello se propone la instalación de una barrera estática permeable, dispuesta de manera de interceptar los canales identificados. El sistema permitirá el paso del agua y la descarga de la escorrentía superficial, reteniendo los materiales sólidos transportados y evitando su acumulación en proximidad de la futura calzada. La ubicación y geometría de la barrera deberán adecuarse a la configuración de los canales y conos de acumulación relevados.
- Finalmente, en el Tramo 8 se propone la colocación de malla de triple torsión colgada, acompañada por tareas de saneo selectivo y manejo de la vegetación. La intervención deberá contemplar la remoción controlada de bloques potencialmente inestables y el desmalezado o poda selectiva de la vegetación que dificulte la instalación de la protección o cuyas raíces contribuyan a la apertura de discontinuidades. Asimismo, deberá preservarse el funcionamiento de los canales de escorrentía identificados, evitando que la instalación de la malla genere obstrucciones o concentraciones no previstas del flujo superficial.

Las medidas propuestas para cada sector se sintetizan en la Tabla 2.

Tramo	Medida de intervención propuesta	Criterio principal
1	Saneo selectivo	Retiro y descenso controlado de los bloques dislocados e inestables identificados en el frente. El saneo constituye la medida de estabilización prevista para el tramo.
2	Malla de triple torsión + pernos + cables	Estabilización y confinamiento de bloques potencialmente inestables
3	Malla colgada / malla + pernos + cables	Solución diferenciada según condiciones geotécnicas del tramo
4	Malla de triple torsión colgada	Control y conducción de desprendimientos hacia el pie
5	Malla colgada / malla + pernos + cables	Solución diferenciada según alteración, fracturación, estructura y presencia de agua
6	Saneo selectivo + malla de triple torsión	Control y conducción de desprendimientos hacia el pie
7	Barrera estática permeable	Intercepción y retención de materiales transportados por escorrentía, permitiendo el paso del agua
8	Malla colgada + saneo y manejo de vegetación	Control de materiales alterados y bloques potencialmente inestables

Tabla 2: Síntesis de las medidas de intervención propuestas para los sectores geotécnicos identificados.

Consideraciones para la implementación de las medidas

Las medidas propuestas han sido definidas en función de las condiciones geológico-geotécnicas identificadas en cada tramo y de los mecanismos de inestabilidad observados durante el relevamiento. Para cada sistema se establecerán las cantidades y dimensiones correspondientes, incluyendo las superficies de malla, elementos de anclaje, cables de refuerzo y demás componentes necesarios para su implementación. Las características técnicas de los sistemas propuestos se presentan en las especificaciones incorporadas al presente informe.

Previamente a la instalación de las protecciones deberá realizarse el saneo selectivo de los frentes, mediante la remoción controlada de bloques y materiales que presenten condiciones evidentes de inestabilidad. Esta tarea deberá ejecutarse bajo supervisión geológico-geotécnica, dado que las condiciones resultantes del frente podrán requerir ajustes localizados de las soluciones previstas.

En los sectores donde se implementen mallas de triple torsión colgadas, el sistema deberá permitir la conducción controlada de los materiales desprendidos hacia el pie del talud, donde deberá preverse su acumulación y posterior retiro mediante tareas periódicas de mantenimiento.

En los sectores donde se contemplen mallas reforzadas mediante pernos y cables, la instalación deberá respetar la configuración establecida para cada tramo, pudiendo realizarse ajustes puntuales durante la ejecución en función de la geometría de las discontinuidades y bloques efectivamente expuestos luego del saneo.

En aquellos sectores con presencia de humedad, surgencias o canales de escorrentía, la disposición de las protecciones deberá preservar el drenaje del macizo y la conducción superficial del agua, evitando obstrucciones o concentraciones de flujo que puedan favorecer procesos erosivos o afectar el comportamiento de los sistemas instalados.

Para la barrera estática permeable prevista en el Tramo 7, deberá garantizarse una adecuada capacidad de retención de los materiales sólidos movilizados, manteniendo simultáneamente la capacidad de descarga del agua proveniente de los canales de escorrentía. Su disposición deberá permitir además el acceso para la inspección y retiro periódico de los materiales acumulados.

Finalmente, las protecciones instaladas deberán incorporarse a un programa periódico de inspección y mantenimiento, contemplando especialmente la limpieza de materiales acumulados, control del estado de las mallas y elementos de fijación, revisión de los sectores saneados y mantenimiento de los sistemas de drenaje y retención.

Conclusiones y Recomendaciones

El relevamiento geológico-geotécnico permitió caracterizar las condiciones de los taludes involucrados en la ampliación de la Ruta Provincial N° 17 en el sector Cerro 60, identificándose una marcada variabilidad a lo largo del corredor que determinó su sectorización en ocho tramos con problemáticas y condiciones de exposición diferenciadas.

Los procesos identificados presentan evidencias de actividad previa y responden a la interacción de distintos condicionantes geológicos, estructurales, hidrológicos y geomorfológicos. La incorporación de la tercera trocha modificará además las condiciones actuales de exposición, particularmente en aquellos sectores donde se reduzca el espacio disponible entre la calzada y los taludes o existan condiciones de visibilidad limitada.

En función de estas características, no resulta técnicamente apropiado adoptar una solución uniforme para la totalidad del corredor. Se definieron medidas de intervención específicas para cada tramo, orientadas al control de los mecanismos y materiales identificados y adecuadas a las condiciones previstas para la

ampliación. El cómputo de las protecciones y las especificaciones técnicas correspondientes se presentan en los Anexos I y II, respectivamente.

Se recomienda que las tareas de saneo y la instalación de los sistemas de protección se desarrollen bajo supervisión geológico-geotécnica, permitiendo realizar los ajustes puntuales que pudieran resultar necesarios a partir de las condiciones expuestas durante la ejecución. Asimismo, las protecciones deberán incorporarse a un programa periódico de inspección y mantenimiento.



Lic. Gerardo E. Pérez Ferreira
Geólogo Senior – Estructuralista
Especialista en Estabilidad de taludes y túneles

ANEXO I – Cómputo de los sistemas de protección propuesto

RUTA PROVINCIAL Nº17 - TRAMO: CERRO 60 - MISIONES																				
SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE LADERAS - MALLA DE ALAMBRE DE ACERO REFORZADA																				
Tramo	Desde	Hasta	Tipo de Mitigación	Longitud tramo a tratar	Altura	Area a tratar m2:	Costo Parcial	Malla m2	Anclajes							Cables de acero				Observaciones
									Anclajes Intermedios			Anclajes perimetrales		ML Perforación	Placas y tuercas	Long cables perimetrales	Long. cables diagonales	Sujeta cables		
									Grilla	Cantidad	Longitud	Cantidad	Longitud							
1	39152	39342	Saneo	190	4	950		-	-	-	-	-	-			-	-			A definir una vez realizado el saneo. Buena visibilidad
2	39034	39146	Malla TT reforzada	112	8	896	80640	1008	4x4	34	1,5	61	1	189	95	250	713	72		Talud inestable, bloques y desarrollo de regolito y saprolito. Baja visibilidad.
3	38637	38750	Malla TT colgada	113	4	452	23730	565	4x4	0	0	8	1,5	59	8	244	0	18		Este tramo se divide en dos, en los primos 113m instalación de malla de triple torsión colgada. El segundo tramo de 80m malla con pernos (1m a 1,5m). Talud bajo y distancia de visión buena. Buen espacio del talud a la calzada. Bloques al pie del talud.
	38750	38830	Malla TT reforzada	80	5	400	38400	480	4x4	51		10	1	79	53	180	339	39		
4	38319	38373	Malla TT colgada	54	5	270	13608	324	4x4	0	0	8	1,5	45	8	128	0	10		Talud moderado 4m a 5m , canales visibles y definidos, desarrollo de conos de 8 a 12 m cubicos aprox. Bloques de moderado tamaño sobre la banquina. La proximidad que hay entre la calzada y la distancia de visibilidad es corta hace que este sector sea moderado a alto.
5	32236	38290	Malla TT Colgada	54	4,5	243	11340	270	4x4	0	0	8	1,5	45	8	126	0	9		Mala visión, talud de 4 a 5 metros, bloques al pie del talud, condiciones geotecnicas moderadas pero dada la cercania la talud y la corta visibilidad se aconseja a instalar malla de triple porción colgada
	38188	38236	Malla TT reforzada	48	4,5	216	19200	240	4x4	3	1,5	27	1,5	44	30	114	170	21		Tramo con buena visión, longitud 50m, presenta talud de 4 a 5 metros de altura. Poco espacio, una vez materializada la tercera troche queda pegado al talud. Intalación de malla de triple torción con pernos (de 1m a 1,5m) y red de calibre. Presenta un importante desarrollo de regolito y saprolito, bloques dislocados en el coronamiento del talud.
6	38875	38097	Malla TT Colgada	22	8	176	8316	198	4x4	0	0	16	1,5	24	16	70	0	5		Tramo de 20m de longitud, de 7m a 8m de altura. Presenta planos desfavorables que buzan hacia la calzada. Bloques dislocados y extraplomados. Saneo, e instalación de malla de triple torsión colgada.
8	37778	37840	Malla TT colgada	62	4	248	13020	310	4x4	0	0	34	1,5	51	34	142	0	11		60m de longitud, este se caracteriza por la presencia de varios canales que acarrean material depositandolo al pie del talud. Gran desarrollo de soprolito y regolito, lo que facilita la eroción de gran parte del talud sector superior y medio. La presencia de arboles y arbustos esta muy desarrollado, generando inestabilidad por el crecimiento de sus raices dentro de las fracturas. Instalación de malla colgada de triple torsión, desmalezar y saniamiento.
RUTA PROVINCIAL Nº17 - TRAMO: CERRO 60 - MISIONES - PANTALLA FLEXIBLE																				
Tramo	Desde	Hasta	Longitud tramo a tratar (ml)	Energia mínima (Kj)	Altura de poste (m)	Nº de postes	Costo Parcial	Observaciones												
7	37865	37915	50	345	2	6	97500	Tramo con buena visión, longitud 50m, presenta talud de 4 a 5 metros de altura. Poco espacio, una vez materializada la tercera troche queda pegado al talud. Intalación de malla de triple torción con pernos (de 1m a 1,5m) y red de calibre. Presenta un importante desarrollo de regolito y saprolito, bloques dislocados en el coronamiento del talud.												

ANEXO II – Especificaciones técnicas de los sistemas de protección propuestos

SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE TALUDES Y ANTIDESPENDIMIENTOS DE ROCAS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA MALLA DE ALAMBRE DE ACERO DE TRIPLE TORSIÓN COLGADA (MTTC)

INDICE DE CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN	2
2. APLICACIONES MÁS INDICADAS.....	3
3. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO	3
4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	3
4.1 CONDICIONES GENERALES.....	3
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	5
4.3 FASES DE COLOCACIÓN.....	7
4.4 CONDICIONES PARA LOS INSTALADORES	8
5. MODALIDAD DE LA PROVISIÓN	8
6. CONDICIONES PARA LA RECEPCIÓN	9
7. MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO.....	9

Descripción

Es un sistema de protección frente a desprendimientos rocosos que cubre la superficie afectada del talud/ladera por medio de una malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión, anclada en la cabecera del talud y perimetralmente, y colgada sobre éste, de manera que actúa a modo de cortina detrás de la cual se desplazan rocas desprendidas hasta el pie del talud, evitando con ello caigan sobre las instalaciones o vehículos.

Este tipo de protección es recomendable para taludes con poca pendiente y con riesgo de desprendimientos de rocas de tamaño centimétrico.



Figura 1: Ejemplos de Malla Colgada sobre taludes rocosos

Aplicaciones más indicadas

El revestimiento de una pared rocosa por medio de cualquier tipo de red o malla de protección tiene la función de evitar que se produzca la caída de rocas o controlar la trayectoria de caída, de modo que la velocidad no alcance valores elevados, y limitar la acumulación de fragmentos en la parte baja, sin que lleguen a invadir el área a proteger.

Este sistema en general resulta muy adecuado para los siguientes casos:

- si el talud rocoso no tiene pendientes elevadas;
- si el material susceptible de desprenderse es de tamaño entre 5 cm y 20 cm de lado;
- si la calzada presenta banquina, de manera que la posible acumulación de fragmentos en la parte baja no invada el área a proteger.

Consideraciones para el diseño

Un sistema de Malla de Triple Torsión Colgada (MTTC) constituye un sistema de protección donde los desprendimientos son conducidos al pie del talud, acumulándose hasta su eventual descarga.

Por lo expuesto, la utilización del sistema exige considerar:

- a) geología del talud a proteger y sus parámetros característicos (grado de fracturación, etc.);
- b) altura, pendiente y modelo de rotura del talud;
- c) tipo de malla de triple torsión a utilizar (capacidad de carga, peso, diámetro del alambre, protección anti corrosión, etc.);
- d) tipo de anclajes a utilizar en la cabecera del talud y en el perímetro (barras roscadas tipo Gewi o piquetas);

Especificaciones técnicas**Condiciones generales**

Las características mecánicas, geométricas y capacidad nominal de malla es la de los módulos funcionales que la constituyen. Las siguientes figuras muestran un esquema tipo de instalación.

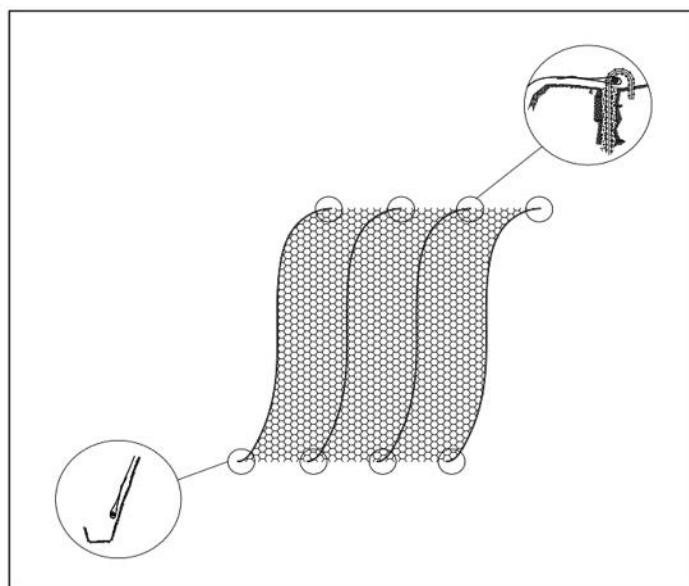


Figura 2: Tendido de Malla Colgada

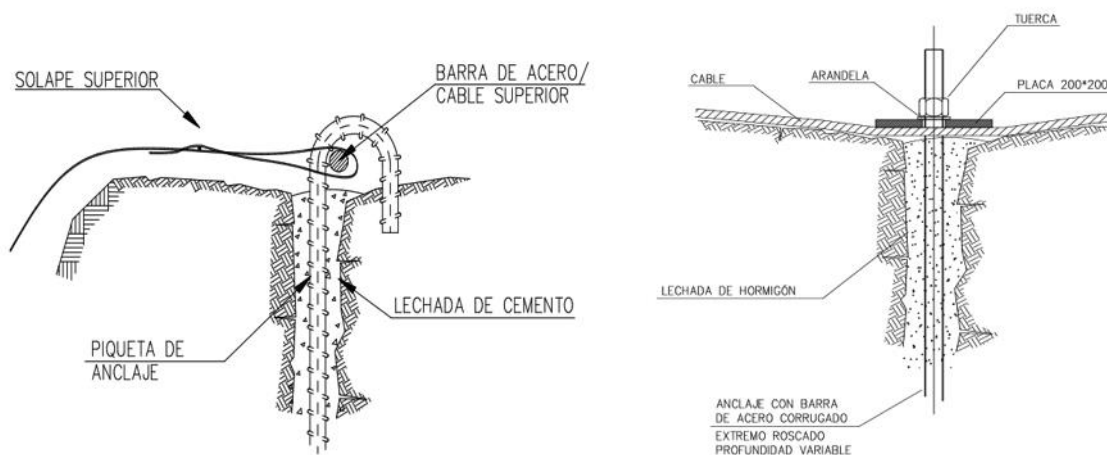


Figura 3: Anclajes superiores con piquetas o bulones roscados

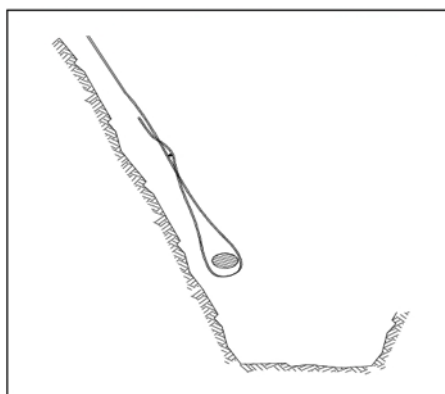


Figura 4: Terminación inferior con contrapeso

El Sistema consta de los siguientes materiales:

- Malla de triple torsión de alambre de acero, con galvanizado en caliente.

- Bulones o piquetas de anclaje superior y perimetral: barras de acero corrugado tipo GEWI o similar o piquetas (dependiendo de la morfología del terreno), cuya función es anclar la malla en la cabecera del talud, y mantenerla adosada lo máximo posible al talud.
- Cables de acero superior e inferior.
- Mortero de inyección.
- Sujetacables, mordazas o perrillos para la fijación de los cables a los anclajes.

Características de los materiales

- **Malla de alambre de acero** con las siguientes características mínimas:

- La malla será de **triple torsión**, constituida por alambres tejidos formando un hexágono alargado en el sentido de una de sus diagonales.
- Las dimensiones de la malla no podrán ser inferiores a 6 cm por 8 cm, ni superiores a 10 cm por 12 cm (tipos 6x8-14, 8x10-15, 8x10-16 ó 8x10-17), donde las dimensiones de luz se miden en centímetros, entre torsiones laterales y seguidamente al final y principio de las torsiones anterior y posterior, teniendo en cuenta la figura en el sentido alargado del hexágono. Se admitirá una tolerancia no superior al 5%.
- El ancho de rollos de la malla será no menor a 3 m y no mayor de 4 m, a los efectos de facilitar la instalación.
- El acero del alambre de la malla será de diámetro entre 2,2 a 3,0 mm (medido como media aritmética de dos direcciones perpendiculares entre sí), del tipo adecuado para la obtención de alambre por trefilado, con contenido máximo de carbono de 0,10% y límites superiores de fósforo y azufre de 0,04 y 0,05% respectivamente.
- El alambre de acero de la malla debe ser galvanizado en caliente mediante inmersión en baño de zinc fundido, obtenido por procedimiento electrolítico que deberá contener como mínimo un 99,95% en peso de zinc.
- El peso del recubrimiento de zinc no será inferior a 225 g/m² de acuerdo con la norma DIN 1548. La comprobación del espesor del recubrimiento se realizará por el método gravimétrico (UNE 37505:1989) o por volumétrico (midiendo el volumen de hidrógeno desprendido en la reacción del zinc con el ácido clorhídrico). En caso de disputa servirán los resultados del ensayo gravimétrico. Para los ensayos realizados sobre alambre después de tejido se admitirá una reducción del 5% del peso del recubrimiento de zinc.

- El recubrimiento no presentará ninguna exfoliación apreciable a simple vista, y permanecerá adherente después de realizar el ensayo de adherencia consistente en enrollar 8 espiras completas de alambres galvanizado sobre un mandril de diámetro 4 veces superior al del alambre. En cualquier punto distante más de 30 mm del extremo final del alambre tejido, el recubrimiento será capaz de soportar 2 inmersiones de un minuto y una de medio minuto en la solución "Standard" de sulfato de cobre descrita en la Norma UNE 7.183:1964, sin alcanzar el "punto final" definido en dicha Norma.
 - En cada rollo o bobina de alambre galvanizado se admitirán solamente soldaduras a tope hechas antes del galvanizado del alambre, no admitiéndose después ningún tipo de soldaduras.
-
- **Piquetas o anclajes superiores** para sujeción y fijación de la malla en coronación serán redondos de acero, de 12 a 20 mm de diámetro y longitud variable entre 80 y 100 cm según la altura y las características del desmonte. La distancia entre el borde del talud y la línea de anclaje, así como a separación entre sí (1,5 a 3,0 m), se determinara en función del tipo de terreno, grado de fracturación, y altura del talud.
 - **Placa de reparto, tuerca hexagonal y arandelas cónicas (en caso de usar bulones roscados como anclajes):** Las placas serán de acero laminado, de dimensiones variables entre 100 x 100 x 3 a 150 x 150 x 6 mm,. con orificio central de diámetro acorde al bulón de anclaje, con la correspondiente tuerca hexagonal y arandela.
 - **Mortero de inyección:** El mortero de inyección para las barras y anclajes al terreno no presentará retracción. Si bien una relación de referencia para el mortero es A/C de 0,5, el tipo de mortero, características, condiciones y modo de utilización a utilizar deberá proponerse de acuerdo a cada tipo de terreno.
 - **Cables de acero:** Será de DN 10/12mm dispuesto sobre el perímetro de la actuación, y diagonalmente entre los anclajes de manera que forme una red romboidal de refuerzo y contención, y reparto de cargas. Serán de alma Textil, con alambre galvanizado y de una resistencia no inferior a 1770 N/mm².
 - **Sujetacables**, mordazas o perrillos para los cables de diámetro 10/12 mm para la fijación de estos anclajes.

Fases de colocación

- **Replanteo y ejecución de perforaciones:** Inicialmente se debe proceder al replanteo, limpieza, saneo y desbroce (desmalezado) de la vegetación existente en coronación y en la superficie a tratar, para proceder posteriormente a las perforaciones del talud objeto de la intervención según la disposición de los anclajes definidas en el dimensionamiento

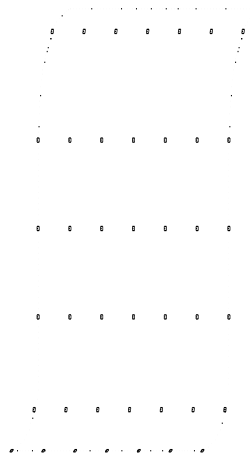


Figura 5: Ejecución de perforaciones

- **Colocación de cables:** Sobre las perforaciones correspondientes a los anclajes se colocarán las barras de acero y se realizara la inyección de los mismos para su fijación al terreno (Fig. 6)..

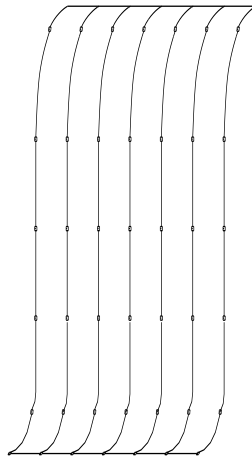


Figura 6: Colocación de cables

- **Tendido de la malla y unión de paños:** Posteriormente se debe proceder a la puesta en obra de los paños de malla, previamente cortados a medida y cosidos o unidos entre sí por los métodos descritos anteriormente.

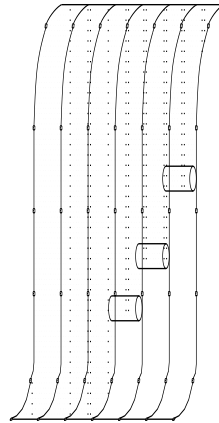


Figura 7: Tendido de la malla y unión de paños

- **Finalización fase de tendido:** El siguiente paso consiste en el doblado y remate de la malla de triple torsión a lo largo del talud, con una separación vertical entre sí no superior a 30 cm, procediendo desde la parte superior hasta la base.
- **Colocación de contrapeso:** En la base de la malla se colocará un contrapeso, que puede ser una barra de acero corrugado $\varnothing 25$ ó $\varnothing 32$ mm., o bien una tubería de chapa galvanizada rellena de hormigón, garantizándose en ambos sistemas un peso mínimo de 2 Kg. por ml, o un cable de acero adosado al talud con piquetas.

Condiciones para los instaladores

Tanto desde el punto de vista de la correcta instalación que asegure el funcionamiento previsto por la malla reforzada como por la seguridad de las personas, la instalación debe ser llevada a cabo por:

- a) un “ingeniero o geólogo responsable” a cargo de la dirección de obra;
- b) personal experimentado con certificación de capacidad para trabajo vertical, y con experiencia certificada de trabajos de colocación de sistemas de protección de taludes en escenarios similares al de la obra a ejecutar.

Modalidad de la provisión

Se requiere una provisión del tipo “llave en mano”, considerando por parte del proveedor:

- a) Visita a la zona del emplazamiento.
- b) Verificación de parámetros de diseño, comprendiendo:
 - Resistencia de la mala de triple torsión a utilizar

- Anclajes a utilizar (tipo, dimensiones y disposición)
- Ubicación propuesta de la malla

c) Provisión de materiales, adjuntando:

- Diseños constructivos con todos los detalles de la red de anillos y anclajes a utilizar.
- Resultados, en términos de capacidad de carga, conseguidos mediante ensayos realizados por organismos o instituciones reconocidas al efecto.
- Certificado de Garantía relativo a la calidad de los materiales empleados para la fabricación de la malla.

d) Instalación

- Certificación de antecedentes y capacidades del equipo de instaladores, según se indica en 4.4.
- Instrucciones de montaje que explican el correcto procedimiento de instalación.
- Certificado de “conformidad de obra ejecutada”, emitido por el ingeniero responsable de la obra.

Condiciones para la Recepción

La Supervisión verificará si las obras han sido ejecutadas de conformidad con todas las piezas del proyecto y las mejores reglas del buen arte.

Medición y Forma de Pago

Se medirá la malla realmente colocada en obra y necesaria para el correcto funcionamiento, incluyendo el material de solapes horizontales y solapes verticales en caso de ser necesario o que la morfología del talud obligue a ejecutarlos.

En particular el supervisor de obra deberá verificar la correcta cobertura de la malla de triple torsión adosada a la superficie rugosa del talud, asegurando una superficie cubierta equivalente a la de los paños de malla previo a su colocación.

Con ello, se medirán los metros cuadrados (m^2) realmente utilizados, abonándose a los precios correspondientes.

En el precio se incluyen todos los materiales (incluso anclajes al talud, cables, sujetacables, placas, tuercas, etc.) y operaciones necesarias para dejar correctamente en servicio el sistema de protección.

El precio será el mismo cualquiera que sean las características y la altura del talud en el cual se coloque, con excepciones de condiciones de difícil accesibilidad, que requieran de uso de helicópteros, grúas de gran envergadura, o porteo del material con medios humanos.

En caso que se especifique lo contrario, el precio deberá incluir la maquinaria necesaria para la ejecución de los trabajos, pero deberá tener un tratamiento especial, y particular en cada actuación, los medios auxiliares necesarios para el izado o carga vertical de mallas, cables y barras de acero (plataformas elevadoras, grúas, helicóptero, procedimientos manuales, etc.), que estarán en función de las alturas de coronación, inclinaciones, disponibilidad de accesos en coronación, etc.

SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE TALUDES Y ANTIDESPONDIMIENTOS DE ROCAS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA MALLA DE ALAMBRE DE ACERO DE TRIPLE TORSIÓN REFORZADA (MAR)

INDICE DE CONTENIDO

1. Descripción de la malla reforzada.....	2
2. Aplicaciones más indicadas	3
3. Consideraciones para el diseño	3
4. Especificaciones técnicas.....	3
4.1 Condiciones generales.....	3
4.2 Características de los materiales	5
4.3 Fases de colocación	7
4.4 Condiciones para los instaladores.....	8
5. Modalidad de la provisión.....	8
6. Condiciones para la Recepción	9
7. Medición y Forma de Pago	9

Descripción de la malla reforzada

Es un sistema de protección frente a desprendimientos rocosos que cubre la superficie afectada del talud/ladera por medio de una malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión, reforzada con anclajes cortos dispuestos en una grilla a definir según cálculo, que además se vinculan diagonal y perimetralmente por los extremos con cables de acero.

La utilización de los cables de acero permite adaptar adecuadamente la red a la morfología de la zona a tratar, y aumentar la resistencia de la malla actuando como sistema, ya que los esfuerzos son transferidos a una “zona de influencia” a través de los bulones y cables de acero.

El tipo de malla y los sistemas que la acompañan (bulones, anclajes, cables de acero, etc.) se definen en función de la magnitud de los posibles desprendimientos, por la naturaleza de la roca, su grado de fracturación, la altura y pendiente de la pared o talud, etc..



Figura 1: Ejemplos de Malla reforzada con anclajes y cables sobre taludes rocosos

Aplicaciones más indicadas

El revestimiento de una pared rocosa por medio de cualquier tipo de red o malla de protección tiene la función de evitar que se produzca la caída de rocas o controlar la trayectoria de caída, de modo que la velocidad no alcance valores elevados, y limitar la acumulación de fragmentos en la parte baja, sin que lleguen a invadir el área a proteger.

Por otro lado, tienen la función de ejercer una ligera acción estabilizadora sobre la pared. Esta función se desarrolla especialmente en las áreas de influencia cercanas a las zonas ancladas por medio de los bulones (del tipo pasivo).

Si bien la aplicación de este sistema exige una verificación de su resistencia ante determinados esfuerzos y modelos de rotura, en general resulta muy adecuado para los siguientes casos:

- si el talud rocoso es muy vertical o tiene pendientes elevadas;
- si el material susceptible de desprenderse es de tamaño decimétricos (máximo 60 cm de lado);
- si la calzada no presenta banquina o su tamaño es muy reducido, de manera que la posible acumulación de fragmentos en la parte baja pueda invadir el área a proteger (lo que sería el caso si se utilizara sólo malla colgada, sin anclajes y cables d acero).

Consideraciones para el diseño

Un sistema de malla reforzada (MAR) constituye un sistema de protección de taludes, donde un esfuerzo ejercido desde el talud ante desprendimiento de roca o suelo, es soportado por un conjunto de componentes (malla, anclajes, cables) vinculados entre sí a través de los cables de acero, repartiendo esfuerzos a una zona de influencia.

Por lo expuesto, el adecuado dimensionamiento del sistema exige considerar:

- e) geología del talud a proteger y sus parámetros característicos (grado de fracturación, etc.);
- f) altura, pendiente y modelo de rotura del talud;
- g) tipo de malla de triple torsión a utilizar (capacidad de carga, peso, diámetro del alambre, protección anti corrosión, etc.);
- h) tipo de anclajes a utilizar (autoperforantes / barras roscadas tipo Gewi o similar);
- i) dimensionamiento de los anclajes (longitud, diámetro, mortero de inyección);
- j) cantidad de anclajes, definida a través de las dimensiones de una cuadrícula sobre el talud; y
- k) diámetro del cable de acero de unión entre anclajes y cable perimetral.

La definición de estos parámetros debe ser verificada en cuanto a los esfuerzos que serán sometidos, exigiéndose como resultado un factor de seguridad mayor a 1,5.

Especificaciones técnicas

Condiciones generales

Las características mecánicas, geométricas y capacidad nominal de malla reforzada es la de los módulos funcionales que la constituyen. La figura 2 muestra un esquema tipo de instalación.

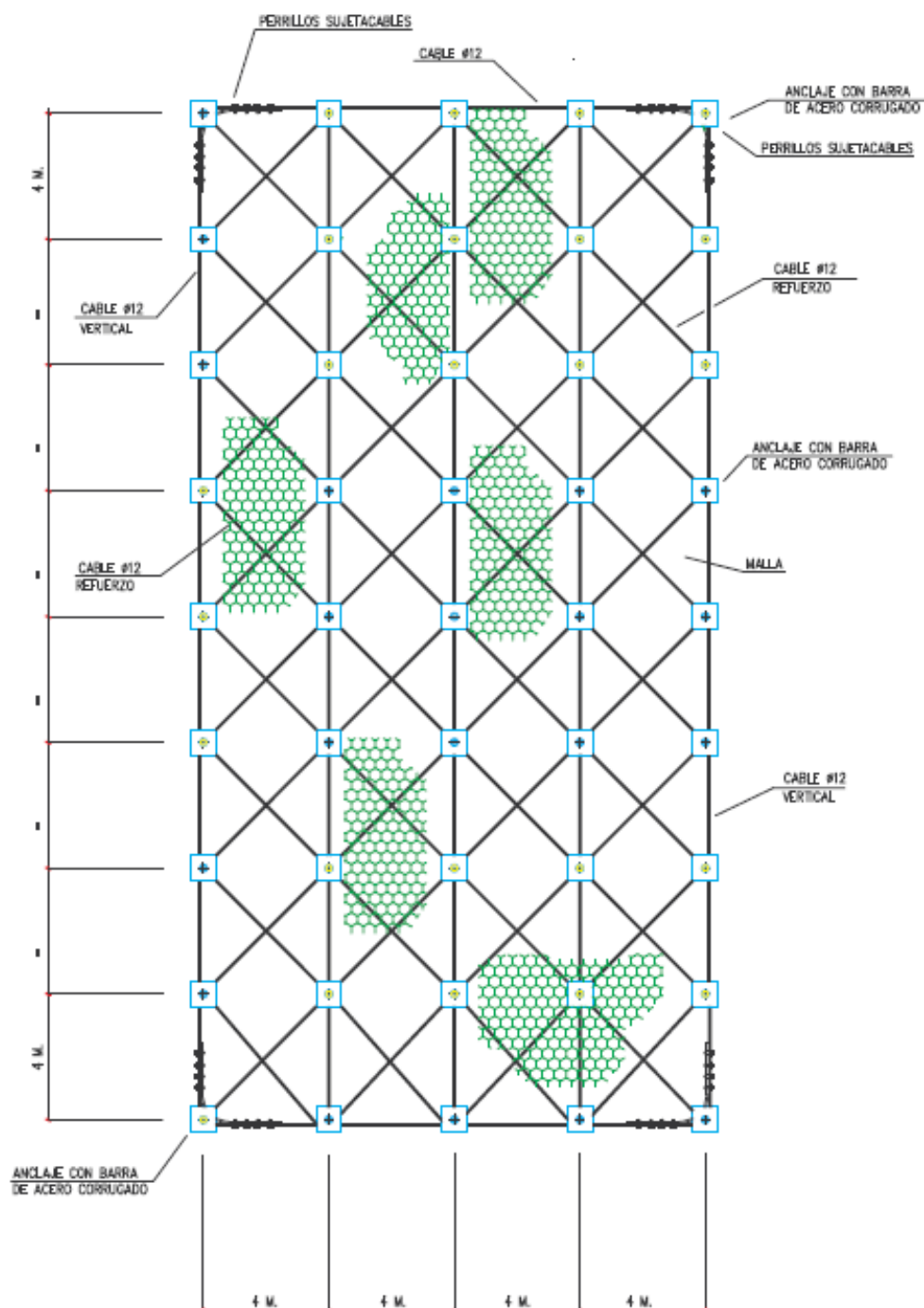


Figura 2: Esquema tipo de Malla de Triple Torsión Reforzada (MAR)

El Sistema consta de los siguientes materiales:

- Malla de acero de triple torsión de alambre de acero, con galvanizado en caliente.
- Bulones de anclaje de reparto: bulones autoperforantes o barras de acero corrugado tipo GEWI o similar.
- Piquetas o anclajes superiores
- Placa y tuerca de ajuste de la malla al anclaje.
- Mortero de inyección.
- Cables de acero de refuerzo superficial y cables perimetrales.
- Sujetacables, mordazas o perrillos para la fijación de los cables a los anclajes.

Características de los materiales

- **Malla de alambre de acero** con las siguientes características mínimas:

- La malla será de **triple torsión**, constituida por alambres tejidos formando un hexágono alargado en el sentido de una de sus diagonales.
- Las dimensiones de la malla no podrán ser inferiores a 6 cm por 8 cm, ni superiores a 10 cm por 12 cm (tipos 6x8-14, 8x10-15, 8x10-16 ó 8x10-17), donde las dimensiones de luz se miden en centímetros, entre torsiones laterales y seguidamente al final y principio de las torsiones anterior y posterior, teniendo en cuenta la figura en el sentido alargado del hexágono. Se admitirá una tolerancia no superior al 5%.
- El ancho de rollos de la malla será no menor a 3 m y no mayor de 4 m, a los efectos de facilitar la instalación.
- El acero del alambre de la malla será de diámetro entre 2,2 a 3,0 mm (medido como media aritmética de dos direcciones perpendiculares entre sí), del tipo adecuado para la obtención de alambre por trefilado, con contenido máximo de carbono de 0,10% y límites superiores de fósforo y azufre de 0,04 y 0,05% respectivamente.
- El alambre de acero de la malla debe ser galvanizado en caliente mediante inmersión en baño de zinc fundido, obtenido por procedimiento electrolítico que deberá contener como mínimo un 99,95% en peso de zinc.
- El peso del recubrimiento de zinc no será inferior a 225 g/m² de acuerdo con la norma DIN 1548. La comprobación del espesor del recubrimiento se realizará por el método gravimétrico (UNE 37505:1989) o por volumétrico (midiendo el volumen de hidrógeno desprendido en la reacción del zinc con el ácido clorhídrico). En caso de disputa servirán los

resultados del ensayo gravimétrico. Para los ensayos realizados sobre alambre después de tejido se admitirá una reducción del 5% del peso del recubrimiento de zinc.

- El recubrimiento no presentará ninguna exfoliación apreciable a simple vista, y permanecerá adherente después de realizar el ensayo de adherencia consistente en enrollar 8 espiras completas de alambres galvanizado sobre un mandril de diámetro 4 veces superior al del alambre. En cualquier punto distante más de 30 mm del extremo final del alambre tejido, el recubrimiento será capaz de soportar 2 inmersiones de un minuto y una de medio minuto en la solución "Standard" de sulfato de cobre descrita en la Norma UNE 7.183:1964, sin alcanzar el "punto final" definido en dicha Norma.
 - En cada rollo o bobina de alambre galvanizado se admitirán solamente soldaduras a tope hechas antes del galvanizado del alambre, no admitiéndose después ningún tipo de soldaduras.
-
- **Bulones de anclaje intermedios:** Serán barras de acero del tipo corrugado autoroscables tipo Gewi o similar, DN 25/22mm, cuya longitud está en relación a la naturaleza y capacidad mecánica de la roca (0,6 a 3,0 m). Dependiendo de la morfología del terreno, puede exigirse sustituir los bulones por eslingas de cable de acero de 16 mm de diámetro con guardacabo extremo, o por anclajes del tipo autoperforantes.
 - **Placa de reparto, tuerca hexagonal y arandelas cónicas:** Las placas serán de acero laminado, de dimensiones variables entre 100 x 100 x 3 a 150 x 150 x 6 mm, con orificio central de diámetro acorde al bulón de anclaje, con la correspondiente tuerca hexagonal y arandela.
 - **Piquetas o anclajes superiores** para sujeción y fijación de la malla en coronación serán redondos de acero, de 12 a 20 mm de diámetro y longitud variable entre 80 y 100 cm según la altura y las características del desmonte. La distancia entre el borde del talud y la línea de anclaje, así como a separación entre sí (1,5 a 3,0 m), se determinara en función del tipo de terreno, grado de fracturación, y altura del talud.

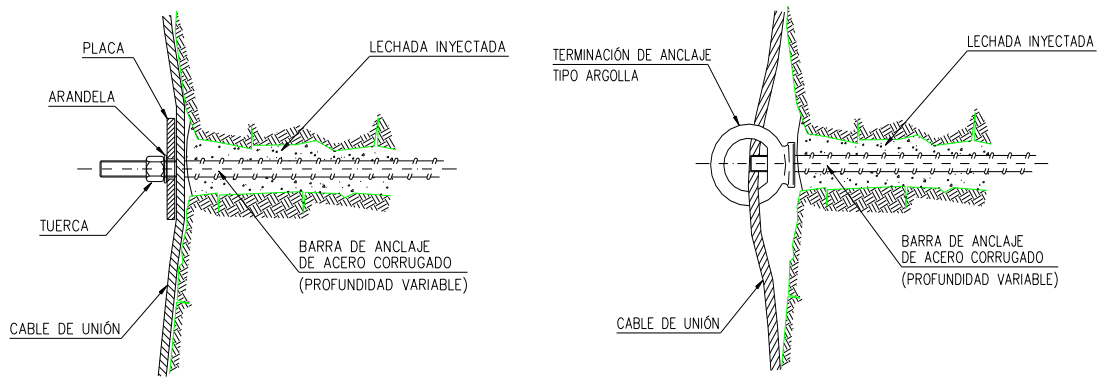


Figura 3: Detalle de anclaje con barra roscada y placa o argolla

- **Mortero de inyección:** El mortero de inyección para las barras y anclajes al terreno no presentará retracción. Si bien una relación de referencia para el mortero es A/C de 0,5, el tipo de mortero, características, condiciones y modo de utilización a utilizar deberá proponerse de acuerdo a cada tipo de terreno.
- **Cables de acero:** Será de DN 10/12mm dispuesto sobre el perímetro de la actuación, y diagonalmente entre los anclajes de manera que forme una red romboidal de refuerzo y contención, y reparto de cargas. Serán de alma Textil, con alambre galvanizado y de una resistencia no inferior a 1770 N/mm^2 .
- **Sujetacables,** mordazas o perrillos para los cables de diámetro 10/12 mm para la fijación de estos anclajes.

Fases de colocación

- **Replanteo y ejecución de perforaciones:** Inicialmente se debe proceder al replanteo, limpieza, saneo y desbroce (desmalezado) de la vegetación existente en coronación y en la superficie a tratar, para proceder posteriormente a las perforaciones del talud objeto de la intervención según la disposición de los anclajes definidas en el dimensionamiento

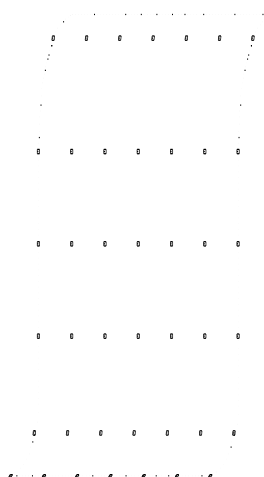


Figura 4: Ejecución de perforaciones

- **Colocación de cables perimetrales:** Sobre las perforaciones correspondientes a los anclajes se colocarán las barras de acero y se realizará la inyección de los mismos para su fijación al terreno (Fig. 6). Posteriormente se pasaran los cables horizontales y verticales correspondientes al perímetro de actuación.

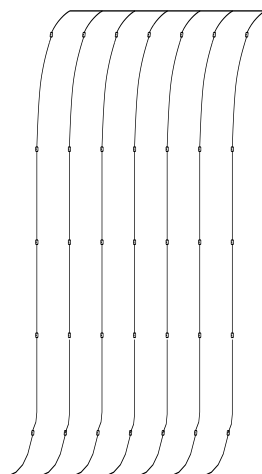


Figura 5: Colocación de cables perimetrales

- **Tendido de la malla y unión de paños:** Posteriormente se debe proceder a la puesta en obra de los paños de malla, previamente cortados a medida y cosidos o unidos entre sí por los métodos descritos anteriormente.

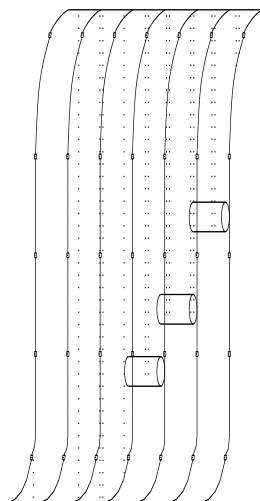


Figura 6: Tendido de la malla y unión de paños

- **Finalización fase de tendido:** El siguiente paso consiste en el doblado y remate de la malla de triple torsión a lo largo del talud, con una separación vertical entre sí no superior a 30 cm, procediendo desde la parte superior hasta la base.
- **Colocación de cables diagonales de refuerzo:** Finalmente se deben colocar los cables diagonales de armadura $\varnothing$ 10/12 mm y su posterior tensado .

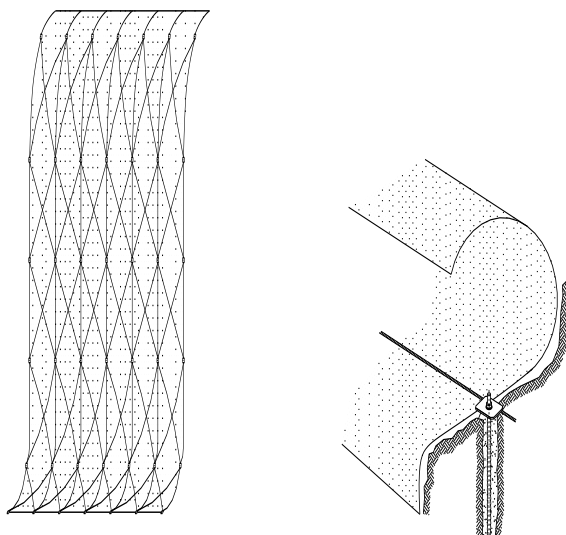


Figura 7: Colocación de cables diagonales de refuerzo y solape en coronación

Condiciones para los instaladores

Tanto desde el punto de vista de la correcta instalación que asegure el funcionamiento previsto por la malla reforzada como por la seguridad de las personas, la instalación debe ser llevada a cabo por:

- c) un “ingeniero o geólogo responsable” a cargo de la dirección de obra;
- d) personal experimentado con certificación de capacidad para trabajo vertical, y con experiencia certificada de trabajos de colocación de sistemas de protección de taludes en escenarios similares al de la obra a ejecutar.

Modalidad de la provisión

Se requiere una provisión del tipo “llave en mano”, considerando por parte del proveedor:

- e) Visita a la zona del emplazamiento.
- f) Verificación de parámetros de diseño, comprendiendo:
 - Resistencia de la malla de triple torsión a utilizar
 - Anclajes a utilizar (tipo, dimensiones y disposición)
 - Ubicación propuesta de la malla
 - Relación de cálculo firmada por Ingeniero autorizado y con experiencia certificada en trabajos similares, en la cual se indica y justifica el modelo de rotura utilizado, los esfuerzos esperados y el factor de seguridad resultante de la instalación propuesta.
- g) Provisión de materiales, adjuntando:
 - Diseños constructivos con todos los detalles de la malla a utilizar.
 - Resultados, en términos de capacidad de carga, conseguidos mediante ensayos realizados por organismos o instituciones reconocidas al efecto.
 - Certificado de Garantía relativo a la calidad de los materiales empleados para la fabricación de la malla.
- h) Instalación
 - Certificación de antecedentes y capacidades del equipo de instaladores, según se indica en 4.4.
 - Instrucciones de montaje que explican el correcto procedimiento de instalación.
 - Certificado de “conformidad de obra ejecutada”, emitido por el ingeniero responsable de la obra.

Condiciones para la Recepción

La Supervisión verificará si las obras han sido ejecutadas de conformidad con todas las piezas del proyecto y las mejores reglas del buen arte.

Medición y Forma de Pago

Se medirá la malla realmente colocada en obra y necesaria para el correcto funcionamiento, incluyendo el material de solapes horizontales y solapes verticales en caso de ser necesario o que la morfología del talud obligue a ejecutarlos.

En particular el supervisor de obra deberá verificar la correcta cobertura de la malla de triple torsión adosada a la superficie rugosa del talud, asegurando una superficie cubierta equivalente a la de los paños de malla previo a su colocación.

Con ello, se medirán los metros cuadrados (m^2) realmente utilizados, abonándose a los precios correspondientes.

En el precio se incluyen todos los materiales (incluso anclajes al talud, cables, sujetacables, placas, tuercas, etc.) y operaciones necesarias para dejar correctamente en servicio el sistema de protección.

El precio será el mismo cualquiera que sean las características y la altura del talud en el cual se coloque, con excepciones de condiciones de difícil accesibilidad, que requieran de uso de helicópteros, grúas de gran envergadura, o porteo del material con medios humanos.

En caso que se especifique lo contrario, el precio deberá incluir la maquinaria necesaria para la ejecución de los trabajos, pero deberá tener un tratamiento especial, y particular en cada actuación, los medios auxiliares necesarios para el izado o carga vertical de mallas, cables y barras de acero (plataformas elevadoras, grúas, helicóptero, procedimientos manuales, etc.), que estarán en función de las alturas de coronación, inclinaciones, disponibilidad de accesos en coronación, etc.

SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE TALUDES Y ANTIDESPENDIMIENTOS DE ROCAS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA BARRERAS FLEXIBLES TIPO PMS A – RED DE ANILLOS / R – RED DE CABLE

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
APLICACIONES	1
CARACTERÍSTICAS.....	1
COMPONENTES	2
PROCEDIMIENTO DE MONTAJE	3
EJEMPLOS.....	5
CONDICIONES DE RECEPCIÓN	7
MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO	7

INTRODUCCIÓN

Las Barreras Flexibles PMS A, son sistemas de protección pasiva compuestos por montantes, placas de base, estructura de interceptación, cables de refuerzo y anclajes de extremos. Estos sistemas se disponen en las partes inferiores de los taludes para hacer frente a posibles desprendimientos de pequeñas rocas o tierras, interceptando la trayectoria de caída de dichos elementos, con la función de evitar que éstos alcancen las zonas a proteger: carreteras, vías férreas, calles, viviendas, depósitos, etc.

APLICACIONES

Las aplicaciones más usuales de las barreras flexibles son la detención y contención de las caídas de rocas y deslizamientos de tierra en emplazamientos tales como:

- Bermas y arcenes de carreteras
- Taludes de vías férreas
- Vías verdes y/o rutas ciclistas
- Zonas industriales
- Parques y caminos o sendas urbanas
- Viviendas particulares
- Otras (canales, pistas forestales, depósitos, ...)

CARACTERÍSTICAS

Las características más destacables de las barreras flexibles frente a otros sistemas de contención de desprendimientos son:

- Sencillez de proyecto y planificación
- Fácil y rápida instalación
- Ligereza de sus elementos
- Posibilidad de adaptación de sus componentes dependiendo de las condiciones de instalación
- Fácil mantenimiento debido al sencillo remplazo de componentes y a la rápida limpieza de materiales
- Posible variación de alturas de las barreras y separación entre postes para su mejor adaptación a las condiciones específicas de cada emplazamiento

Tanto la longitud y la altura de la barrera, como los elementos que las componen, se diseñarán en función de las características geométricas del talud y área de protección. Por tanto, las barreras flexibles estarán dimensionadas según los diferentes condicionantes de los mismos, entre los que influyen:

- Geometría del talud (inclinación media y altura)
- Características geomorfológicas del terreno
- Las dimensiones de las rocas que puedan rodar o caer por el mismo
- Las posibles trayectorias de las masas que caen
- Proximidad de la carretera o elemento a proteger
- Tipología y dimensiones disponibles de la zona en donde esté prevista la instalación de la barrera

COMPONENTES

Las Barreras Flexibles PMS A o R están compuestas por:

- ESTRUCTURA DE APOYO Y FUNDACIÓN

Constituida por una serie de perfiles de acero (IPE ó IPN) de altura a determinar (1 a 3m), dispuestos de forma alineada, y distanciados entre ellos según las condiciones del emplazamiento, con el propósito de mantener la estructura de cierre en la posición apta para interceptar las trayectorias de las rocas.

En la base de dichos perfiles se disponen unas placas metálicas de apoyo y anclajes, compuestos por barras de acero roscadas y tuercas, todo ello convenientemente diseñado de acuerdo con la zona de cimentación.



- ESTRUCTURA DE INTERCEPTACIÓN

La estructura de interceptación principal estará constituida por paneles de Red de anillos o Red de cables. Dichas redes irán unidas a una malla de alambre de triple torsión para contener la fracción más pequeña del terreno:

- Paneles de red de cable de acero con altura $h = 3,0 \text{ m. a } 5,0 \text{ m}$ y longitud $l = 10,0 \text{ m.}$ (máximo), malla $200 \times 200 \text{ mm}$ en cable continuo con $\varnothing 8,0 \text{ mm.}$, los nudos formados por el cable están bloqueados mediante mordazas metálicas cerradas a presión. Los paneles de red serán sostenidos mediante 2 cables longitudinales, superior e inferior, de diámetro $\varnothing 16,0 \text{ mm.}$ y pasando por el interior de las mallas de borde de los mismos paneles.
- paneles de red con altura $h = 4,0 \text{ m. a } 7,0 \text{ m.}$ y longitud $l = 10,0 \text{ m.}$ (máximo) formados por anillos enlazados entre sí al menos en seis puntos (tipología conocida como "red antisubmarino tipo 6x1") de diámetro no superior a $\varnothing 350 \text{ mm}$, y compuesta por un cordón de diámetro total no inferior a $\varnothing 9,0 \text{ mm}$ (peso $\varnothing 6,0 \text{ Kg/m}^2$) y conformado por cable de acero continuo (sin casquillo) de diámetro no inferior a $\varnothing 3,0 \text{ mm}$. Los paneles de red están sostenidos mediante 2 cables longitudinales, de diámetro $\varnothing 18,0 \text{ mm.}$, uno superior pasando

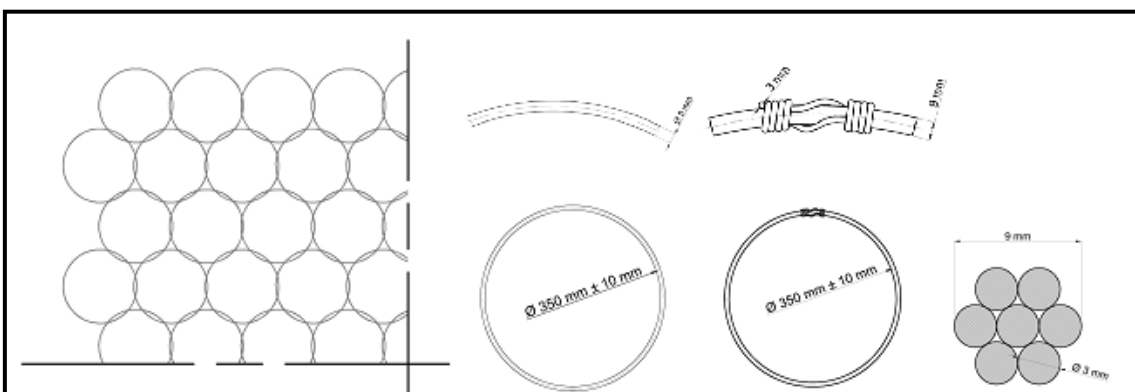
por el hueco del extremo superior del poste y bloqueado al mismo mediante un pasador, y el otro inferior, pasando por el interior del pasacabo en “U” soldado a la placa de base. La unión entre los cables longitudinales y los paneles de red se obtiene “in situ” insertando los cables dentro de los anillos tanto por encima como por abajo.

- ELEMENTOS DE ANCLAJE Y UNIÓN

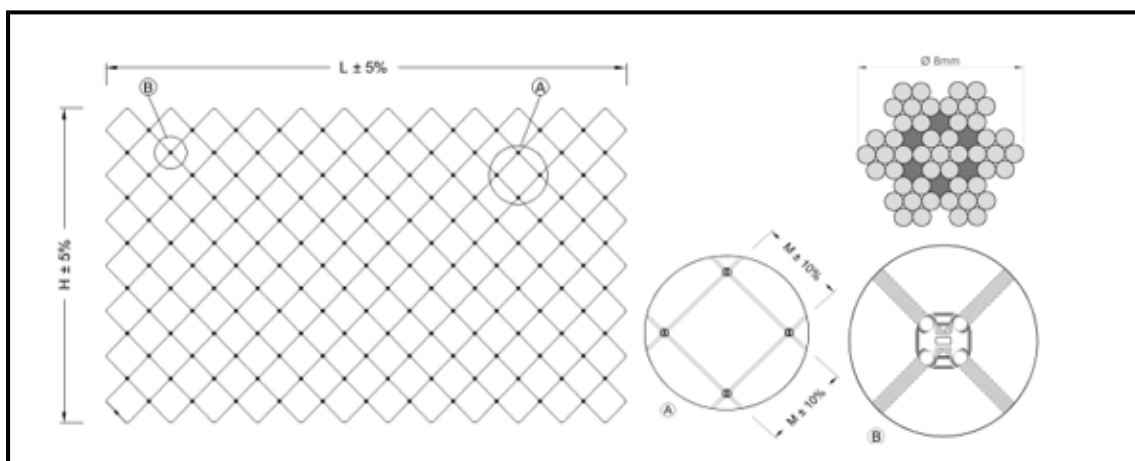
Dentro de estos se considerarán todos aquellos cables que refuerzan la estructura longitudinalmente uniendo tanto la parte superior como en la inferior de la pantalla, los paños de red con los postes. Dichos cables terminan en los laterales con los correspondientes anclajes de cable y el inyectado con lechada de cemento.

- ELEMENTOS DISIPADORES DE ENERGÍA.

En algunas ocasiones, se dispondrán en los anclajes laterales elementos disipadores de energía, cuando las condiciones de trabajo así lo requieran.



Detalle membrana Red de Anillos (tipo 6x1, unión por soldadura o por empalme).



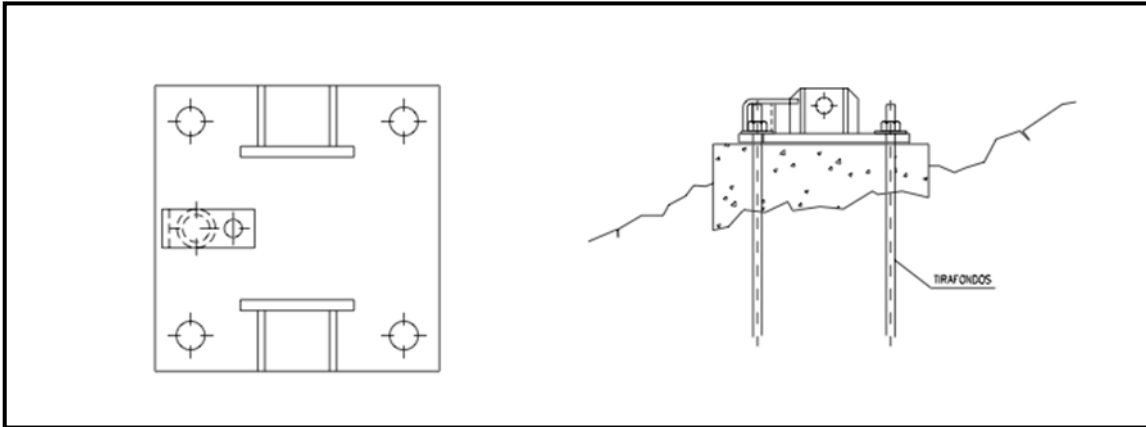
Detalle membrana Red de Cable para pantallas tipo R

- BASES DE APOYO

Es una base robusta sobre la cual se apoya el poste y sobre la cual puede pivotar a modo de bisagra, de dimensiones mínimas de 400 x 400 x 15 mm, con orificios para sujeción con 4 bulones (uno en cada vértice). Esta base debe ser atravesada por el cable longitudinal inferior de las membranas de cerramiento, por lo que requiere disponer de un pasacabo soldado para evitar que los cables puedan salirse de su sitio en el momento del impacto. Todos estos elementos serán galvanizados en caliente.

- **FUNDACIONES DE LOS PUNTALES DE APOYO:**

La fundación de los puntales de apoyo será constituida por una base de hormigón para regularizar el terreno y permitir el apoyo total de la placa de acero, apoyada con 4 bulones o barras de acero corrugado ($44,0 / 55,0 \text{ Kg/mm}^2$) $\varnothing 30,0 \text{ mm}$. (peso = $5,55 \text{ Kg/m.}$), o barra autoroscada tipo Gewi o similar de 25 mm de diámetro y con longitud no inferior a $l = 1,0 \text{ m}$. La extremidad libre de los tirafondos o barras de anclaje debe ser roscada y la unión con el puntal de apoyo empleando tuercas M30 altas (UNI 5587-65), previa interposición de una arandela de reparto (UNI 5714-65) o tuerca estándar en caso de utilización de barras tipo Gewi.



Detalle de fundación y placa de base.

PROCEDIMIENTO DE MONTAJE

En lo que al montaje de este sistema respecta, se pueden distinguir las siguientes fases:

- **REPLANTEO**

En primer lugar, será de necesidad llevar a cabo el replanteo de la ubicación tanto de los postes como de los anclajes laterales, intentando que todos estos se encuentren en una posición lo más alineada posible.

- **PERFORACIÓN E INSTALACIÓN DE POSTES**

Se ejecutará tanto la perforación de cada uno de los pernos que soporten la placa de base, como de los anclajes. De manera posterior, se colocarán los postes que conforman la pantalla, previo inyectado y fraguado de la lechada en las perforaciones anteriores junto con los respectivos pernos.

Si fuera necesario, se realizará una pequeña base o relleno de hormigón para la nivelación de la placa de base.



- **INSTALACIÓN DE ANCLAJES**

Del mismo modo que en el caso anterior, en lo que respecta a los anclajes laterales, se rellenarán las perforaciones, previamente realizadas, con lechada de cemento, para completar la instalación de los anclajes.

En algunas ocasiones, cuando las condiciones del terreno y las dimensiones de la pantalla así lo requieran, se podrá llevar a cabo la instalación de anclajes de monte y anclajes de valle.

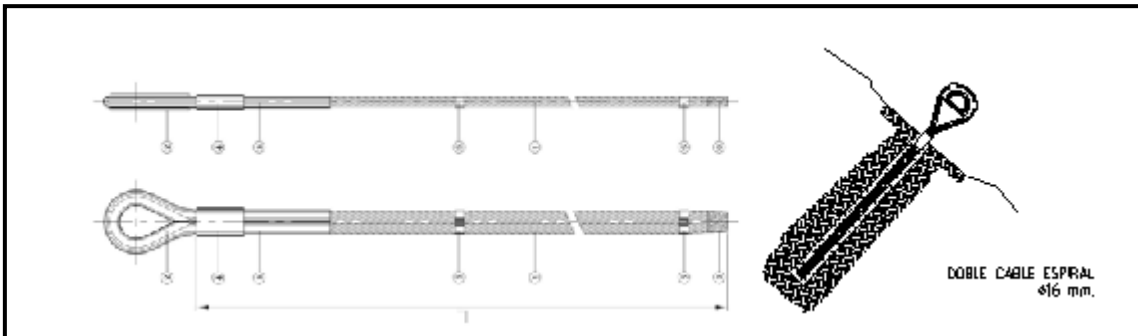
- **INSTALACIÓN DE CABLES Y ESTRUCTURA DE INTERCEPTACIÓN**

Se procederá a la instalación del cable longitudinal superior y del cable longitudinal inferior, así como los intermedios si fuese necesario, los cuales irán desde un anclaje lateral de la pantalla hasta el que se sitúa en el otro extremo.

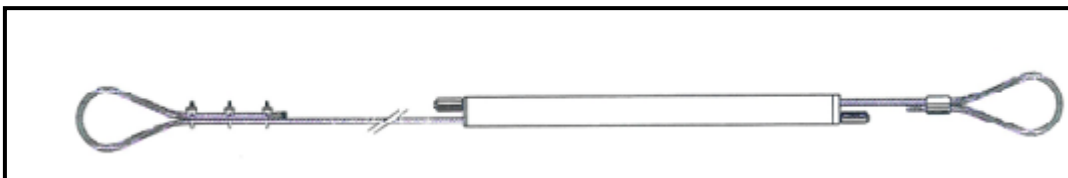
También, junto con la instalación de los cables, se efectuará la instalación de red de anillos en toda la longitud de la pantalla. Además, de manera complementaria a la misma se dispondrá de Malla de triple torsión.



Cables longitudinales



Detalle de los anclajes



Detalle de disipador tipo.

EJEMPLOS



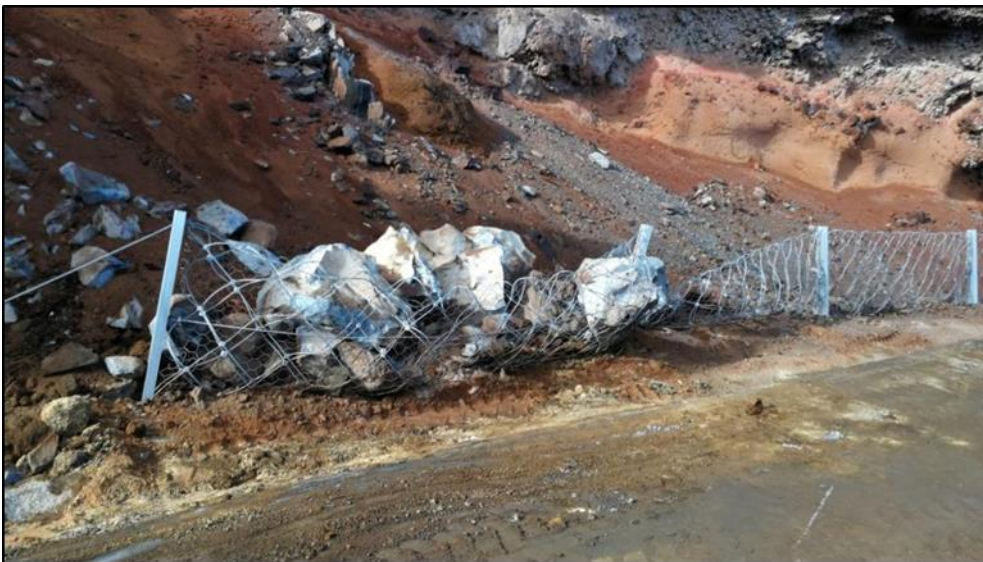
Ejemplo 1 - Disposición de barrera en escalones.



Ejemplo 2 - Detalle de barrera flexible Tipo PMS A



Ejemplo 3 – Detalle de extremo de la barrera flexible PMS R



Ejemplo 4 – Barrera flexible PMS R en carga.



Ejemplo 5 - Detalle de barrera flexible con anclajes en el trasdós.

Condiciones para la Recepción

La Supervisión verificará si las obras han sido ejecutadas de conformidad con todas las piezas del proyecto y las mejores reglas del buen arte.

Medición y Forma de Pago

Se medirán los metros lineales (m), realmente instalados, comprendidos entre los dos postes extremos y cable superior e inferior de cada tramo de pantalla. Se verificará la altura total de los postes. Dicha medición deberá contar con la aprobación de la Supervisión de la Obra.

La longitud así medida se pagará a precio unitario del contrato para el ítem respectivo. Dicho precio será compensación total por todo material, equipo, mano de obra y herramientas necesarias para la correcta ejecución del ítem, incluyendo las perforaciones y ejecución de los anclajes.