

Contenido

2	REDUCCIÓN DEL RIESGO.....	6
2.1	INTRODUCCIÓN.....	6
2.2	Intervención Correctiva.....	6
2.2.1	Identificación de alternativas de intervención correctiva	6
2.2.2	Priorización de la medida de intervención.....	9
2.2.3	Diseño, especificaciones y desarrollo de las medidas de intervención seleccionadas.	9
2.3	Intervención Prospectiva	25
2.4	Identificar, formular e implementar medidas y procedimientos para la Reducción de Riesgo.....	31
2.4.1	Medidas implementadas preventivas y prospectivas	31
2.4.2	Villa Luz	44
2.4.3	Romerito	54
2.4.4	Vertiente Norte Margen Derecha	66
2.4.5	La Honda	74
2.4.6	El Cocal.....	81
2.4.7	K0+900	84
2.4.8	Actualización de medidas correctivas y prospectivas – alternativas de intervención.....	91
2.4.9	Medidas frente al manejo de la estabilidad de los taludes.....	111
2.5	Protección Financiera.....	112

INDICE DE TABLAS

Tabla 2–1	Medidas de intervención correctiva para Proyecto hidroeléctrico Ituango	7
Tabla 2–2	Controles preventivos y correctivos.....	9
Tabla 2–3	Medidas de intervención prospectiva	26
Tabla 2–4	Parámetros de resistencia – Talud PE desviación.....	33

Tabla 2–5 Resumen resultados análisis– Escenario 1	37
Tabla 2–6 Resumen resultados análisis– Escenario 2.....	37
Tabla 2–7 Resumen resultados análisis de cuña – Escenario 1.	38
Tabla 2–8 Resumen resultados análisis de cuña – Escenario 2	39
Tabla 2–9 Parámetros de resistencia materiales - Villa Luz.....	46
Tabla 2–10 Familias de discontinuidades identificadas en la zona del deslizamiento.47	
Tabla 2–11 Resumen resultados análisis de estabilidad global.	49
Tabla 2–12 Resumen resultados mecanismo de falla por cuñas – Escenario 1	49
Tabla 2–13 Especificaciones inyecciones	53
Tabla 2–14 Parámetros de resistencia – Romerito	57
Tabla 2–15 Resumen resultados análisis de estabilidad por equilibrio límite	60
Tabla 2–16 Características de soporte activo.	66
Tabla 2–17 Parámetros de resistencia – Vertiente norte margen derecha.....	69
Tabla 2–18 Resumen resultados análisis de estabilidad - VNMD	71
Tabla 2–19 Parámetros de resistencia – K0+900.....	87
Tabla 2–20 Resumen resultados análisis de estabilidad - k0+900.....	88
Tabla 2–21 Distribución de tratamiento de soporte en la parte alta de la Plazoleta de compuertas	98
Tabla 2–22 Detalle soporte recomendado – VNMD.	106
Tabla 2–23 Medidas de manejo contempladas en el Plan de manejo ambiental y las realizadas en el estado actual del proyecto.....	112
Tabla 2–24 Relación de pólizas que protegen riesgos. ¡Error! Marcador no definido.	

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Condición actual talud desviación (enero/2021).....	32
Figura 2-2 Perfil estratigráfico típico – Talud PE desviación.....	34
Figura 2-3 Estereograma estructuras mapeadas entre las cotas 400 a 420.....	35
Figura 2-4 Caracterización estructural entre cotas 400 -530.....	35
Figura 2-5 Localización en planta de los perfiles de análisis.	36
Figura 2-6 Zonas de estudio análisis cinemático de cuñas.	38
Figura 2-7 Resumen resultados mecanismo de falla planar – Escenario 1.	40

Figura 2-8 Resumen resultados mecanismo de falla planar – Escenario 2	41
Figura 2-9 Análisis sensibilidad por volcamiento PR - Zona 2. – Escenario 1	41
Figura 2-10 Zonta para instalación del tratamiento de control de erosión.	43
Figura 2-11 Detalle instalación manto control de erosión y malla de triple torsión...	43
Figura 2-12 Vía de acceso para la aplicación del tratamiento de control de erosión.	44
Figura 2-13 Localización Helipuerto	45
Figura 2-14 Perfil estratigráfico – Villa Luz.	46
Figura 2-15 Cuñas formadas sobre la cara del talud Sección – B, antes del deslizamiento.	47
Figura 2-16 Planta localización secciones de análisis – Villa luz.....	48
Figura 2-17 Resumen resultados mecanismo de falla planar – Escenario 1	50
Figura 2-18 Resumen resultados mecanismo de falla planar – Escenario 2	50
Figura 2-19 Geometría plazoleta de excavación y localización en planta de inyecciones de consolidación.	52
Figura 2-20 Perfil A – Inclinación inyecciones y longitud.	53
Figura 2-21 Planta de los diseños de excavación hasta la cota 600 y 570.	55
Figura 2-22 Localización general de inclinómetros y piezómetros en Romerito	56
Figura 2-23 Perfil geológico A-A excavación Romerito, cierre sur.....	57
Figura 2-24 Estereograma excavación Romerito.	59
Figura 2-25 Caracterización estructural – Romerito.	59
Figura 2-26 Inclinación y dirección de buzamiento de la excavación del cierre sur.	61
Figura 2-27 Resumen de análisis cinemático sin tratamiento de soporte y 5 m de altura de banco.	62
Figura 2-28 Resumen de análisis cinemático con tratamiento, para bancos de 5 m de altura.	63
Figura 2-29 Resumen de análisis cinemático con tratamiento, para bancos de 15 m de altura.	64
Figura 2-30 Distribución de tratamiento de soporte en la parte alta de la Plazoleta de compuertas.	65
Figura 2-31 Localización Vertiente Norte Margen Derecha (VNMD).	67
Figura 2-32 Planta con la localización de la sección A.	68
Figura 2-33 Perfil geológico por la sección A.	69
Figura 2-34 Superficie de falla inferida movimiento superior.	70
Figura 2-35 Superficie de falla inferida movimiento inferior.	71

Figura 2-36 Evolución de la línea de nivel freático al construir una galería de drenaje.....	72
Figura 2-37 Sección típica de la galería de drenaje.	73
Figura 2-38 Localización en planta galería de drenaje.....	73
Figura 2-39 Vista en perfil de la galería y los drenes.....	74
Figura 2-40 Sitio inestable – La Honda.	75
Figura 2-41 Deslizamiento ocurrido en agosto de 2015.	75
Figura 2-42 Planta Sitio La honda.....	77
Figura 2-43 Perfil geológico – La Honda.	77
Figura 2-44 Alternativa 1 - Sitio La Honda.	78
Figura 2-45 Planta Localización Falso túnel.....	79
Figura 2-46 Alternativa 3 planta localización viaducto.....	79
Figura 2-47 Zonificación instalación de mallas de protección.....	80
Figura 2-48 Condición a agosto de 2020.	81
Figura 2-49 Deslizamiento inicial -mayo de 2016.....	82
Figura 2-50 Estado actual del deslizamiento – Agosto 2020.....	82
Figura 2-51 Material característico del sector km 16+050 – km 16+350.....	83
Figura 2-52 Localización sitio k0+900.....	84
Figura 2-53 Planta geología local – k0+900.....	86
Figura 2-54 Perfil geológico sección A – k0+900.	87
Figura 2-55 Localización en planta ejes de análisis – k0+900.....	88
Figura 2-56 Localización en planta sostenimiento.....	89
Figura 2-57 Sección A – Detalle tratamiento.....	90
Figura 2-58 Zonas monitoreo radar FX – Talud desviación.....	91
Figura 2-59 Desplazamiento acumulado – Talud PE Desviación.	92
Figura 2-60 Estado plazoleta Villa Luz – mayo 9/2021.....	93
Figura 2-61 Consumo (l/m) inyecciones Villa Luz- Ascendente.....	93
Figura 2-62 Consumo (l/m) inyecciones Villa Luz- Descendente.....	94
Figura 2-63 Registro inclinómetro IN-HPL-02.....	95
Figura 2-64 Registro inclinómetro IN-HPL-03.....	96
Figura 2-65 Localización en planta instrumentación geotécnica – Romerito.	97
Figura 2-66 Desplazamiento horizontal acumulado - DCS – Romerito.....	98
Figura 2-67 Localización instrumentos – Romerito.	99

Figura 2-68 Localización inclinómetros y piezómetros Base Militar.....	100
Figura 2-69 Desplazamiento acumulado inclinómetro IN-GAP-06.....	101
Figura 2-70 Desplazamiento acumulado inclinómetro IN-GAP-10.....	102
Figura 2-71 Localización PCS VNMD.	103
Figura 2-72 Desplazamiento horizontal acumulado PCS Base militar.....	103
Figura 2-73 Desplazamiento horizontal acumulado PCS Parte alta Subestación..	104
Figura 2-74 Desplazamiento horizontal acumulado PCS Parte baja Subestación.	104
Figura 2-75 Análisis estático global con tratamiento perfil oriental, (FS=1,5) - VNMD105	
Figura 2-76 Análisis estático global con tratamiento perfil oriental, (FS=1,1) Tr=475 años - VNMD	106
Figura 2-77 Estado actual sitio La Honda (nov/2020).....	107
Figura 2-78 Estado actual sitio El Cocal (abril 2021).....	108
Figura 2-79 Panorámica avance trabajos en el sitio k0+900.	109
Figura 2-80 Desplazamiento y asentamiento PCS -Zona 1 k0+900.	109
Figura 2-81 Desplazamiento y asentamiento PCS -Zona 2 k0+900.	110
Figura 2-82 Desplazamiento y asentamiento PCS -Zona 3 k0+900.	110
Figura 2-83 Localización instrumentación k0+900.	111

2 REDUCCIÓN DEL RIESGO

2.1 INTRODUCCIÓN

Se incluye en este capítulo las medidas de reducción del riesgo de desastres a partir de las propuestas de intervención correctiva, prospectiva y financiera implementadas o bien diseñadas por la asesoría, pero en proceso de revisión, ajuste y aprobación final por parte del dueño del proyecto. Gran parte de las medidas de intervención propuestas han sido informadas a la Autoridad Ambiental a través de comunicados, reportes periódicos, el informe ICA y otros documentos generados para atender los diferentes requerimientos derivados de las obligaciones ambientales o de la contingencia misma.

2.2 INTERVENCIÓN CORRECTIVA

Las alternativas de intervenciones correctivas son planteadas de acuerdo con el criterio técnico de los expertos encargados del diseño.

Su objetivo es disminuir el nivel de riesgo existente de la población y los bienes sociales, económicos y ambientales del área de influencia de probable afectación del proyecto, a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

En el archivo en Excel denominado: “*Formato Planes de Acción Proyecto Ituango*” se complementa acá la información solicitada por la ANLA, mediante la incorporación de los Planes de acción o Plan de contingencia operativo antes eventos que puedan genera afectaciones por procesos de inestabilidad en obras subterráneas en zona norte; plan de contingencia operativo ante eventos que puedan generar afectaciones al sistema del vertedero; plan de contingencia operativo ante eventos que puedan generar afectaciones a la presa; plan de contingencia operativo ante eventos que puedan generar afectaciones por los taludes (por sismos o altas precipitaciones) y un plan de contingencia ante inundaciones en las obras subterráneas por las descargas de la central.

2.2.1 Identificación de alternativas de intervención correctiva

Las medidas propuestas se clasifican como medidas estructurales y medidas no estructurales, las cuales se someten al proceso de identificación y son aquellas

opciones que se establecen para dar solución a las prioridades para la implementación del tratamiento del riesgo relacionada como las medidas de reducción del riesgo actual, a través de medidas técnicas estructurales y no estructurales que puede contemplar la revisión y selección de alternativas con base en un análisis multicriterio, como parte del ejercicio realizado en el proceso de conocimiento del riesgo se establecieron las medidas intervención correctiva para Proyecto Hidroeléctrico Ituango en la Tabla 2–1.

Tabla 2–1 Medidas de intervención correctiva para Proyecto hidroeléctrico Ituango

ID	Escenario de riesgo	Medidas de intervención correctiva
RD1	Falla en el funcionamiento del vertedero. (compuertas, pozo de impacto, bermas y canales)	<ul style="list-style-type: none"> * Sistemas redundantes de los equipos operación. * Se cuenta con cuadrillas que realizan mantenimiento preventivo y correctivos a los equipos o sistemas en operación. * Se cuenta con cuadrillas que realizan mantenimiento preventivo y correctivos a las losas y muros de concreto del vertedero.
RD2	Protesta social como derecho y protesta social con acciones de hecho (escalamiento a acciones violentas) por parte de terceros en el área de influencia del PHI y en otras áreas de interés (vías, paso por obras principales, ferry, aguas abajo)	*Activación de Protocolo de atención de la protesta social con acciones de hecho_PADEC.
RD3	Destaponamiento de uno de los túneles del sistema de desviación (GAD, TDD)	<ul style="list-style-type: none"> * Se cuenta con el Plan de Emergencia ante un posible destaponamiento. * Se cuenta con pólizas de seguros (Responsabilidad Civil) que permiten mitigar perjuicios causados por la materialización de este riesgo.
RD4	Falla o rotura de la presa	<ul style="list-style-type: none"> * Se tiene protocolos para activación de alarmas tempranas ante la ocurrencia del evento. * Se cuenta con pólizas de seguros (Responsabilidad Civil) que permiten mitigar perjuicios económicos causados por este riesgo. *Se cuenta con sensores en la presa que detectan movimientos en la misma, monitoreo de los caudales del río. Los cuales son monitoreados 24 horas los 7 días a las semanas en el Centro de Monitoreo Técnico del proyecto. *Mantener vigías en campo aguas arriba y abajo para verificar variaciones en entrada y salida de agua del embalse.



ID	Escenario de riesgo	Medidas de intervención correctiva
RD5	Deslizamiento de laderas que afecte el desarrollo del proyecto (deslizamientos en el embalse, en margen izquierda, en margen derecha)	<ul style="list-style-type: none"> * Se tiene protocolos para activación de alarmas tempranas ante la ocurrencia del evento. * Se cuenta con pólizas de seguros que permiten mitigar perjuicios económicos causados por este riesgo. * Disponibilidad operativa de ferrys "La Esperanza" y "La Tranquilidad". * Disponibilidad de contratistas (KMA y CCCI) para mantenimiento y atención de eventos, con maquinaria y personal operativo
RD6	Colapso vial que aisle el acceso de las comunidades	<ul style="list-style-type: none"> * Hoy se cuenta con ferris y lanchas que posibilitan el paso parcial por el proyecto, aun cuando no se tenga habilitada la vía principal.
RD7	Emergencias biosanitarias	<ul style="list-style-type: none"> * Continuar con sistema de vigilancia epidemiológica con la facultad de salud pública de la U de A. * Implementa lineamientos definidos por EPM y Gobierno Nacional para prevenir afectaciones por COVID-19.
RD8	Afectaciones no previstas a los recursos naturales (agua, suelo y aire)	<ul style="list-style-type: none"> * Implementación del plan de acción específico en la línea ambiental.
RD9	Ejecución de acciones de grupos armados ilegales en contra del proyecto y/o grupos de interés del PHI	<ul style="list-style-type: none"> * Activación de sala de seguridad y CISEM.
RD10	Dificultades en la estabilización de las obras subterráneas. (Casa de Máquinas, Almenaras, Cavernas de Transformadores, túneles de descarga y obras subterráneas adicionales)	<ul style="list-style-type: none"> * Se tiene protocolos para activación de alarmas tempranas ante la ocurrencia del evento. * Se cuenta con pólizas de seguros que permiten mitigar perjuicios económicos causados por este riesgo. * Se cuenta con Plan de Emergencias y Plan de Gestión de Riesgos de Desastres, debidamente socializado con las partes interesadas (personal del proyecto, comunidades, entidades gubernamentales, etc).
RD11	Afectación por variabilidad climática	<ul style="list-style-type: none"> • Contratos para mantenimiento correctivo y preventivo.

Adicional a estas medidas y de acuerdo con el avance del proyecto, atendiendo el requerimiento ANLA, se incluyen en este acápite, los planes de contingencia

operativos ante los diferentes escenarios de riesgos complementados (ver archivo en Excel denominado “Planes de Acción Ituango_”) a saber: Riesgo Inundaciones obras subterráneas, Riesgo inestabilidad macizo rocoso en zona norte, Riesgo Vertedero, Riesgo para la Presa y riesgo Deslizamientos (por sismos, altas precipitaciones, etc.). En dichos planes operativos, se realiza un análisis de Causas de cada escenario de riesgo, se definen los diferentes niveles de alerta y sus umbrales y finalmente se establecen las acciones a implementar en cada caso.

2.2.2 Priorización de la medida de intervención

Una vez los planes y proyectos cuentan con la viabilidad técnica se pasan a concepto del área de presupuesto a nivel gerencial en EPM para efectos de su aprobación. Cada uno de los proyectos llevará la identificación de alternativas, el análisis multicriterio, el presupuesto y el cronograma. Sólo harán parte de este plan, los planes y proyectos que cuenten con visto bueno de gerencia.

2.2.3 Diseño, especificaciones y desarrollo de las medidas de intervención seleccionadas.

Una vez desarrollado el análisis de las medidas correctivas tanto para la Proyecto Hidroeléctrico Ituango se plantean las acciones para el desarrollo de la programación de cada medida respecto a cada uno de los escenarios de riesgo proyectados en el proceso de conocimiento del riesgo como se puede ver en las siguientes fichas.

Para cada uno de los escenarios críticos del proyecto se definen los controles preventivos y correctivos existentes los cuales son ejecutados de manera secuencial a medida que se avanza en la recuperación del control del proyecto, ver Tabla 2–2.

Tabla 2–2 Controles preventivos y correctivos

CÓDIGO DEL RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS EXISTENTE	CONTROLES CORRECTIVOS EXISTENTES
R1	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación secuencial de la regla de operación. • El diseño del vertedero brinda la posibilidad de inspeccionar y reparar un canal mientras se descarga por el otro (depende de los caudales). • Las losas del vertedero tienen espesores de 50 cm., una resistencia de 28 MPa. y reposan sobre el macizo rocoso. • Se cuenta con asesoría, Interventoría, y personal especializado. • Cierre de los dos aireadores localizados en el muro central del vertedero. Medida presentada a la ANLA mediante comunicado del 15 de mayo de 2020. • Montaje de los blindajes metálicos en los pozos de presión de las conducciones N°1 a N°4 para asegurar la estabilidad de las obras de conducción. • Construcción de un sistema de lubricación para los sellos de las compuertas del vertedero para garantizar el correcto funcionamiento de las mismas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas redundantes de los equipos operación. • Se cuenta con cuadrillas que realizan mantenimiento preventivo y correctivos a los equipos o sistemas en operación. • Se cuenta con cuadrillas que realizan mantenimiento preventivo y correctivos a las losas y muros de concreto del vertedero
R2	<ul style="list-style-type: none"> • Respuesta oportuna y dirigida a requerimientos, quejas y reclamos. • Trazabilidad de la gestión ambiental, social y la debida diligencia adelantada por el proyecto (procesos de reasentamiento, compensaciones, consulta previa, restitución familias, procesos de desalojo, tema líderes sociales, seguridad, trámite de permisos y concesiones, atención de obligaciones ambientales). • Relacionamiento continuo y dirigido con comunidades. • Relacionamiento de alto nivel con instituciones y entidades regionales, nacionales e internacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Activación de Protocolo de atención de la protesta social con acciones de hecho_PADEC. • Informar a autoridades correspondientes la actividad que se esté desarrollando en el territorio. • Acción jurídica coordinada (empresa y Estado).

CÓDIGO DEL RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS EXISTENTE	CONTROLES CORRECTIVOS EXISTENTES
	<ul style="list-style-type: none"> Atención de afectaciones causadas aguas abajo (restitución familias Puerto Valdivia). Implementación de Plan de Acción específico aguas abajo. 	
R3	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo permanente de los niveles de salida de agua, con el objetivo de generar oportunamente las alertas respectivas aguas abajo del proyecto a través del CMT (centro de monitoreo técnico del PHI). Se cuenta con el pre-taponamiento de la GAD (cierre de compuertas izquierda y derecha). Planificación de acciones para el taponamiento definitivo de éste por medio de actividades secuenciales. Inyecciones de consolidación en el TDD, trabajos y avances importantes en la ejecución de del Pre-tapon 2 en para el TDD y obra necesaria para un posterior taponamiento definitivo de TDD. Ejecución de obras de recrecimiento de los tapones, que se informan mediante comunicado presentado a la ANLA el 06 y 19 de mayo de 2020. Conformación de los tapones verticales de concreto sobre la tapa estanca y los concretos, aguas arriba de las compuertas de la Galería Auxiliar de Desviación -GAD-. Actividad informada a la ANLA mediante comunicado el 13 de mayo de 2020. 	<ul style="list-style-type: none"> Se cuenta con el Plan de Emergencia ante un posible destaponamiento. Se cuenta con pólizas de seguros (Responsabilidad Civil) que permiten mitigar perjuicios causados por la materialización de este riesgo.
R4	<ul style="list-style-type: none"> Se cuenta con sensores en la presa que detectan movimientos en la misma. Se hace monitoreo de la cuenca del Cauca mediante seguimiento satelital. (Rapid Eye). Se hace monitoreo de los caudales del Rio Cauca a partir de las estaciones hidrométricas localizadas en La Pintada y Olaya. 	<ul style="list-style-type: none"> Se tiene protocolos para activación de alarmas tempranas ante la ocurrencia del evento. Se cuenta con pólizas de seguros (Responsabilidad Civil) que permiten mitigar perjuicios económicos causados por este riesgo.

CÓDIGO DEL RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS EXISTENTE	CONTROLES CORRECTIVOS EXISTENTES
	<ul style="list-style-type: none"> • Se cuenta con vigías en campo aguas arriba y abajo para ver variaciones en entrada y salida de agua del embalse. • Topografía de la interventoría. • Se cuenta con interventoría en campo para verificar cumplimiento de especificaciones. • Se cuenta con asesorías especializada nacional e internacional, en integridad de presas y de macizos rocosos. (Board de asesores de EPM, brasileros y colombianos) y de integral (canadienses). • Finalización de la construcción de la presa a su cota original de diseño (435 msnm). 	
R5	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecución de actividades de tratamiento y estabilización del talud alto de la plazoleta de compuertas, puente 57 y vías industriales en la margen derecha (aguas arriba de la presa). • Estabilización de la zona inestable 7 (subestación 500 kV). • Definición de actividades de estabilización en margen izquierda tras las visitas, diagnóstico y definición por parte de las mesas de constructibilidad (Asesoría, Interventoría, CCCI, EPM). Km 0+900 • Monitoreo e instrumentación las 24 horas del día del CMT • Señalización de las zonas inestable. • Conceptos de mejoramiento realizados para cada uno de los puntos críticos con base en los estudios de estabilidad (ver anexo de respuesta req 48 # 2b. • Trabajos de reconfiguración del talud de la parte alta de la plazoleta de compuertas, remoción de material agrietado en la excavación para la vía de acceso, desplazamiento de la obra de drenaje de la abscisa km 0+145 a la abscisa km 0+180, limpieza de bloques de roca, sostenimiento de los taludes 	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiene protocolos para activación de alarmas tempranas ante la ocurrencia del evento. • Se cuenta con pólizas de seguros que permiten mitigar perjuicios económicos causados por este riesgo. • Disponibilidad operativa de ferrys "La Esperanza" y "La Tranquilidad". • Disponibilidad de maquinaria en obras principales. • Disponibilidad de contratistas (KMA y CCCI) para mantenimiento y atención de eventos. • Presa finalizada con nivel de diseño en la cota 435 msnm. • La estructura del vertedero está completamente terminada con una capacidad de evacuación de 22.500 m³/s.



CÓDIGO DEL RIESGO	CONTROLES PREVENTIVOS EXISTENTE	CONTROLES CORRECTIVOS EXISTENTES
	<p>de la vía industrial, manejo de aguas de escorrentía. Dichas acciones se describen comunicado presentado a la ANLA del 08 de mayo de 2020.</p> <ul style="list-style-type: none">• Ejecución de inyecciones de refuerzo en la Galería de Drenaje 250 localizada en el macizo rocoso de la margen izquierda• Ejecución de obras correspondientes al tramo km 0+900, que se detallan en el documento "Inestabilidad margen izquierda km0+900 al km 1+290", que se anexa al comunicado presentado a la ANLA el 29 de abril de 2020...	

2.2.3.1 Medidas de intervención correctiva

ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD01 Falla en el funcionamiento del vertedero. (compuertas, pozo de impacto, bermas y canales)			
1. OBJETIVOS			
Mitigar los escenarios de riesgos causado por fallas en el funcionamiento del vertedero			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
Cuando se presenta situaciones asociadas fallas por errores humanos, en maniobras de operación, fallas en componentes del sistema electromecánico, la operación continua del vertedero (hasta la entrada en operación de la Descarga Intermedia), por situaciones asociadas con erosión en el cuenco del vertedero, Erosión y/o socavación de las losas del vertedero o mayor tiempo de exposición y retrasos en potenciales trabajos de estabilización en el sitio; se puede presentar deterioro o fallas de las bermas, canales y posteriores fenómenos de inestabilidad en la presa, socavación del cuenco del vertedero y posible afectación a la estabilidad de la presa, crecientes aguas abajo, presentando posibles sobrecostos por reparaciones de la infraestructura.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> *Preservar los sistemas redundantes de los equipos operación. *Mantener las cuadrillas que realizan mantenimiento preventivo y correctivos a los equipos o sistemas en operación. *Mantener cuadrillas que realizan mantenimiento preventivo y correctivos a las losas y muros de concreto del vertedero. 			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
<ul style="list-style-type: none"> *Mantenimiento de los sistemas redundantes. *Continuar con las cuadrillas para mantenimientos correctivos y preventivos del sistema operativos. 			
5. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO			
6.2. Instancias de gestión			
La Dirección Desarrollo Proyecto Ituango será la encargada de la implementación de las acciones.			



ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD02			
Protesta social como derecho y protesta social con acciones de hecho (escalamiento a acciones violentas) por parte de terceros en el área de influencia del PHI y en otras áreas de interés (vías, paso por obras principales, ferry, aguas abajo)			
1. OBJETIVOS			
Disminuir la probabilidad de materialización de escenario de riesgo por actividades de orden público, Protesta social como derecho y protesta social con acciones de hecho.			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
Actividades de orden público que ocasionan afectación grave en la prestación del servicio y en el bienestar de las personas se encuentra asociados a protesta social como derecho y protesta social con acciones de hecho, situación que se puede presentar por manejo inadecuado de impactos del proyecto, las dinámicas sociopolíticas específicas (situaciones ligadas a la conflictividad armada o de violencia, minería, cultivos ilícitos) de orden local, regional y nacional, manipulación de la comunidad del área de influencia, el inconformismo por respuesta negativa por parte del proyecto a reclamaciones y exigencias de quienes interponen derechos de petición, y estas puede tener como posibles afecciones la imagen y/o reputación, retrasos en el cronograma del proyecto, mayores costos a los presupuestados, imposibilidad de continuar con las actividades de estabilización del proyecto lo cual genera riesgos en los distintos frentes de obra.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
Implementación de protocolo de atención de la protesta social con acciones de hecho_PADEC. (activación de los diferentes responsables para la atención del evento).			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
*La aplicación de la medida se debe realizar mediante un plan de comunicaciones, se deben definir como, cuando y el público objetivo. *Realizar simulaciones y simulacros			
5. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO/ DIR. SEGURIDAD			
6.2. Instancias de gestión			
Ejecución de contratos o convenio y personal propio de EPM			

ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD03 Destaponamiento de uno de los túneles del sistema de desviación (GAD, TDD)			
1. OBJETIVOS			
Mitigar los escenarios de riesgos causados por destaponamiento de uno de los túneles en Proyecto Hidroeléctrico Ituango.			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
El lavado del material que conforma el tapón natural y la acomodación de material suelto al interior de los túneles, la presión hidrostática del embalse, presencia de posibles sismos, puede generar afectación a los bienes, infraestructura y normal desarrollo de las actividades, e impactos a los componentes físico y biótico del proyecto.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
*Aparar la implementación del plan de emergencia ante un posible destaponamiento (activación cadena de llamadas, activación de frentes técnicos y logísticos para atención del evento). *Mantener actualizadas las pólizas de seguros (Responsabilidad Civil) que permiten mitigar perjuicios causados por la materialización de este riesgo.			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
*Se realizarán programas para implementación de plan de emergencia (capacitaciones, simulaciones y simulacros). *Se harán revisión periódica para actualización de las pólizas.			
5. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO			
6.2. Instancias de gestión			
Mantener actualizado el contrato con operador Cruz Roja			

ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD04 Falla o rotura de la presa			
1. OBJETIVOS			
Mitigar los escenarios de riesgos causados por Falla o rotura de la presa de PHI			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
La falla o ruptura de presa podrá estar asociado con filtraciones, posibles erosiones de materiales finos, por sismos que superen los criterios de diseño de la presa, condiciones geológicas desfavorables no identificadas en los estudios, grandes deslizamientos en el embalse que puedan generar overtopping. Lo que puede ocasionar sobrevertido del agua por encima de la presa (Overtopping) afectaciones a la vida y la salud de las comunidades aguas abajo del proyecto al igual que los trabajadores del mismo, se pueden ver impactados los bienes, infraestructura, componentes físico y biótico aguas abajo del proyecto, y normal desarrollo de actividades, retraso o imposibilidad de continuar con el proyecto.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
<p>*Conservar la implementación de protocolos para activación de alarmas tempranas ante la ocurrencia del evento (activación cadena de llamadas, activación de frentes técnicos y logísticos para atención del evento).</p> <p>* Mantener actualizadas las pólizas de seguros (Responsabilidad Civil) que permiten mitigar perjuicios económicos causados por este riesgo.</p> <p>*Se cuenta con sensores en la presa que detectan movimientos en la misma, monitoreo de los caudales del río. Los cuales son monitoreados 24 horas los 7 días a las semanas en el Centro de Monitoreo Técnico del proyecto.</p> <p>*Mantener vigías en campo aguas arriba y abajo para verificar variaciones en entrada y salida de agua del embalse.</p>			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
<p>*Se ejecutan programas para implementación de plan de emergencia (capacitaciones, simulaciones y simulacros).</p> <p>*Se harán revisión periódica para actualización de las pólizas.</p> <p>* Se realizan mantenimientos preventivos de los sensores.</p> <p>*Mantener activas las labores de vigías en campo.</p>			
1. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO			
6.2. Instancias de gestión			
Mantener actualizado el contrato con operador Cruz Roja Ejecución de contratos o convenio y personal propio de EPM			

ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD05 Deslizamiento de laderas que afecte el desarrollo del proyecto (deslizamientos en el embalse, en margen izquierda, en margen derecha)			
1. OBJETIVOS			
Reducir la probabilidad de ocurrencia de deslizamiento de laderas en el PHI			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
Cuando se presentan altas precipitaciones, o existen altas pendientes de los taludes, por sismos, desestabilización de terreno por actividades propias del proyecto, condiciones geológicas desfavorables no identificadas en los estudios, puede generar afectaciones a la vida y salud de los trabajadores del proyecto y comunidades, impactar tránsito de las comunidades y de los contratistas del proyecto, aislamiento de las comunidades y de los contratistas, y se pueden presentar posibles retrasos, sobrecostos por tratamientos de estabilización, posibles deslizamiento con capacidad de generar una ola, posibles sanciones de la licencia ambiental.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> * Mantener implementados los protocolos para activación de alarmas tempranas ante la ocurrencia del evento. (activación cadena de llamadas, activación de frentes técnicos y logísticos para atención del evento). * Conservar actualizadas las pólizas de seguros que permiten mitigar perjuicios económicos causados por este riesgo. * Disponibilidad operativa de ferrys "La Esperanza" y "La Tranquilidad". dando continuidad a la movilidad de la comunidad y de los trabajadores. * Disponibilidad de contratistas (KMA y CCCI) para mantenimiento y atención de eventos, con maquinaria y personal operativo. 			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
<ul style="list-style-type: none"> * Se realizarán programas para implementación de plan de emergencia (capacitaciones, simulaciones y simulacros). * Se harán revisión periódica para actualización de las pólizas. * Se ejecutarán mantenimientos preventivos de ferrys * Mantener activo el equipo contratista encargado de los mantenimientos 			
5. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO			
6.2. Instancias de gestión			
Mantener actualizado el contrato con operador Cruz Roja Ejecución de contratos o convenio y personal propio de EPM			



ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD06 Colapso vial que aisle el acceso de las comunidades			
1. OBJETIVOS			
Aminorar eventos asociado a Colapso vial.			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
Los inadecuado tratamiento en la estabilización de los túneles, acto terrorista, presencia de sismos, evento Geológico- Geotécnico (desestabilización de taludes y derrumbe - deslizamiento), variaciones del clima, crecientes de cuerpos de aguas, falta de mantenimiento, por desplazamiento de estructuras (puentes, vías, entre otros), lo cual puede presentar afectaciones a la dinámica social y económica de las poblaciones, la ejecución de actividades del proyecto, presencia de manifestaciones en contra del proyecto, sobre costos por reparación de las vías.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
*Mantener disponibilidad ferris y lanchas que posibilitan el paso parcial por el proyecto, aun cuando no se tenga habilitada la vía principal.			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
*Mantenimientos preventivos de ferrys y Lanchas			
5. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO			
6.2. Instancias de gestión			
Ejecución de contratos o convenio y personal propio de EPM			

ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD07 Emergencias Biosanitarias			
1. OBJETIVOS			
Reducir el riesgo por Emergencias Biosanitarias en el Proyecto Ituango.			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
La presencia de enfermedades transmitidas por alimentos, fallas en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, enfermedades generadas por virus , bacterias y vectores, enfermedad infecciosa gripe o COVID-19. Puede acarrear situaciones asociadas de afectación a la salud de los trabajadores y visitantes del proyecto, posibles retrasos del proyecto por incapacidad de los trabajadores, sobrecostos asociados a atender la emergencia.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
*Continuar con sistema de vigilancia epidemiológica con la facultad de salud pública de la U de A. * Implementar lineamientos definidos por EPM y Gobierno Nacional para prevenir afectaciones por COVID-19			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
*Dar continuidad al contrato con la U de A *Se realiza capacitaciones, charlas y campañas comunicacionales de auto cuidado a los empleados. *Verificación de cumplimiento de las medidas preventivas			
5. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO			
6.2. Instancias de gestión			
Mantener actualizado el contrato con U de A Ejecución de contratos o convenio y personal propio de EPM			



ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD08 Afectaciones no previstas a los recursos naturales (agua, suelo y aire)			
1. OBJETIVOS			
Disminuir afectaciones no previstas a los recursos naturales			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
La desestabilización de ladera y afectación de cobertura vegetal ocasionada por operación continua del vertedero y sobresaturación de gases, podrán presentar afectaciones a la fauna y la flora aguas abajo del embalse y esto desencadena posibles inicios de procesos sancionatorios o pliegos de cargos por parte de las autoridades ambientales e impacto a la reputación y afectación al medioambiente.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
*Mantener implementación del plan de acción específico en la línea ambiental, buscando reducir los impactos a los recursos naturales.			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
*Se realizan planes, programas y monitoreos constantes.			
5. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO			
6.2. Instancias de gestión			
Ejecución de contratos o convenio y personal propio de EPM			



ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD09 Ejecución de acciones de grupos armados ilegales en contra del proyecto y/o grupos de interés del PHI			
1. OBJETIVOS			
Mitigar los escenarios de riesgos causados por la ejecución de acciones de grupos armados ilegales.			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
Con la presencia de grupos armados al margen de la ley en la zona del proyecto motivados principalmente con la búsqueda de control territorial, presencia de economías ilegales y criminales (narcotráfico, minería ilegal), extorsión, lo que puede desencadenar actos terroristas en las obras civiles y equipos del proyecto, la afectación de equipos críticos verse afectada la integridad física de empleados, contratistas o comunidad (homicidio, secuestro, hurto). Con ocasión de este riesgo de podrá presentar posibles retrasos, sobrecostos asociados a la reparación de la infraestructura dañada y paros armados que afecten la movilidad y la imposibilidad de la continuidad de la estabilización de las obras.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
* Mantener implementada la activación de sala de seguridad y CISEM.			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
*Realizar monitoreo y mantenimiento a sala de Seguridad.			
5. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO/ DIR. SEGURIDAD			
6.2. Instancias de gestión			
Ejecución de contratos o convenio y personal propio de EPM			

ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD10 Dificultades en la estabilización de las obras subterráneas. (Casa de Máquinas, Almenaras, Cavernas de Transformadores, túneles de descarga y obras subterráneas adicionales)			
1. OBJETIVOS			
Disminuir riesgo por dificultades en la estabilización de las obras subterráneas.			
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
La presencia de condiciones geológicas desfavorables no identificadas en los estudios, el hallazgo de alteraciones del macizo no identificadas tras la contingencia, presencia de sismos, procesos constructivos inadecuados, posibles infiltraciones. Esto podrá generar retrasos, afectación y/o daño de equipos y obras civiles, impactos financieros, reputacionales, afectación a la salud de personal en obra.			
3.DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> * Mantener Implementados protocolos para activación de alarmas tempranas ante la ocurrencia del evento. * Conservar actualizadas las pólizas de seguros que permiten mitigar perjuicios económicos causados por este riesgo. * Amparar la implementación de Plan de Emergencias y Plan de Gestión de Riesgos de Desastres, debidamente socializado con las partes interesadas (personal del proyecto, comunidades, entidades gubernamentales, etc). 			
4.APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
<ul style="list-style-type: none"> *La aplicación de la medida se debe realizar mediante un plan de comunicaciones, se deben definir como, cuando y el público objetivo. *Se harán revisión periódica para actualización de las pólizas. *Se realizarán programas para implementación de plan de emergencia (capacitaciones, simulaciones y simulacros). 			
5.PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales	X		
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO			
6.2. Instancias de gestión			
Mantener actualizado el contrato con operador Cruz Roja Ejecución de contratos o convenio y personal propio de EPM			

ESCENARIO DE RIESGO			
Identificación de riesgo RD11 Afectación por variabilidad climática			
1. OBJETIVOS			
Aminorar eventos asociado a afectación por variabilidad climática			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA			
El fenómeno amenazante asociado a afectaciones por viabilidad climática se encuentra asociado con, Fenómenos naturales como el del niño y la niña, eventos extremos, como altas lluvias fuertes sequía, no asociados a fenómeno de niño y niña, lo cual provocaría sobre costos en el proyecto, movimientos en masa, mayor cantidad de sedimentos en el proyecto, colmatación del embalse. Presencia de disminución de caudal, menor generación de energía, afectación a comunidades, inundación, pérdida de cultivos, viviendas y vidas humanas.			
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN			
Amparar contratos para mantenimiento correctivo y preventivo.			
4. APLICACIÓN DE LA MEDIDA			
Dar continuidad al contrato que se tienen vigentes			
5. PLAZO			
Medida de Intervención	CORTO	MEDIANO	LARGO
No estructurales			X
6. RESPONSABLES			
6.1. Área o dependencia			
DIR. DESAROLLO PROYECTO ITUANGO			
6.2. Instancias de gestión			
Ejecución de contratos o convenio y personal propio de EPM			

Complemento



2.3 INTERVENCIÓN PROSPECTIVA

Se busca garantizar que no surjan nuevas situaciones de riesgo y se concreta a través de acciones de prevención, que impiden que las personas y los bienes lleguen a estar expuestos ante posibles eventos peligrosos, se disminuyan las pérdidas o se propenda por la sostenibilidad del proyecto.



Tabla 2–3 Medidas de intervención prospectiva

ID	Origen	Nombre riesgo	Escenario de riesgo	Reducción de la Amenaza	Reducción de la Vulnerabilidad	Reducción del Riesgo
R1	Tecnológico	Falla en el funcionamiento del vertedero. (compuertas, pozo de impacto, bermas y canales)	Daños en la infraestructura que afecte la estabilidad de la presa y posible crecientes aguas abajo.	Habilitar otro sistema de descarga de caudal para el proyecto (Unidades de Generación, Descarga Intermedia) a la mayor brevedad.	Verificación del cumplimiento de los mantenimientos y las medidas, inspecciones de sitio, monitoreos constantes	Implementación de planes y programas y sistemas de mantenimiento.
R2	Antrópico	Protesta social como derecho y protesta social con acciones de hecho (escalamiento a acciones violentas) por parte de terceros en el área de influencia del PHI y en otras áreas de interés (vías, paso por obras principales, ferry, aguas abajo)	Actividades de orden público o vandalismo que ocasionen, retrasos en el Cronograma del Proyecto, Mayores costos a los presupuestados, Imposibilidad de continuar con las actividades de estabilización.	Activar el Protocolo PADEC, de atención de la protesta social. Generación de canal de alertas tempranas de protesta sociales con tendencia a posibles escalamientos violentos.	Verificación del cumplimiento de las medidas, realizar inspecciones y monitoreos constantes en las áreas expuestas y sistemas de seguridad.	Continuar implementando de planes y programas de seguridad física
R3	Natural	Destaponamiento de uno de los túneles del sistema de desviación (GAD, TDD)	Destaponamiento de túnel que pueda afectar los bienes, infraestructura y normal desarrollo de las actividades.	Realizar cierre de las compuertas (izquierda y derecha) para pre-taponar la Galería Auxiliar de Desviación (GAD). Construcción tapón estructural definitivo de la GAD.	Verificación del cumplimiento de los mantenimientos y las medidas, inspecciones de sitio, monitoreos constantes.	Continuar con la implementación mantenimientos y monitoreos.



ID	Origen	Nombre riesgo	Escenario de riesgo	Reducción de la Amenaza	Reducción de la Vulnerabilidad	Reducción del Riesgo
				Pretaponamiento del Túnel de Desviación Derecho (TDD). Construcción tapón estructural definitivo del TDD.		
R4	Tecnológico	Falla o rotura de la presa	Ruptura de presa, podrá ocasionar afectaciones a la vida y a la salud de las comunidades aguas abajo del proyecto y a los trabajadores del mismo. Afectación a los bienes, infraestructura Retrasos o imposibilidad de continuar con el proyecto, pérdidas económicas.	Realizar construcción del medidor de infiltraciones.	Verificación del cumplimiento de los mantenimientos, inspecciones y revisiones de infraestructura.	Implementación de planes y programas de mantenimiento.
R5	Natural	Deslizamiento de laderas que afecte el desarrollo del proyecto (deslizamientos en el embalse, en margen izquierda, en margen derecha)	Deslizamientos o movimientos en masa que afecten a la vida y salud de los trabajadores y comunidades cercanas, retraso en la consecución de	Efectuar construcción de rondas de coronación y drenajes superficiales en margen izquierda. Elaborar plan de contingencia para un evento en margen	Verificación del cumplimiento de, planes programas y la socialización y aplicación del PEC.	Dar continuidad a la Implementación del PGRDEPP y seguimiento a PEC.



ID	Origen	Nombre riesgo	Escenario de riesgo	Reducción de la Amenaza	Reducción de la Vulnerabilidad	Reducción del Riesgo
			actividades en el proyecto.	izquierda y socializarlo. Formulación de la estrategia de comunicación con la mesa intersectorial de movilidad del municipio de Ituango.		
R6	Tecnológico / Antrópico	Colapso vial que aisle el acceso de las comunidades	Colapso vial que afecten a la dinámica social y económica de las poblaciones y la ejecución de actividades del proyecto.	Contar con ferris y lanchas que posibilitan el paso parcial por el proyecto. Revisión de estructuras viales y mantenimientos.	Verificación del cumplimiento de mantenimientos de estructuras viales	Continuar con la implementación de planes y programas contingentes (alternativas de desplazamientos).
R7	Biosanitario	Emergencias biosanitarias	Presencia de Enfermedades infecciosas y virales, que afecten la salud de los empleados y la continuidad de las actividades en el proyecto.	Continuar con el monitoreo y seguimiento a los controles correctivos existentes. Dar continuidad al protocolo para el manejo del COVID-19 y las medidas preventivas y correctivas.	Verificación de cumplimiento de las medidas establecidas en los protocolos diseñados.	Implementar programas de vacunación y dar continuidad a la verificación de cumplimiento de los protocolos existentes
R8	Tecnológico / Antrópico	Afectaciones no previstas a los recursos naturales (agua, suelo y aire)	Presencia de sustancias contaminantes y actividades	Continuar con el monitoreo y seguimiento a los	Verificación de cumplimiento de las medidas establecidas.	Implementación de aplicación de los planes y



ID	Origen	Nombre riesgo	Escenario de riesgo	Reducción de la Amenaza	Reducción de la Vulnerabilidad	Reducción del Riesgo
			realizadas en obra que afecten los recursos naturales.	controles correctivos que se tienen		programas existentes.
R9	Tecnológico/ Antrópico	Ejecución de acciones de grupos armados ilegales en contra del proyecto y/o grupos de interés del PHI	Actividades de vandalismo que ocasionen, afectación a la integridad de los empleados, retrasos en el cronograma del Proyecto, Imposibilidad de continuar con las actividades de estabilización.	Continuar monitoreando la situación y aplicando los controles existentes. Generar de alertas tempranas en caso de evidenciar situaciones amenazantes que comprometan la integridad de las personas y/o el proyecto. Evaluar la pertinencia de establecer un convenio con Fuerza Aérea para monitorear el proyecto. Continuar con la implementación del convenio con Ejército para adquirir la capacidad fluvial con un pelotón en el embalse.	Verificación del sistema de seguridad, monitoreo constante de cámaras de seguridad.	Continuar con Implementación de programas de seguridad física



ID	Origen	Nombre riesgo	Escenario de riesgo	Reducción de la Amenaza	Reducción de la Vulnerabilidad	Reducción del Riesgo
R10	Tecnológico	Dificultades en la estabilización de las obras subterráneas. (Casa de Máquinas, Almenaras, Cavernas de Transformadores, túneles de descarga y obras subterráneas adicionales)	Dificultades en la estabilización de las obras subterráneas, daños o fallas que afecten la continuidad de actividades.	Realizar Pre- taponamiento de los túneles de desviación. Ejecución de las actividades de estabilización de los distintos frentes de obra subterráneos afectados tras la contingencia (túnel de acceso a CMA, Casa de Máquinas, Almenaras, Caverna de Transformadores, Galerías de Construcción). Construcción de muro de protección en la zona de las descargas.	Verificación de cumplimiento de mantenimientos, inspecciones de infraestructura y equipos.	Implementación de planes y programas de mantenimiento, vigilancia y control
R11	Tecnológico/Ant rópico	Afectación por variabilidad climática	Afectación por variabilidad climática, donde se pueden ver afectados los ecosistemas y puede presentarse una reducción en la vida útil del proyecto.	Evaluación e implementación de las acciones producto del análisis del plan de adaptación al cambio climático y variabilidad climática	Verificación de cumplimiento de programas y acciones existentes	Continuar con la implementación de planes y programas que reduzcan el impacto.

2.4 IDENTIFICAR, FORMULAR E IMPLEMENTAR MEDIDAS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO

Los lineamientos establecidos en el plan de gestión del riesgo y su naturaleza de actualización periódica garantizan que se busque permanentemente la reducción del riesgo en todos los componentes del proceso. Antes de fijar cualquier cambio en los procesos, se deben evaluar las medidas que reduzcan los posibles riesgos de las medidas planteadas.

Las evaluaciones que se realicen podrán evidenciar la necesidad de generar protocolos, documentos operativos y otros de acuerdo con las necesidades que se presenten. Esto se evidencia en la política de gestión integral de riesgos para EPM, la cual cita lo siguiente:

“EPM realiza la gestión de los riesgos que inciden sobre su actividad y su entorno adoptando las mejores prácticas y estándares internacionales de Gestión Integral de Riesgos (GIR), como una forma de facilitar el cumplimiento del propósito, la estrategia, los objetivos y fines empresariales, tanto de origen estatutario como legal.

Área Responsable en el Acta: Planeación institucional. Aprobada Acta 1525 de Junta Directiva 02 /11/ 2010” (EPM).

Como sustento inicial, se cuenta con el Plan de contingencias y emergencias desarrollado para los municipios de aguas abajo por Cruz Roja.

2.4.1 Medidas implementadas preventivas y prospectivas

A continuación, se presenta el resumen de los análisis de estabilidad y las medidas recomendadas para los sitios de interés (Talud desviación, Villa Luz, Romerito, Vertiente Norte Margen Derecha, La Honda, El Cocal y el k0+900), su efectividad con respecto al comportamiento de la instrumentación geotécnica y las medidas correctivas y preventivas donde se haya requerido.

2.4.1.1 Talud portal entrada desviaciones

Durante la contingencia ocurrida en el proyecto ocurrieron una serie de deslizamientos en el talud del portal entrada de los túneles de desviación originales debido al paso del agua de forma no controlada por la galerías y túneles de desviación. Esta serie de deslizamientos generó la geometría que se presenta actualmente sobre este talud como se muestra en la Figura 2-1.



Figura 2-1 Condición actual talud desviación (enero/2021)

Fuente: CGI, 2021.

Dada la importancia de este talud surgió la necesidad de realizar un análisis de estabilidad de la ladera involucrada para la evaluación inicial del potencial riesgo de que el fenómeno de estabilidad continuara un proceso remontante del talud y propiciara la posible ocurrencia de un deslizamiento hacia su cierre norte afectando los taludes de la captación. El análisis se resume a continuación:

2.4.1.2 Contexto geológico

El sector de la estructura de entrada del sistema de desviación presenta un basamento constituido por el perfil de meteorización del gneis cuarzo-feldespático, característico de la zona donde se emplazan las obras principales del proyecto, recubierto localmente por depósitos recientes de espesores y características variables. En profundidad, la roca excavada consiste en gneis cuarzo feldespático, con alteración restringida a las paredes de las discontinuidades, correspondientes al horizonte IIB. Por encima de este horizonte, o sobre la cara externa del talud excavado formado por el deslizamiento se observa la roca moderadamente meteorizada (horizonte IIA), caracterizada por la elevada oxidación y rellenos de suelos limosos o arenosos entre las paredes de las discontinuidades, recubierta localmente por la transición suelo-roca (horizonte IC-IIA), altamente heterogénea, con abundantes bloques de roca, angulosos, menores de 1 m de diámetro con espesores máximos que alcanzan los 8 m de profundidad. Sobre los horizontes del perfil de meteorización del gneis se encuentran depósitos de vertiente tipo coluvión compuesto por fragmentos de roca sub-angulares, moderadamente alterados, menores a un metro en su dimensión mayor. En la Figura 2-2 se muestra el perfil típico del talud y en la Tabla 2-4 los parámetros de los materiales involucrado en dicho perfil.

Tabla 2-4 Parámetros de resistencia – Talud PE desviación

Material	Densidad (kN/m ³)	Criterio	Cohesión (kN/m ²)	Phi (°)	UCS (MN/m ²)	GSI
Qdv	20+/-1	Mohr-Coulomb	30+/- 9	30 +/-9	--	--
IC-IIA	19+/-1	Mohr-Coulomb	20 +/- 8	35 +/-10	--	--
IIA	24+/-1	Hoek-Brown	--	--	70 +/-10	50+/-10
IIB	26+/-1	Hoek-Brown	--	--	90 +/- 10	55 +/-10

Fuente: CGI, 2019.

El resultado de la caracterización estructural se muestra en la Figura 2-3 y Figura 2-4.

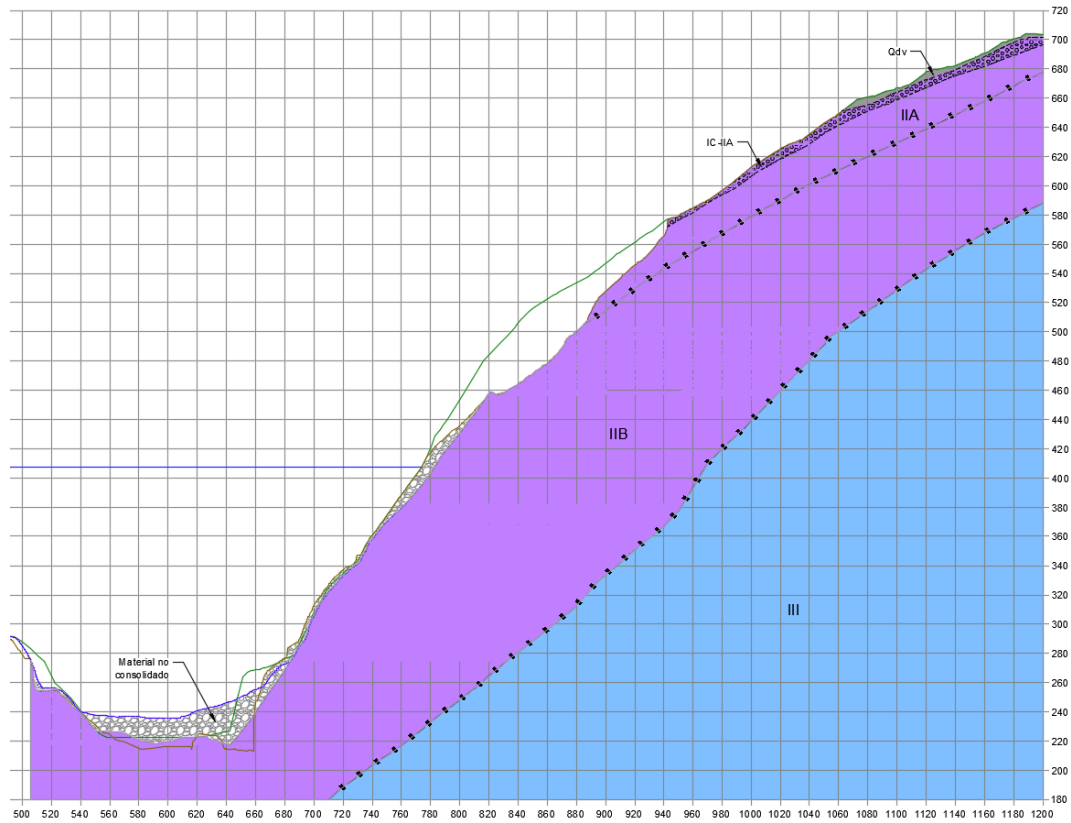


Figura 2-2 Perfil estratigráfico típico – Talud PE desviación.

Fuente: CGI, 2019.

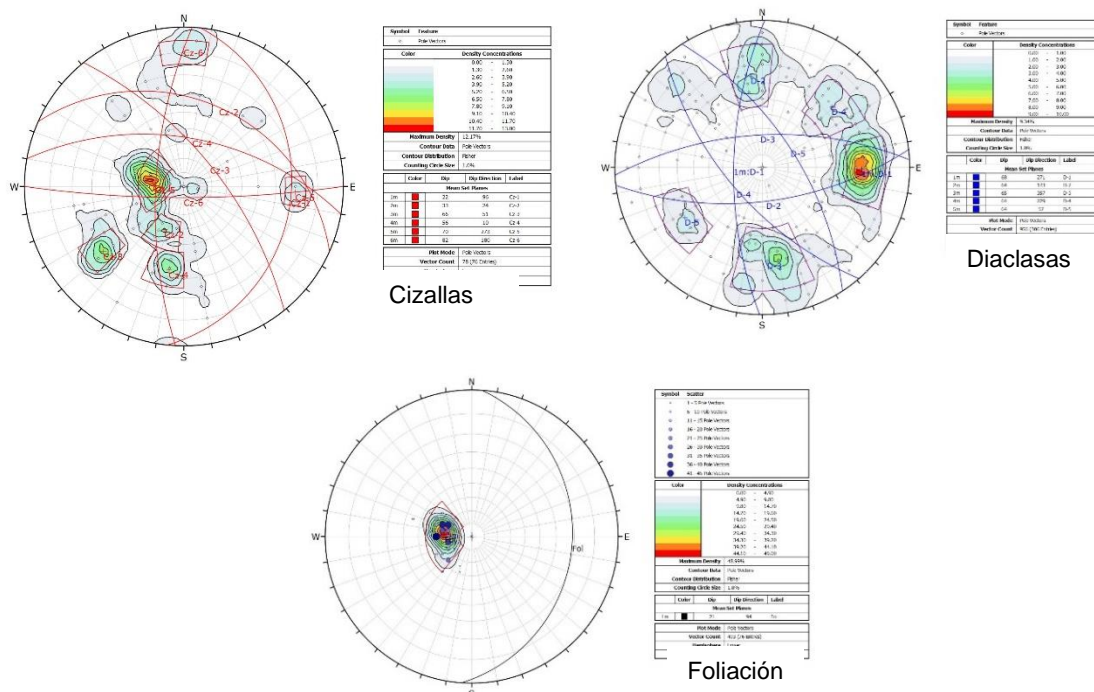


Figura 2-3 Estereograma estructuras mapeadas entre las cotas 400 a 420.

Fuente: CGI, 2019.

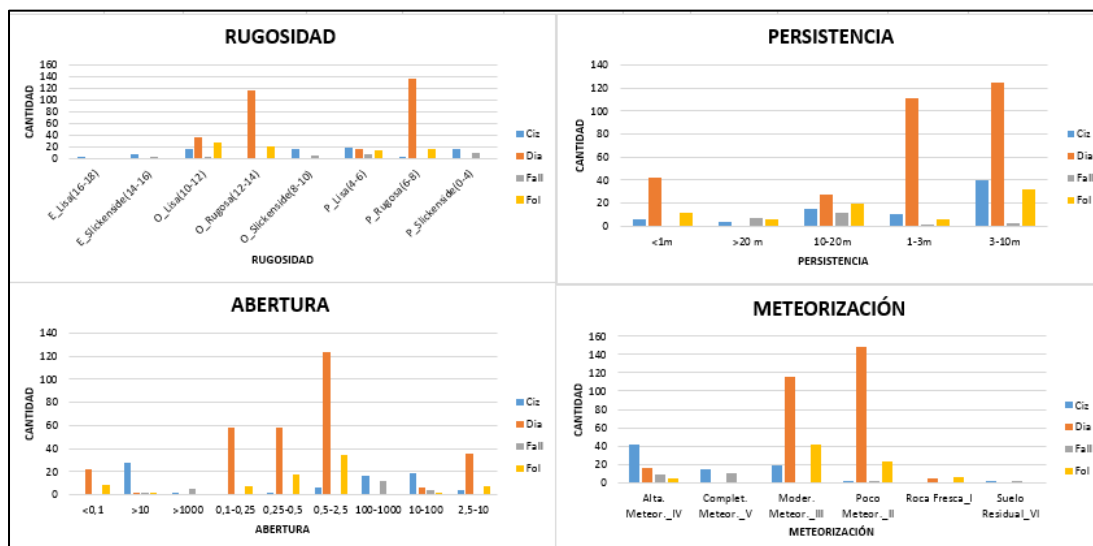


Figura 2-4 Caracterización estructural entre cotas 400 -530.

Fuente: CGI, 2019.

2.4.1.3 Análisis de estabilidad

A continuación, se muestra el resumen de los análisis de estabilidad realizados para este frente. Para la ejecución del análisis de estabilidad global, el talud se sectorizó en tres partes de acuerdo con su elevación, es decir, entre la cota 500 y 700 m.s.n.m, entre la cota 500 a 400 m.s.n.m y entre la cota 400 y 200 m.s.n.m. En total se usaron cinco perfiles como se muestra en la planta de la Figura 2-5. En los perfiles A, B, C y D se evalúa la estabilidad del escarpe principal en la dirección este-oeste y sobre los perfiles E y F se evalúa la estabilidad del talud del cierre norte. Adicionalmente, se definieron para cada uno de los perfiles los siguientes escenarios de análisis:

- **Escenario 1:** Condición estática + agua en cota 407 y agua en cota 350
- **Escenario 2:** Condición pseudo-estática + agua en cota 407.

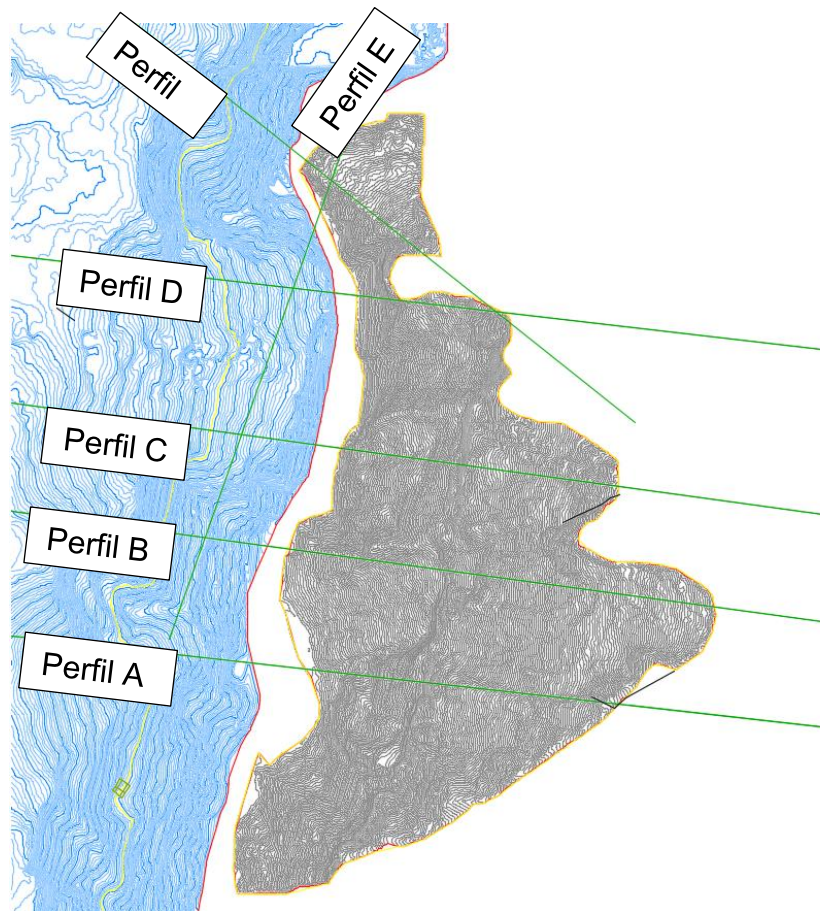


Figura 2-5 Localización en planta de los perfiles de análisis.

Fuente: CGI, 2019.

El resumen de los resultados obtenidos para los escenarios analizados se muestra a continuación (Tabla 2–5 y Tabla 2–6):

Tabla 2–5 Resumen resultados análisis– Escenario 1

Escenario	Perfil	Sector	FS	PF (%)	Cota NF (msnm)
1) Estático + nivel freático	A	1	1,9	0	407
		2	3,1	0	407
	B	1	1,8	0	407
		2	4,9	0	407
			4,9	0	350
	C	1	1,1	26	407
		2	1,1	26	407
	D	1	1,9	0	407
		2	1,9	0	407
	E	Norte-sur	3,8	0	407
			3,8	0	350
		Sur-norte	1,7	0	407
			1,7	0	350
	F	1	3,3	0	407
2,0			0	350	

Fuente: CGI, 2019.

Tabla 2–6 Resumen resultados análisis– Escenario 2.

Escenario	Perfil	Sector	FS	PF (%)	Cota NF (msnm)
2) Estático + nivel freático + sismo (Tr=2500 años)	A	1	1,2	4	407
		2	2,3	0	407
	B	1	1,1	19	407
		2	3,4	0	407
			3,4	0	350
	C	1	0,6	100	407
		2	0,6	100	407
	D	1	1,1	19	407
		2	1,1	19	407
	E	Norte-sur	2,2	0	407
		Norte-sur	2,2	0	350
	F	1	2,3	0	407
			1,5	0,1	350

Fuente: CGI, 2019.

Para la realización del análisis cinemático de los mecanismos de formación de cuña, se dividió el talud en zonas, de acuerdo con la dirección de la ladera, como se muestra en Figura 2-6, donde se puede observar que son en total cuatro sectores.

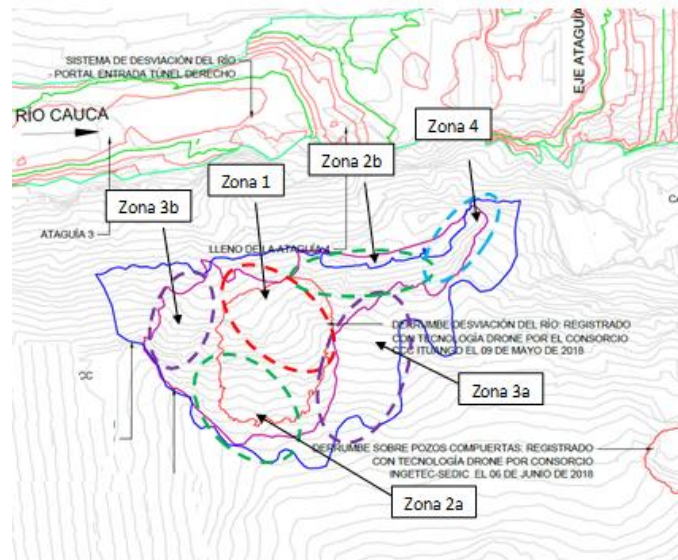


Figura 2-6 Zonas de estudio análisis cinemático de cuñas.

Fuente: CGI, 2019.

Similar al análisis de estabilidad global, para el análisis cinemático local se utilizaron los siguientes escenarios:

- **Escenario 1:** Condición estática + agua
- **Escenario 2:** Condición pseudo-estática + agua

Los resultados de los análisis de formación de cuña se resumen en la Tabla 2-7 y la Tabla 2-8:

Tabla 2-7 Resumen resultados análisis de cuña – Escenario 1.

Escenario	Zona	PF (%)
1) Estático + nivel freático	1	0
	2A	18
	2B	7
	3	0
	4	42%

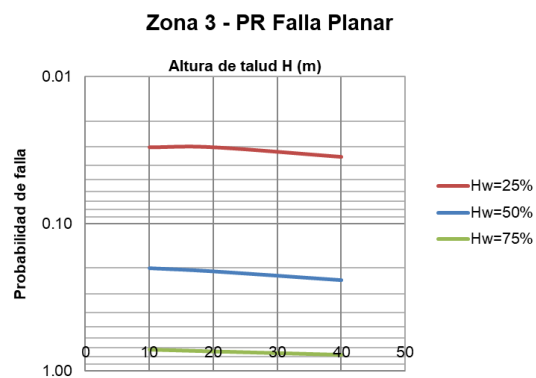
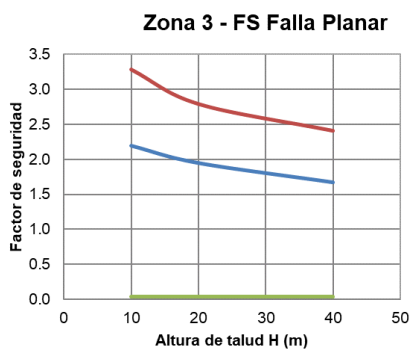
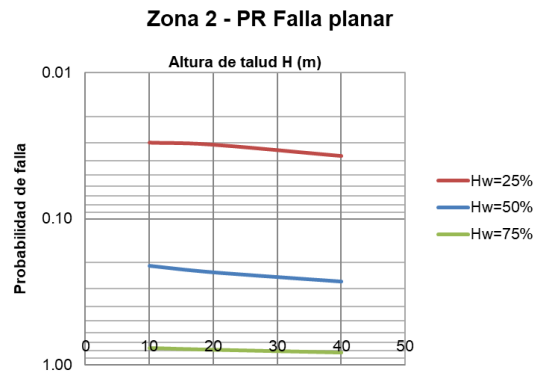
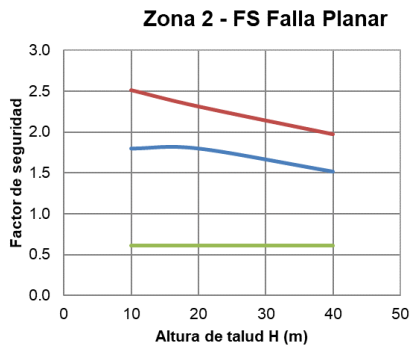
Fuente: CGI, 2019.

Tabla 2-8 Resumen resultados análisis de cuña – Escenario 2

Escenario	Zona	Mecanismo de falla	PF (%)
2) Estático + nivel freático + sismo (Tr=2500 años)	1	Cuña	0
	2A	Cuña	95
	2B	Cuña	27
	3	Cuña	60
	4	Cuña	95

Fuente: CGI, 2019.

Los resultados del análisis del mecanismo de falla planar se muestran a continuación, el cual se realizó para alturas variables del talud hasta 40 m y porcentaje de saturación del agua en las discontinuidades de 25%, 50% y 75% (Figura 2-7 y Figura 2-8).



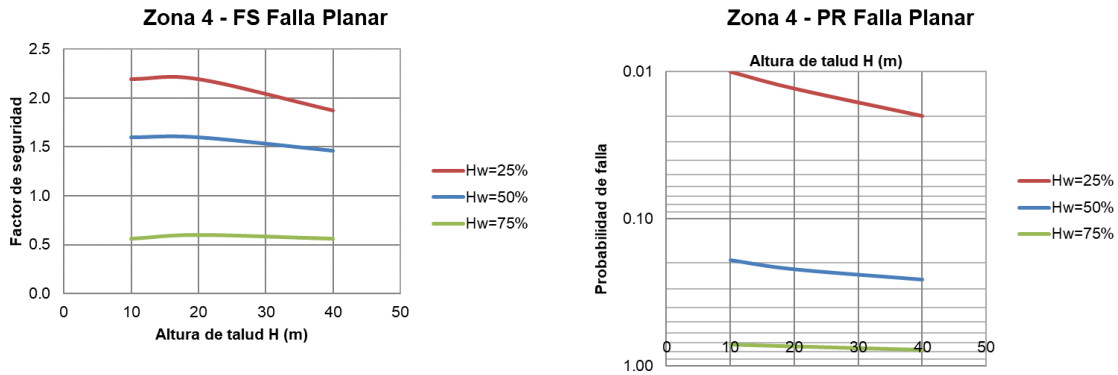
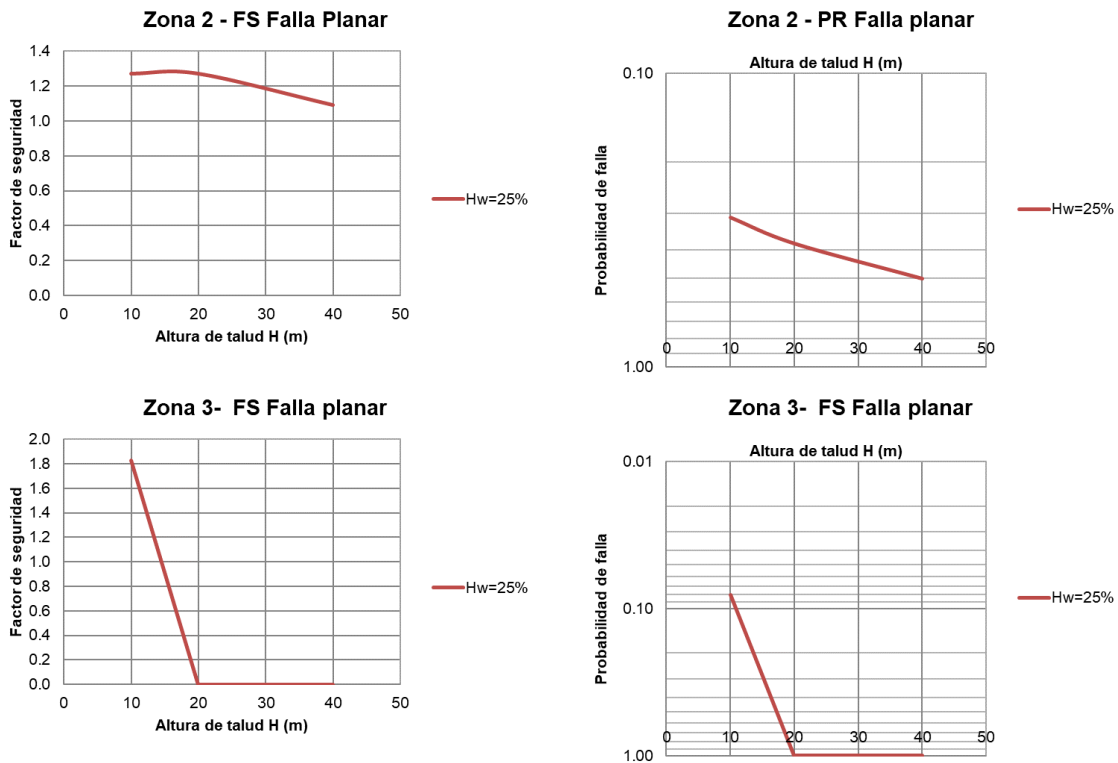


Figura 2-7 Resumen resultados mecanismo de falla planar – Escenario 1.

Fuente: CGI, 2019.



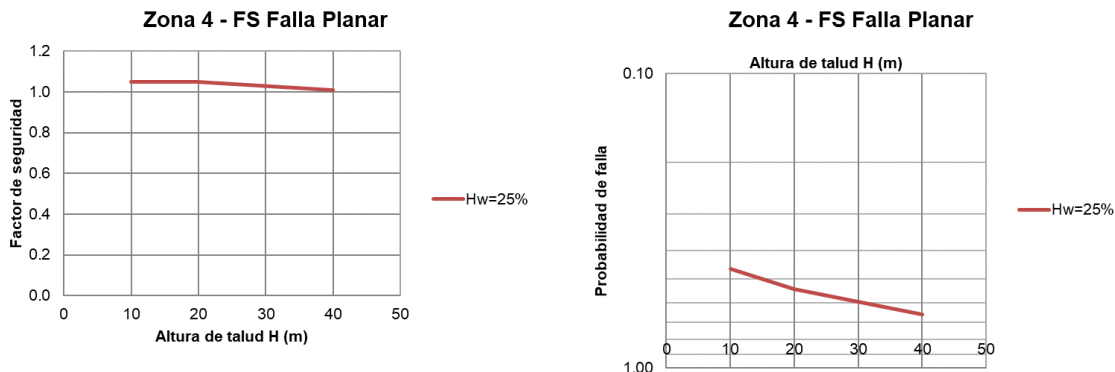


Figura 2-8 Resumen resultados mecanismo de falla planar – Escenario 2

Fuente: CGI, 2019.

De forma análoga, los resultados del análisis del mecanismo de falla por volcamiento se muestran a continuación, el cual se realizó para alturas variables del talud hasta 40 m y porcentaje de saturación del agua en las discontinuidades de 25%, 50% y 75%. De acuerdo al análisis estereográfico, se obtuvo que este mecanismo solo es susceptible de presentarse en la zona 2 y solo se analizó para el escenario 1 (Figura 2-9).

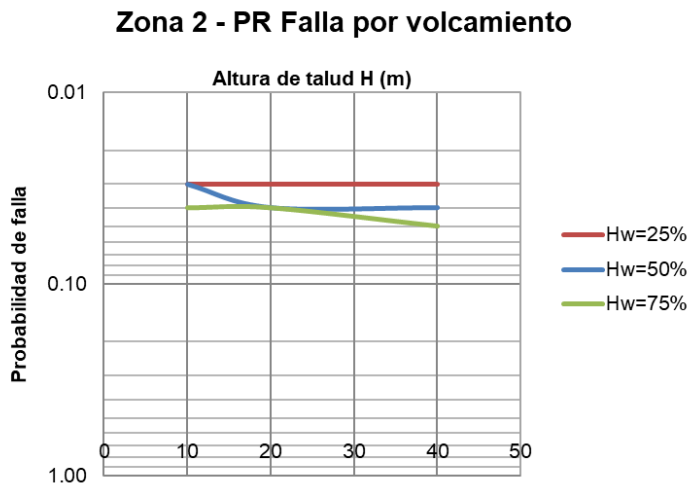


Figura 2-9 Análisis sensibilidad por volcamiento PR - Zona 2. – Escenario 1

Fuente: CGI, 2019.

2.4.1.4 Análisis de resultados y recomendaciones

Los análisis de equilibrio límite a lo largo de los diferentes perfiles analizados bajo condición estática mostraron que las probabilidades de falla de la ladera a nivel global como un movimiento en masa de grande dimensión son prácticamente nulas (probabilidades muy bajas en casi todos los casos) a excepción de algunas zonas donde el talud no es rocoso sino que superficialmente aparece la transición suelo-roca IC-IIA y sobre este un depósito de vertiente, (principalmente en la zona central en la parte superior) las probabilidades de falla son del orden 29% para el depósito y de 6,2% sobre el IC-IIA, las cuales son altas, esto ocurre principalmente en la zona central superior del talud, donde de presentarse, podría continuar el proceso remontante de la inestabilidad. En caso de presentarse un sismo con periodo de retorno de 2500 años, la falla sería inminente sobre estos materiales (zona central parte superior), sin embargo, no involucra la estabilidad global de la ladera.

Los análisis cinemáticos de formación de cuñas mostraron probabilidades de ruptura que no superan el 2,1%, estando la mayoría de los resultados alrededor del 0,0% aproximadamente. Para la condición pseudo-estática, es decir el escenario 2, las probabilidades de falla no superan el 6,3%, de acuerdo con estos resultados la probabilidad de falla en condición estática y ante sismo es baja (acorde con los rangos de la matriz general de riesgo de EPM). Esto podría generar desprendimientos menores de forma localizada.

Las mayores probabilidades de falla se presentaron por el mecanismo de falla planar, debido a la presencia de estructuras cuya dirección desfavorece su estabilidad, lo cual se ha comprobado con los deslizamientos ocurridos donde se cree que este ha sido el mecanismo que ha predominado. Según los resultados del análisis de sensibilidad para las diferentes zonas analizadas, bajo condición estática las probabilidades para el mayor grado de saturación de la discontinuidad son altas, todas están alrededor del 80%. La consideración de porcentajes de saturación en el análisis cinemático hace parte de un ejercicio de sensibilidad, sin embargo, actualmente no se han observado fenómenos de desprendimiento bajo este mecanismo, las cuales puedan sugerir que se tenga un alto grado de saturación. Para evitar que cambie la condición actual, se recomendó controlar las infiltraciones desde la parte alta del talud.

Para mitigar este efecto, debido a la dificultad de acceso, inicialmente se recomendó la instalación de un sistema de protección contra la erosión mediante la aplicación de un manto de control de erosión TRM-550 o similar, el cual estará reforzado con la instalación de una malla de triple torsión fijada con pernos tipo BAL 8 cada 2,5 m. Este manto será instalado en el contorno del escarpe como se indica en la Figura 2-10. El detalle de la instalación del manto y la malla se muestra en la Figura 2-11.

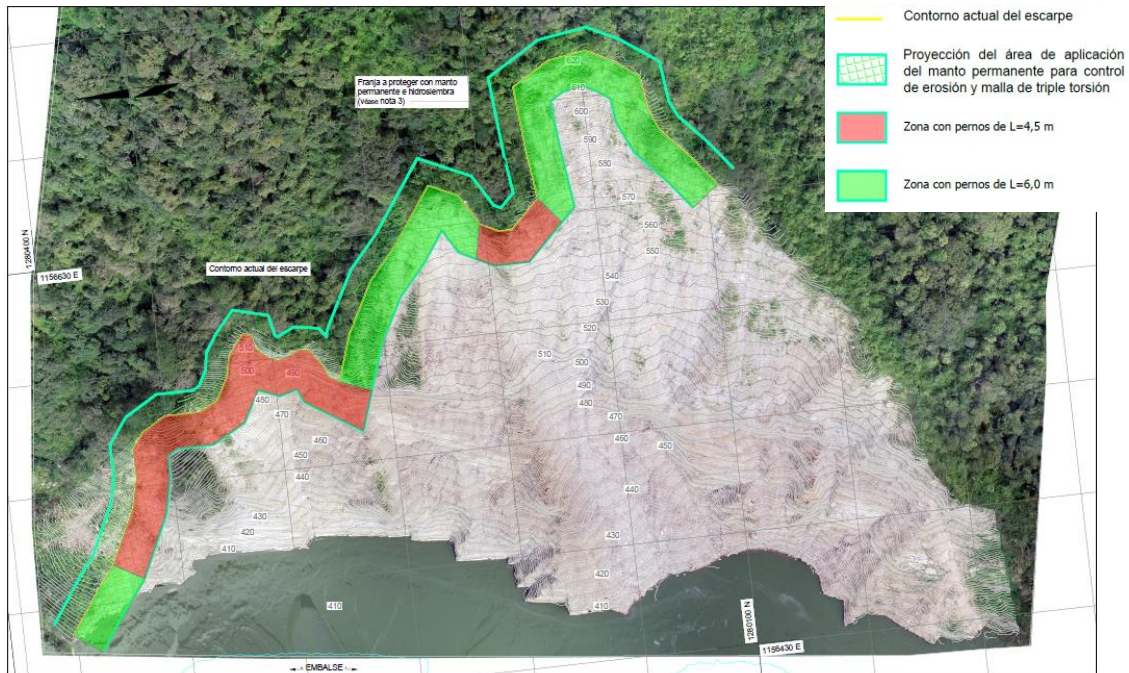


Figura 2-10 Zonta para instalación del tratamiento de control de erosión.

Fuente: CGI, 2020.

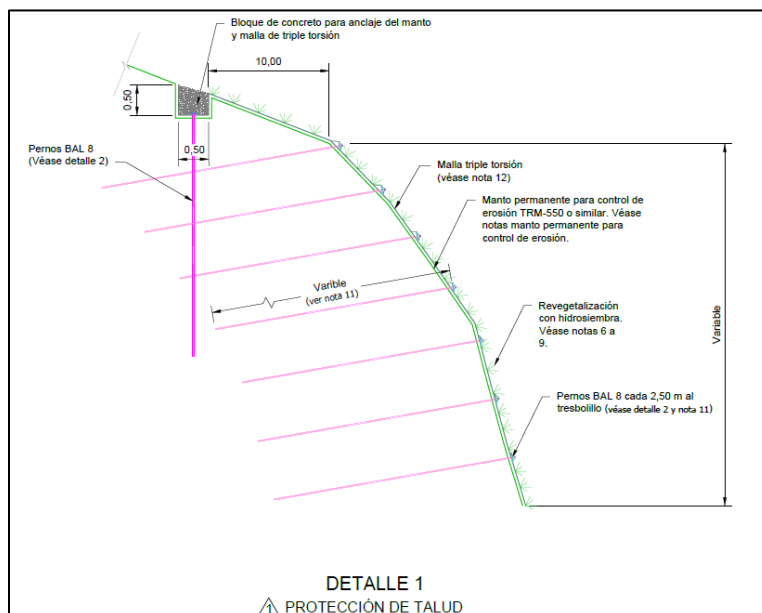


Figura 2-11 Detalle instalación manto control de erosión y malla de triple torsión.

Fuente: CGI, 2020.

Para la instalación de esta protección se hace necesario la construcción de una vía que inicia en la plazoleta de excavación del talud de Romerito y que llega a la parte superior del escarpe. El trazado de la vía se muestra en la siguiente figura:



Figura 2-12 Vía de acceso para la aplicación del tratamiento de control de erosión.

Fuente: CGI, 2020.

2.4.2 Villa Luz

En abril de 2019 se presentó un deslizamiento en la ladera de la margen izquierda, en el sector conocido como Villa Luz, cerca de la abscisa km 2+550 de la vía Sustitutiva Presa – Ituango, que se encuentra en contacto directo con el embalse, desplazando una gran cantidad de material sobre el cuerpo de agua. Debido a que el deslizamiento continuó como un proceso remontante, generando algunas afectaciones menores sobre la vía que conecta con el municipio de Ituango, se realizó un análisis de riesgo del movimiento, donde se evaluó la posibilidad de que el movimiento continúe y/o se desplace una masa de suelo y roca, la cual, al caer sobre el embalse pudiese generar una ola que ponga en riesgo la estabilidad de la

presa. Los detalles de este análisis se presentan a continuación de manera resumida. La localización del sitio se muestra en la Figura 2-13.

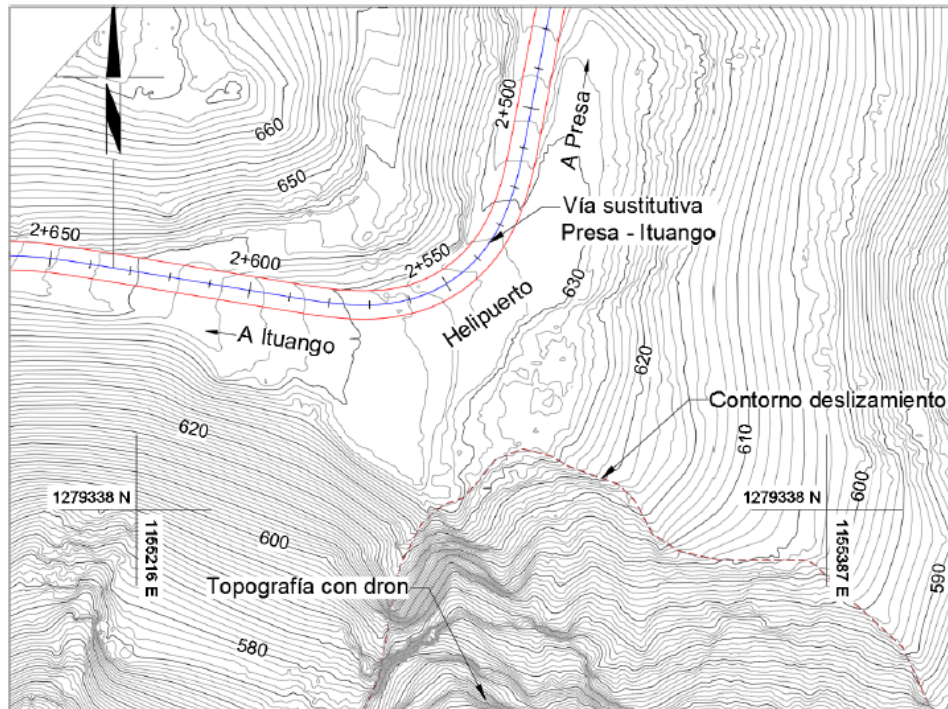


Figura 2-13 Localización Helipuerto

Fuente: CGI, 2020.

2.4.2.1 Contexto Geológico

Para el área de estudio mediante el control de campo fueron identificadas dos unidades geológicas, estas corresponden a Neises Cuarzo-feldespáticos Micáceos y material de lleno dispuesto para la conformación del actual helipuerto.

Esta unidad metamórfica se observa sobre los cortes de la vía sustitutiva Presa – Ituango a la altura del km 2+400 a km 2+700, además se encuentra expuesta la unidad en la ladera por debajo de la vía luego de ocurrido el deslizamiento Burundá. Su expresión morfológica al encontrarse roca fresca a medianamente meteorizada, se caracteriza por presentar escarpes subverticales de varios metros de altura, en los que se pueden identificar varios sistemas de discontinuidades. Sobre esta unidad rocosa en este punto, reposan depósitos antrópicos conformados para la ejecución del helipuerto.

Con la exploración de campo realizada en el sitio se obtuvieron el siguiente perfil geológico típico donde se puede observar la estratigrafía de los materiales existente en el sitio (Figura 2-14) y en la Tabla 2–9 los parámetros de resistencia asociados.

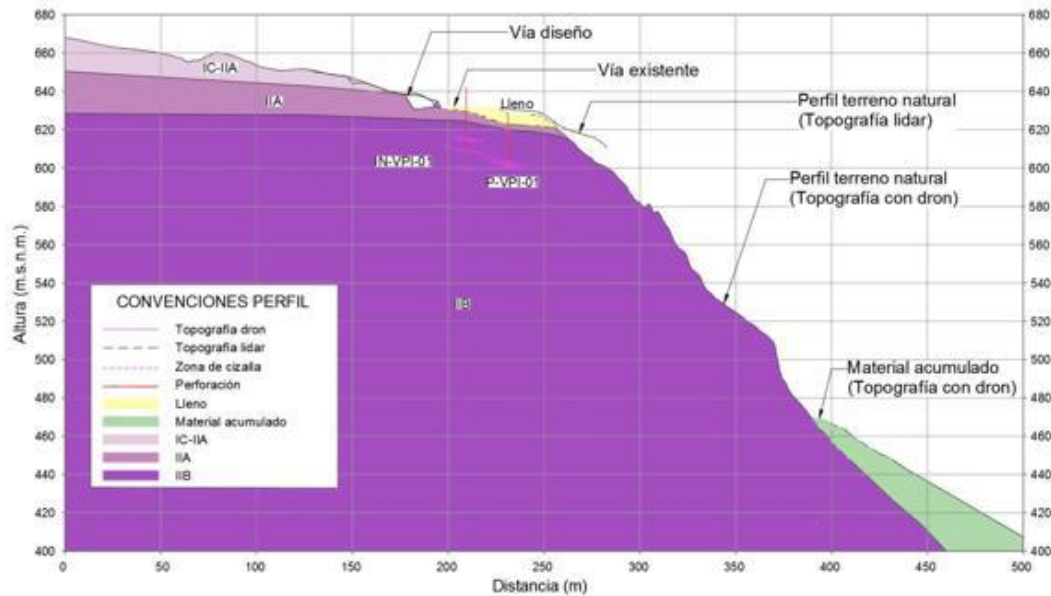


Figura 2-14 Perfil estratigráfico – Villa Luz.

Fuente: CGI, 2020.

Tabla 2–9 Parámetros de resistencia materiales - Villa Luz.

Material	Densidad (kN/m ³)	Criterio	Cohesión (kN/m ²)	Phi (°)	UCS (MN/m ²)	GSI
Lleno	20+/-1	Mohr-Coulomb	10+/- 2	30 +/-6	--	--
Material acumulado	16+/-1	Mohr-Coulomb	10+/- 2	25 +/-5	--	--
IC-IIA	19+/-1	Mohr-Coulomb	25 +/-7	25 +/-5	--	--
IIA	24+/-1	Hoek-Brown	--	--	70 +/-7	45+/-12
IIB	26+/-1	Hoek-Brown	--	--	80 +/- 8	50 +/-12

Fuente: CGI, 2020.

Adicionalmente, se realizó el levantamiento estructural de las discontinuidades presentes sobre el talud de roca expuesto. Con base en dicho levantamiento se identificaron cuatro (4) familias principales de discontinuidades y una (1) foliación, todas ellas con potencial de formación de cuñas en función de la orientación y la pendiente de la cara expuesta de la ladera (pendiente natural 51°) (Figura 2-15).

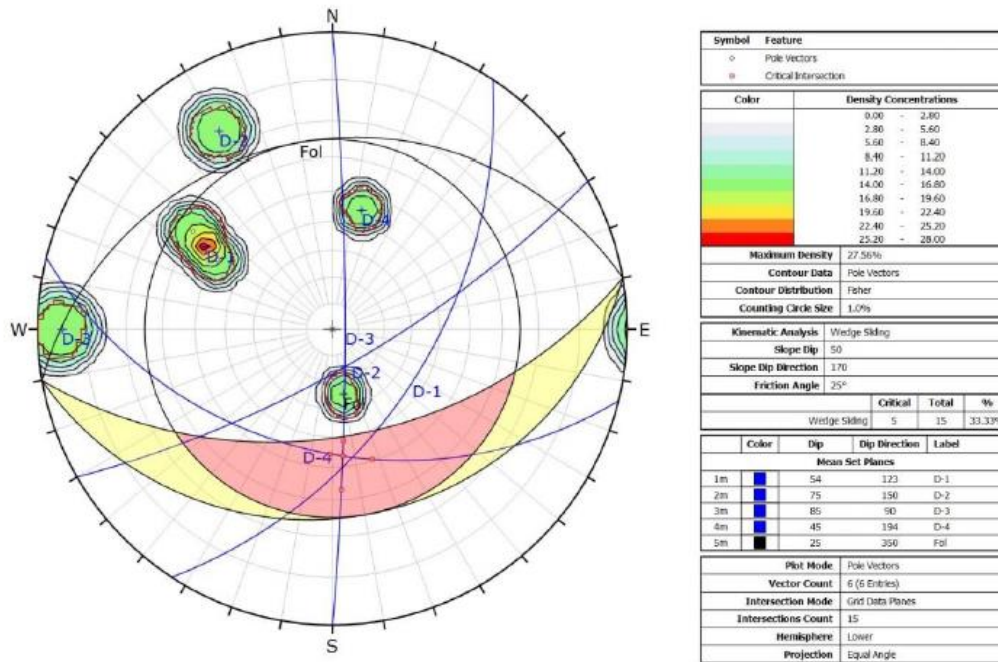


Figura 2-15 Cuñas formadas sobre la cara del talud Sección – B, antes del deslizamiento.

Fuente: CGI, 2020.

Tabla 2–10 Familias de discontinuidades identificadas en la zona del deslizamiento.

Discontinuidad	Dip	Dip Direction
D-1	54	123
D-2	75	150
D-3	85	90
D-4	45	194
Fol	25	350

Fuente: CGI, 2020.

Empleando el software Dips 6.0 de la familia Rocscience, cuyo objetivo es identificar los potenciales mecanismos de falla que se puedan generar sobre la ladera se obtuvo las cuñas formadas por la intersección de los planos identificados, este análisis se realizó tanto para las condiciones precedentes y posteriores al deslizamiento. Las secciones mencionadas adelante (B, C) se indican en la Figura 2-16.

2.4.2.2 Análisis de estabilidad

A continuación, se muestra el resumen de los análisis de estabilidad realizados para este frente, sin embargo, el estado de avance de la ejecución de las recomendaciones impartidas se muestra en el capítulo 2.4.8. Para los análisis de estabilidad por equilibrio límite, luego de una revisión detallada se definieron las secciones A y D representativas de la condición del lugar (Figura 2-16). Las evaluaciones se ejecutaron en condición estática y pseudo-estática y de acuerdo con la cota (407 m.s.n.m.) del nivel del embalse actual.

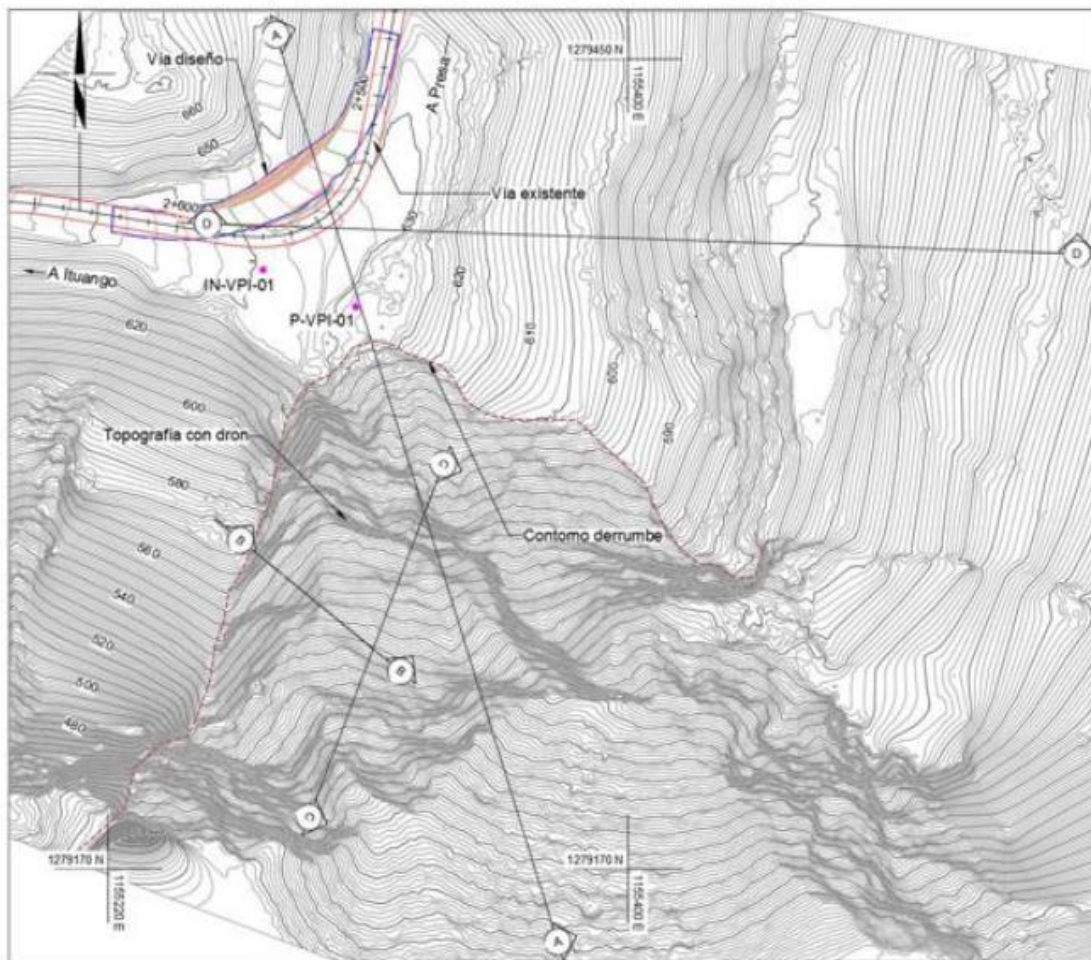


Figura 2-16 Planta localización secciones de análisis – Villa luz

Fuente: CGI, 2020.

El resumen de los resultados de los análisis de estabilidad para los escenarios evaluados a través de los perfiles mencionados se resume en la Tabla 2–11.

Tabla 2–11 Resumen resultados análisis de estabilidad global.

Escenario	Perfil	FS	PF (%)
1) Estático + nivel freático	A	3,1	0,0
	D	0,9	53,5
2) Pseudo-estático + nivel freático	A	2,4	0,0
	D	0,75	93,3
3) Grieta de tensión	A	0,96	100
4) Proceso remontante - Estático	D	5,1	0,0
4) Proceso remontante – Pseudo-estática	D	3,5	0,0

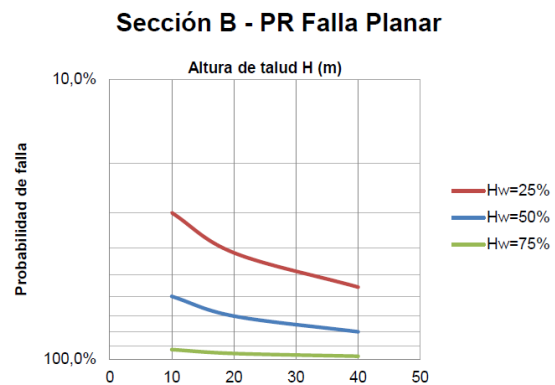
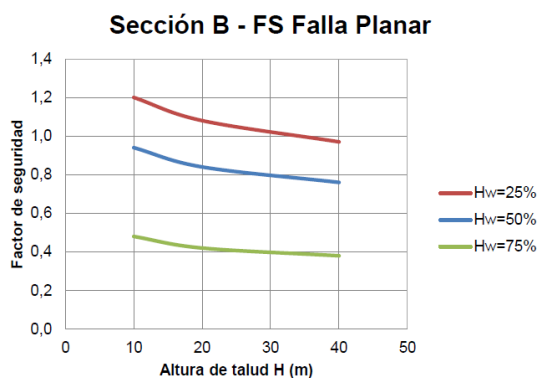
Fuente: CGI, 2020.

Los resultados de los análisis cinemáticos de cuña se resumen a continuación (Tabla 2–12 y Figura 2-17 y Figura 2-18):

Tabla 2–12 Resumen resultados mecanismo de falla por cuñas – Escenario 1

Escenario	Sección	FS	PF (%)
1) Estático + nivel freático	B	2,9	0,2
	C	2,2	0,4

Fuente: CGI, 2020.



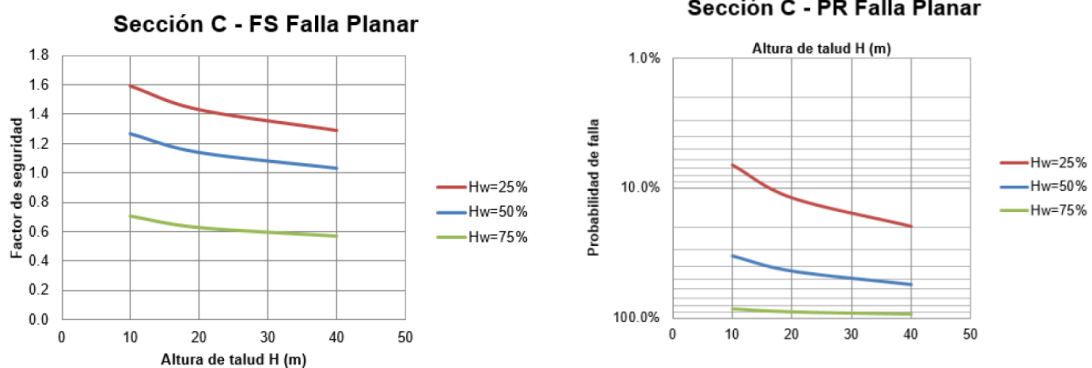


Figura 2-17 Resumen resultados mecanismo de falla planar – Escenario 1

Fuente: CGI, 2020.

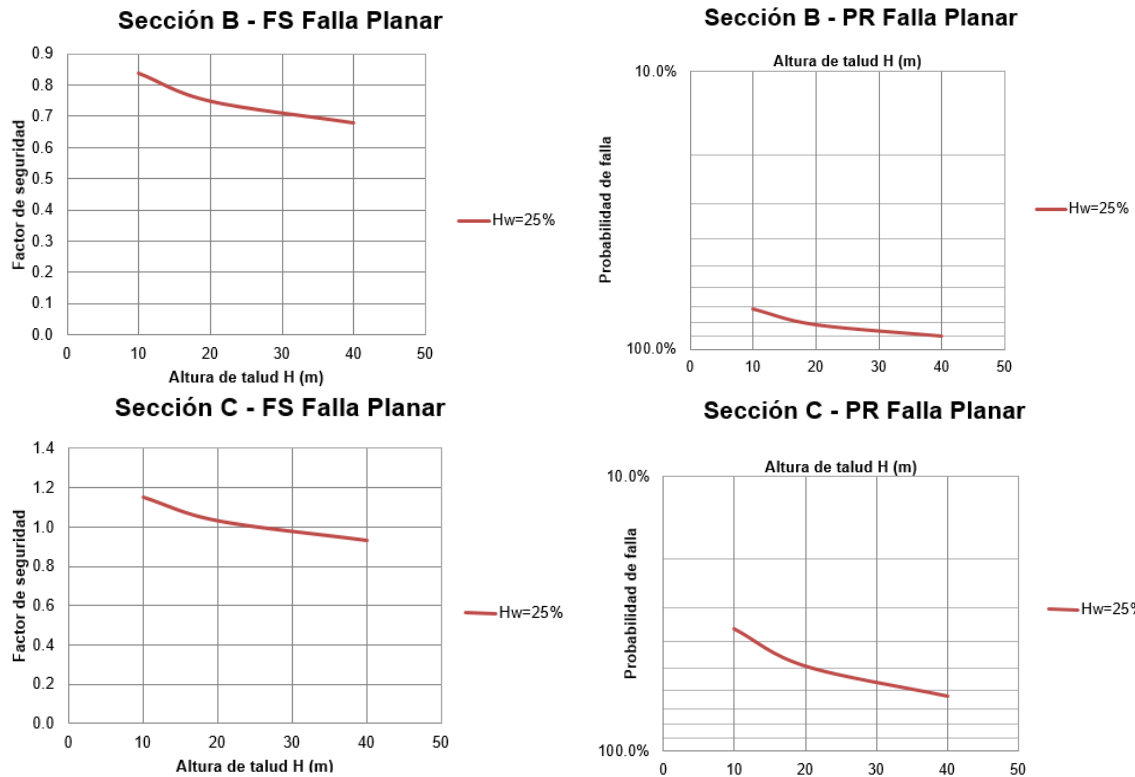


Figura 2-18 Resumen resultados mecanismo de falla planar – Escenario 2

Fuente: CGI, 2020.

Según los resultados, respecto a la sección A (Tabla 2–11) en condición estática y pseudoestática respectivamente, se puede observar que globalmente la ladera es estable en términos de equilibrio límite; esto teniendo en cuenta que luego de los

deslizamientos que ya tuvieron lugar, pocos son los remanentes de espesor de horizonte de suelo IC-IIA y del material de lleno sobre la ladera.

Por otra parte, con base en los resultados obtenidos para la sección D (Tabla 2–11) se puede observar que las posibles superficies de falla llegan hasta puntos cercanos a la vía existente. Lo anterior, es congruente con lo que ha sucedido en el sitio donde a la fecha se ha registrado un movimiento del cual se puede identificar claramente la corona del escarpe y es por ello por lo que el factor de seguridad obtenido ($FS=0,99$) indica que ya se ha producido el proceso de inestabilidad reflejado en el movimiento de la masa de suelo. En condición pseudoestática, la falla en la ladera es altamente probable.

2.4.2.3 Análisis de resultados y recomendaciones

Los análisis de equilibrio límite, bajo condición estática mostraron que, para las probabilidades de falla de la ladera a nivel global como un movimiento en masa de grande dimensión son prácticamente improbables ($FS > 1,5$, probabilidades de falla cercanas a 0,0 %).

En el caso donde el talud no es rocoso, sino que superficialmente aparece un material de lleno, el resultado obtenido muestra que la parte superficial se encuentra en estado inestable y avanza en forma lenta (creep) (probabilidad de falla del 53,5 %). Lo anterior es congruente con lo registrado en los monitoreos realizados y la condición del talud antes de la ejecución de los tratamientos del talud (que se detallan más adelante), donde se registró una cicatriz de deslizamiento y se evidenció un movimiento cercano a la vía. Adicionalmente, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se ejecutó un análisis de riesgo con el objetivo de establecer si de presentarse el primer proceso de inestabilidad en el sector de análisis, se pudiera generar un proceso de tipo remontante. El resultado obtenido apunta a que la ladera se mantendrá estable ($FS=1,2$); sin embargo, la probabilidad de falla cercana al 19% sugiere que se debe mantener un continuo monitoreo de la zona a fin de prever una inestabilidad adicional.

Los análisis cinemáticos de formación de cuñas mostraron factores de seguridad cercanos a $FS=1,0$, de acuerdo con estos resultados, el modelo reflejó las condiciones al momento de la elaboración del informe (2019) en donde predominaba la caída de constantes bloques y material fino que provocó un cambio sustancial en las condiciones iniciales del movimiento.

En cuanto a la vía actual, ésta no parece estar en amenaza por colapso o deformación, ya que no se evidencian indicadores morfodinámicos y morfométricos que lo insinúen, además según lo observado y analizado, ésta se encuentra ubicada sobre unidad de roca (abscisa km 2+500 al km2+600), por lo cual presenta una mayor estabilidad. Sin embargo, se recomienda que esta zona continúe en monitoreo constante.

De acuerdo con lo observado del mecanismo de falla del deslizamiento, una vez ocurrido el primer evento, los siguientes desprendimientos se dieron por la formación de cuñas a través de dos sistemas de discontinuidades de gran persistencia que quedaron expuestas, incluyendo la presencia de un plano adicional que, si bien no tiene mucha frecuencia, tiene una persistencia mayor a 10 m, que facilitó la formación de cuñas de gran magnitud. Estas cuñas hasta la fecha han permanecido estables, por lo que, para mejorar su condición de estabilidad se propuso la ejecución de inyecciones de consolidación que mejoren las propiedades de resistencia y de deformación del macizo rocoso en este sitio.

Para la ejecución de este sistema de inyecciones, se hizo necesaria la conformación de una plazoleta que permitiera ejecutarlas de forma segura. La geometría de la excavación se presenta en la Figura 2-19 junto con la localización de las inyecciones, las cuales se recomendaron un una inclinación de 70° y un azimut variable como se indica en la Figura 2-20 y la Tabla 2-11.

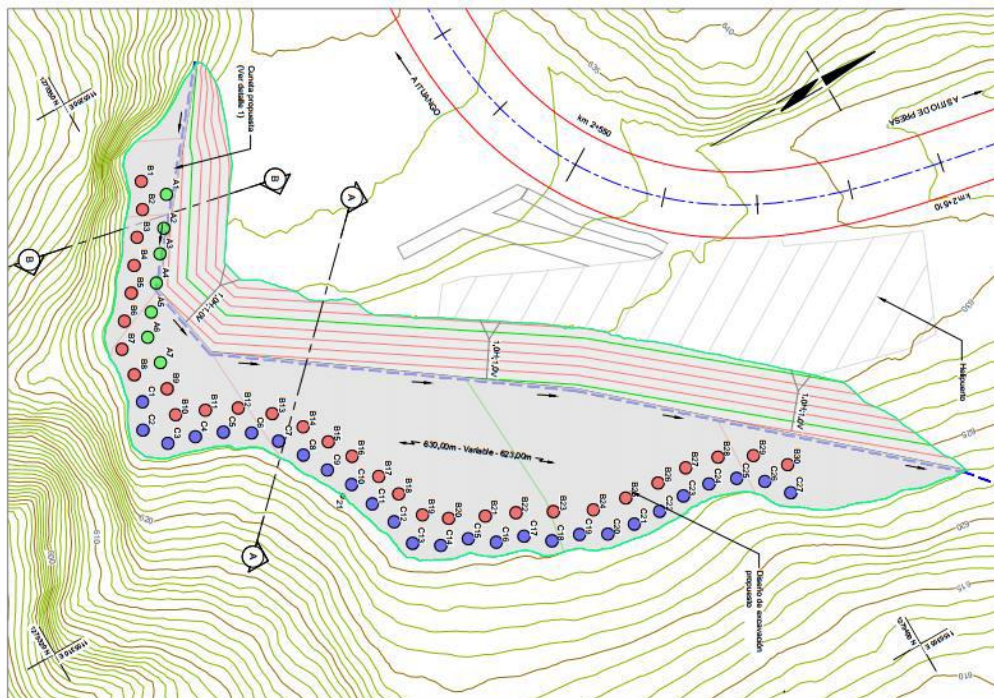


Figura 2-19 Geometría plazoleta de excavación y localización en planta de inyecciones de consolidación.

Fuente: CGI, 2020.

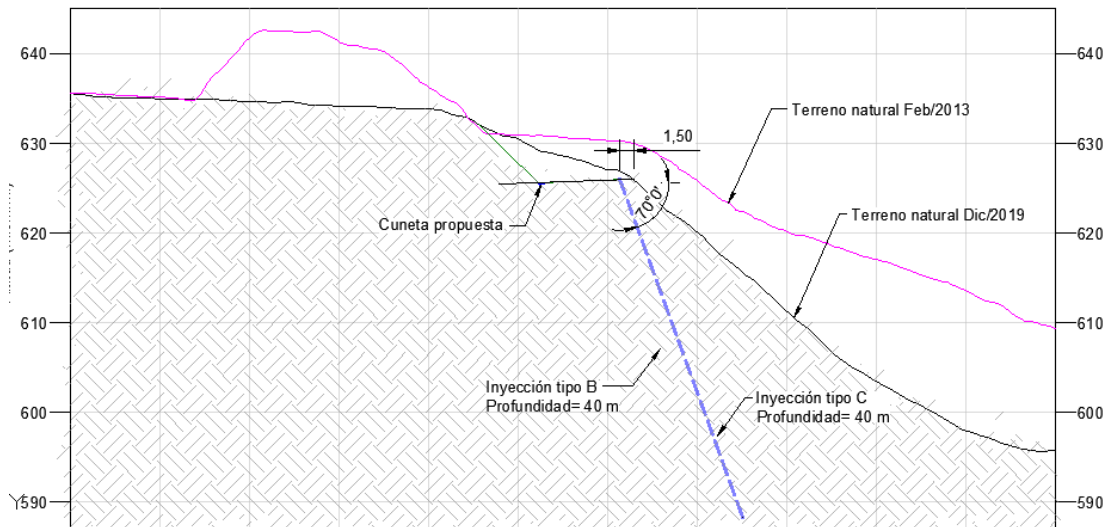


Figura 2-20 Perfil A – Inclinación inyecciones y longitud.

Fuente: CGI, 2020.

Tabla 2–13 Especificaciones inyecciones

Inyección	Buzamiento (°)	Azimut (°)	Longitud (m)
Tipo A	70	170	40
Tipo B	70	190	40
Tipo C	70	135	40

Fuente: CGI, 2020.

En la ejecución de las inyecciones se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Las inyecciones de consolidación se realizaron con el método de engrosamiento sucesivo.
- Los parámetros de control del método son según lo indicado en el diagrama de flujo para trabajos de inyección vigente (F-PHI-041-PRE-IY-C-001).
- La presión máxima efectiva debe ser de 5 bar y el volumen máximo de 400 l/m.
- Las inyecciones de consolidación pueden ser complementadas de acuerdo con los resultados de presión y consumo de lechada.
- Se pueden requerir etapas adicionales de inyección en función de los resultados de consumo obtenidos.

2.4.3 Romerito

Las condiciones geológicas y constructivas de la excavación de la parte alta de la plazoleta de pozos de compuertas han exigido que las actividades que se adelantan, geometría de diseño de los taludes y tratamientos sean dinámicos y deban estarse adecuando a las condiciones reales encontradas. Las excavaciones que se adelantan son acompañadas con valoraciones geológico - geotécnicas permanentes, perforaciones exploratorias, monitoreo con inclinómetros, control topográfico, celdas de carga y piezómetros que permiten complementar el modelo de estabilidad de la zona y realizar los ajustes requeridos para optimizar el diseño de la excavación. En este sentido, durante las excavaciones se han realizado los siguientes ajustes significativos al diseño geométrico inicial:

- Se conformó una plazoleta en el sector norte en la cota 684 debido a la presencia de una cizalla de disposición 40° - 60° / 040° - 070° (buzamiento y dirección de buzamiento), con relleno blando arcilloso y espesor aproximado de 1 m, superficies pulidas y pliegues de arrastre.
- Con el objetivo de mejorar las condiciones de estabilidad del macizo hasta alcanzar los taludes de la plazoleta de pozos de compuertas tratados previamente, se ajustó el diseño geométrico con taludes de hasta 15 m de altura, con pendientes 0,75H:1,0V y 0,5H:1,0V desde la cota 640 m.s.n.m. hasta la cota 570 m.s.n.m. requiriendo un volumen de excavación de 282.000 m³.
- Ajuste en la geometría de excavación del cierre norte para adecuar la vía de acceso desde las Instalaciones de Seguridad Capitanes.
- Por último, los ajustes objeto de este informe consideran la modificación del cierre sur de la excavación entre cotas 630 y 600, desde la abscisa km 0+000 hasta km 0+085 aproximadamente. La nueva geometría de excavación se presentó en los planos DC-PHI-052-GAP-EX-C-010 y DC-PHI-052-GAP-EX-C-011.

En la Figura 2-21 se hace un paralelo del diseño geométrico inicial hasta la cota 600 m.s.n.m. y el diseño actual hasta la cota 570 m.s.n.m.

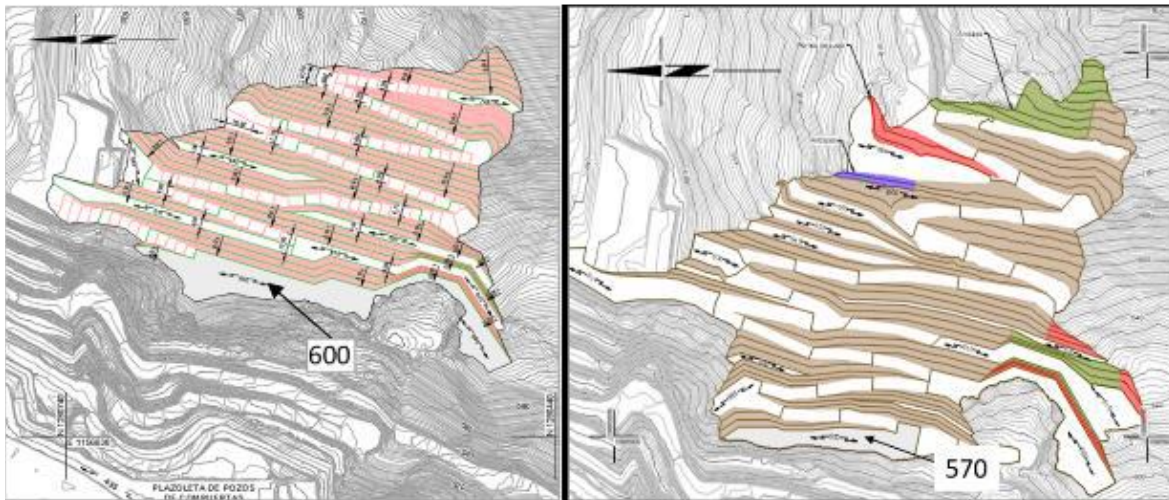


Figura 2-21 Planta de los diseños de excavación hasta la cota 600 y 570.

Fuente: CGI, 2020.

2.4.3.1 Contexto Geológico

Tomando como referencia el plano DC-PHI-052-GAP-EX-C-011, en la Figura 2-22 se muestran la ubicación de las perforaciones ejecutadas hasta el momento en toda la excavación de Romerito, correspondientes a los sondeos hechos para la instalación de inclinómetros, piezómetros y extensómetros (EPM), excepto la perforación exploratoria P-EX-GAP-01 que, si fue ejecutada con el fin único de exploración, hacia el cierre sur.

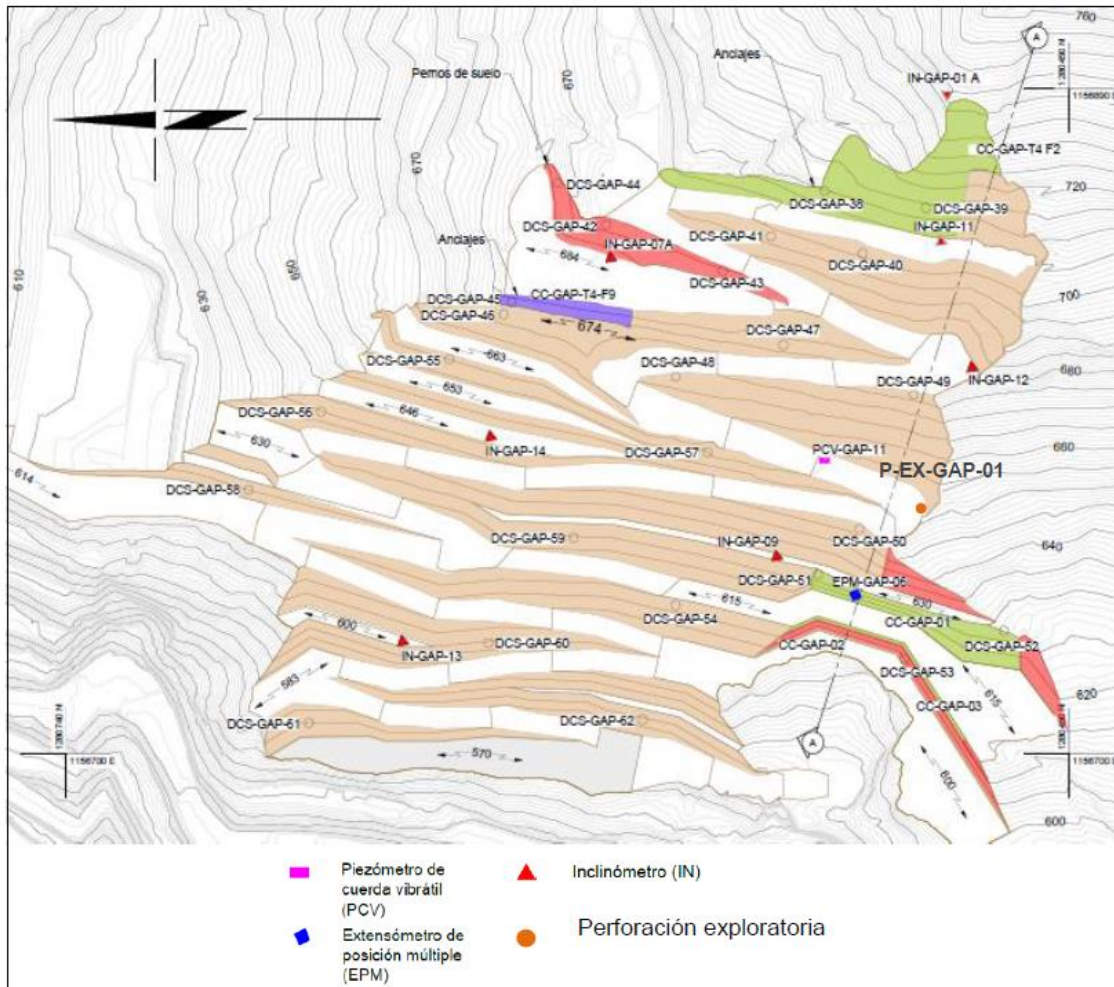


Figura 2-22 Localización general de inclinómetros y piezómetros en Romerito

Fuente: CGI, 2020.

En la parte alta de la excavación hasta la elevación 737 m.s.n.m. aproximadamente y en la zona de cierres norte y sur, se encuentra una porción de depósito coluvial que suprayace el horizonte IIA generalmente y, algunos casos, el IC-IIA, siendo este último más espeso en la parte alta de la ladera.

Continúa un horizonte de meteorización IIA, el cual corresponde a roca altamente meteorizada y/o muy fracturada, considerando que el valor del GSI de este material está entre 35 y 50, para el cual se establecieron 2 horizontes de este tipo, IIA y IIA fracturado (IIA F), con el valor mínimo y máximo de GSI, respectivamente, con el objetivo de evaluar la incidencia de la degradación del material a medida que se acerca a la superficie y por la afectación tectónica que presenta. Finalmente, en la parte inferior del talud, de forma puntual, se aprecia el horizonte de meteorización

IIB, correspondiente a roca fracturada a masiva, con valores superiores de GSI de 60. El perfil estratigráfico se presenta en la Figura 2-23 y los parámetros de resistencia asociados a cada material en la Tabla 2-14.

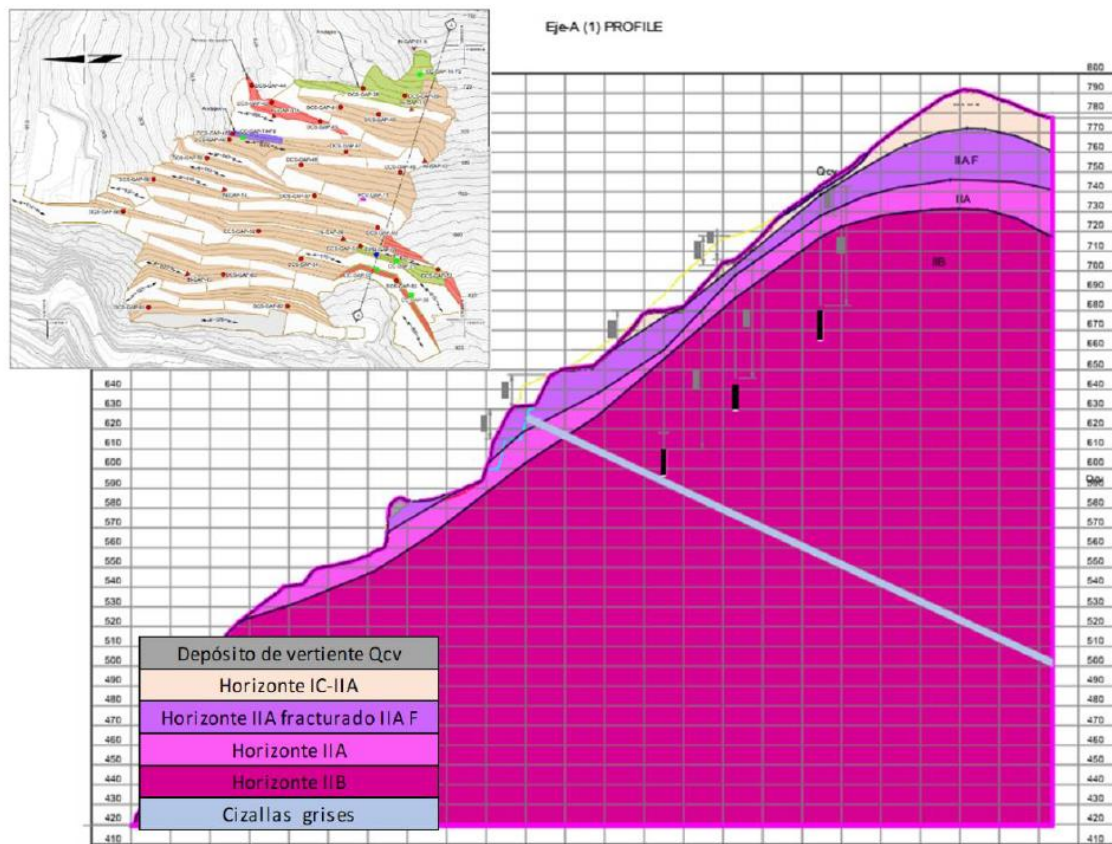


Figura 2-23 Perfil geológico A-A excavación Romerito, cierre sur.

Fuente: CGI, 2020.

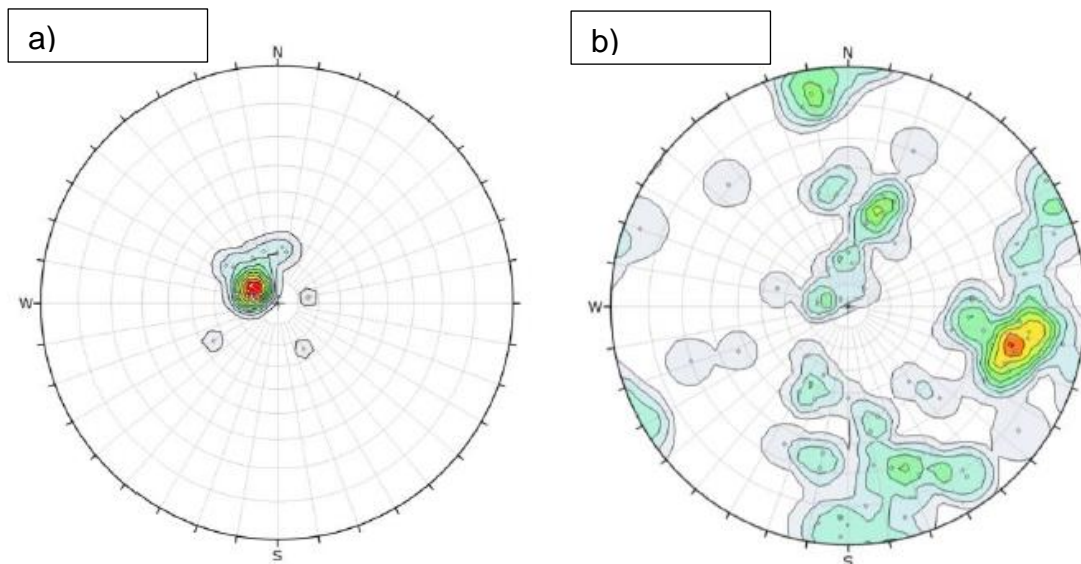
Tabla 2-14 Parámetros de resistencia – Romerito

Material	Densidad (kN/m ³)	Criterio	Cohesión (kN/m ²)	Phi (°)	UCS (MN/m ²)	GSI
Qdv	18 +/-1	Mohr-Coulomb	20+/- 5	30 +/-10	--	--
IIA - Fracturado	23+/-1	Hoek-Brown	20 +/- 8	35 +/-10	40	25
IIA	24+/-1	Hoek-Brown	--	--	70 +/-10	48+/-12
IIB	26+/-1	Hoek-Brown	--	--	80 +/- 10	50 +/-12

Material	Densidad (kN/m ³)	Criterio	Cohesión (kN/m ²)	Phi (°)	UCS (MN/m ²)	GSI
Cizalla	16+/-1	Mohr-Coulomb	10	25		

Fuente: CGI, 2020.

Considerando la condición local de la zona a intervenir, se realiza el análisis estadístico a partir de los levantamientos geológicos realizados durante la excavación de la parte alta de la Plazoleta de pozos de compuertas en el cierre sur, entre las cotas 705 y 657 y desde la abscisa km 0+041 hasta km 0+143 aproximadamente. Se determinan las familias de discontinuidades típicas con sus respectivas propiedades geomecánicas. En la Figura 2-24 y Figura 2-25, se observa la representación estereográfica de las estructuras geológicas.



c) Cizallas

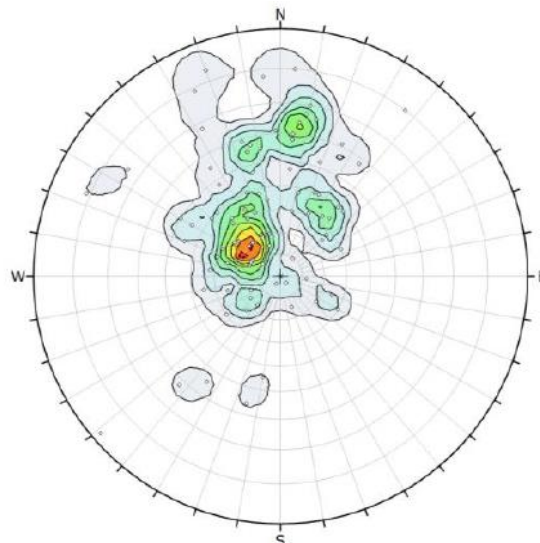


Figura 2-24 Estereograma excavación Romerito.

Fuente: CGI, 2020.

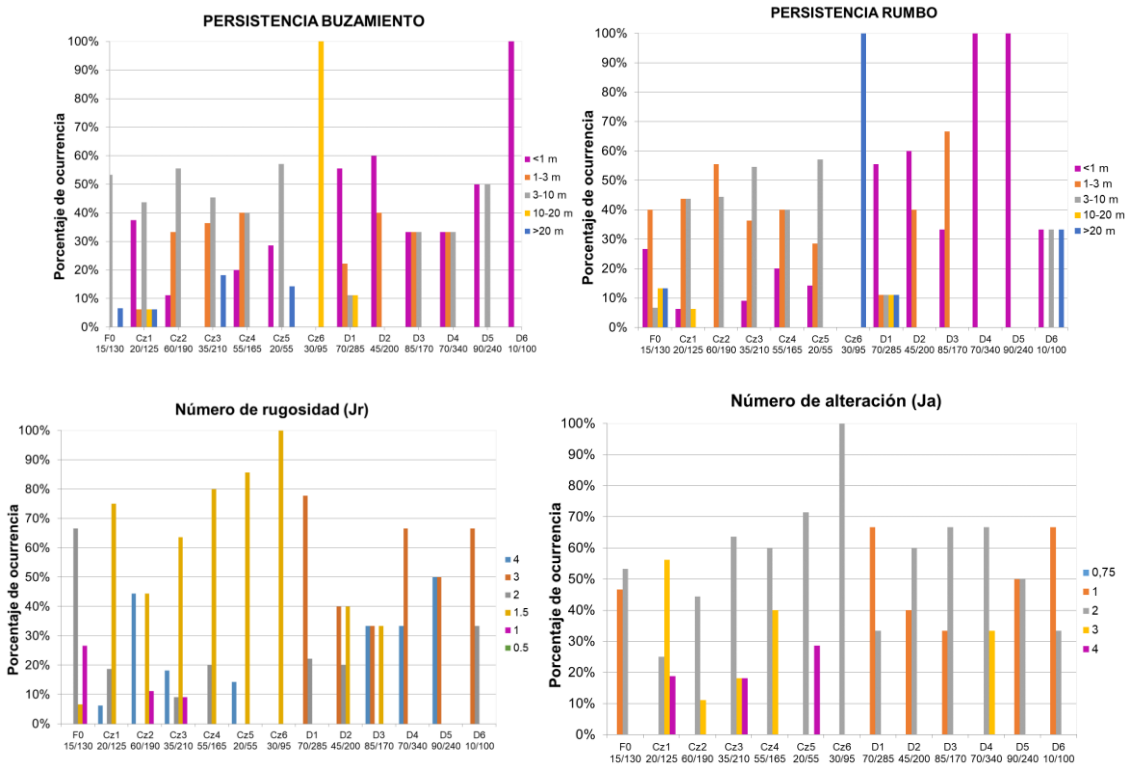


Figura 2-25 Caracterización estructural – Romerito.

Fuente: CGI, 2020.

2.4.3.2 Análisis de Estabilidad

El análisis de estabilidad se realizó a través del perfil mostrado anteriormente en la Figura 2-23. considerando las principales zonas de debilidad mapeadas durante las excavaciones, los levantamientos geológicos realizados y los registros de exploración.

Para la revisión de la estabilidad se analizaron los siguientes escenarios:

- Comportamiento global: comprende desde el inicio de la excavación en la cota 740 m.s.n.m. aproximadamente, hasta la elevación 580 m.s.n.m. (condición estática y pseudo-estática).
- Comportamiento local: corresponde a la parte inferior, desde la cota 650 m.s.n.m. y hasta la cota 580 m.s.n.m. (condición estática y pseudo-estática).

Los resultados se resumen a continuación en la Tabla 2–15.

Tabla 2–15 Resumen resultados análisis de estabilidad por equilibrio límite

Escenario	Condición	FS (sin tratamiento)	FS (Con tratamiento)
Global	Estático	1,44	1,66
	Pseudo-estático	1,12	1,12
Local	Estático	--	--
	Pseudo-estático	1,04	1,12

Fuente: CGI, 2020.

El resumen de los resultados del análisis cinemático de cuña se muestra a continuación:

- Inicialmente se realizó el análisis cinemático de discontinuidades encontradas en los avances durante la excavación para bancos con altura de 5 m, representando las condiciones del proceso constructivo en el momento posterior a la voladura y previo a la instalación de las recomendaciones de soporte, con inclinación de 76° (0,25H:1,0V) y 53° (0,75H:1,0V), teniendo en cuenta una berma de 2 m y 7 m de ancho y haciendo uso de los parámetros más desfavorables para las discontinuidades (Figura 2-26).

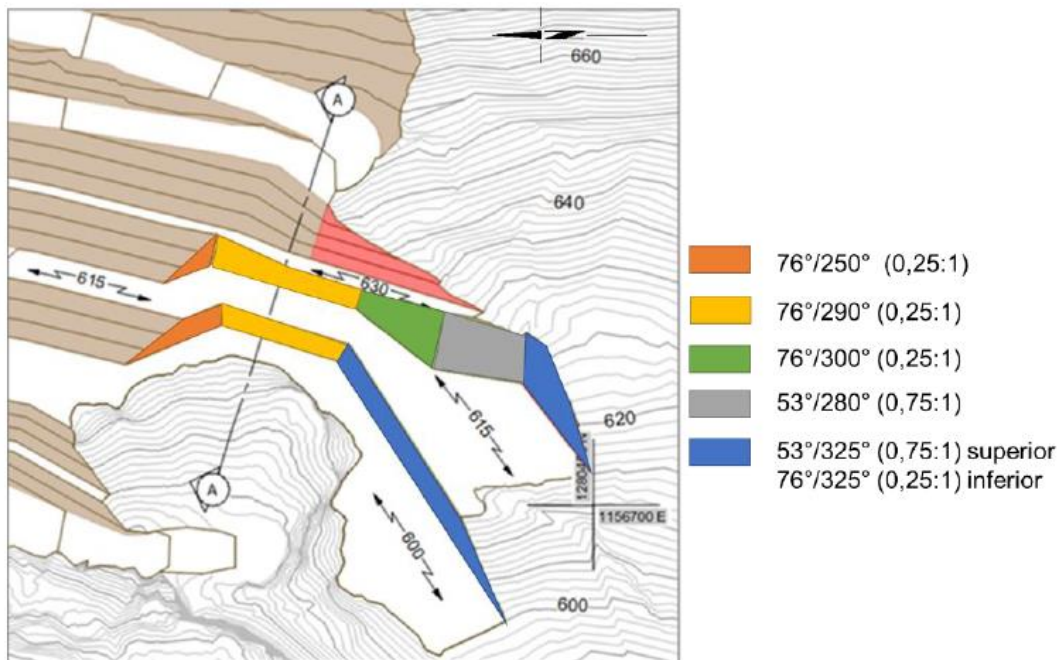


Figura 2-26 *Inclinación y dirección de buzamiento de la excavación del cierre sur.*

Fuente: CGI, 2020.

En este análisis se identifica que todas las cuñas potencialmente inestables, tienen un volumen inferior a 5,0 m³. A nivel general se observa que los bloques de mayor magnitud son formados en los taludes donde las pendientes son más exigidas, con ángulos de inclinación de 76° y en los sectores donde la excavación tendrá una berma superior de 7,0 m de ancho y una dirección de buzamiento de 250° y 290°. Con base en lo anterior, los bancos de excavación deben realizarse con alturas máximas de 3,0 m para reducir el volumen de los bloques potencialmente inestables (Figura 2-27).

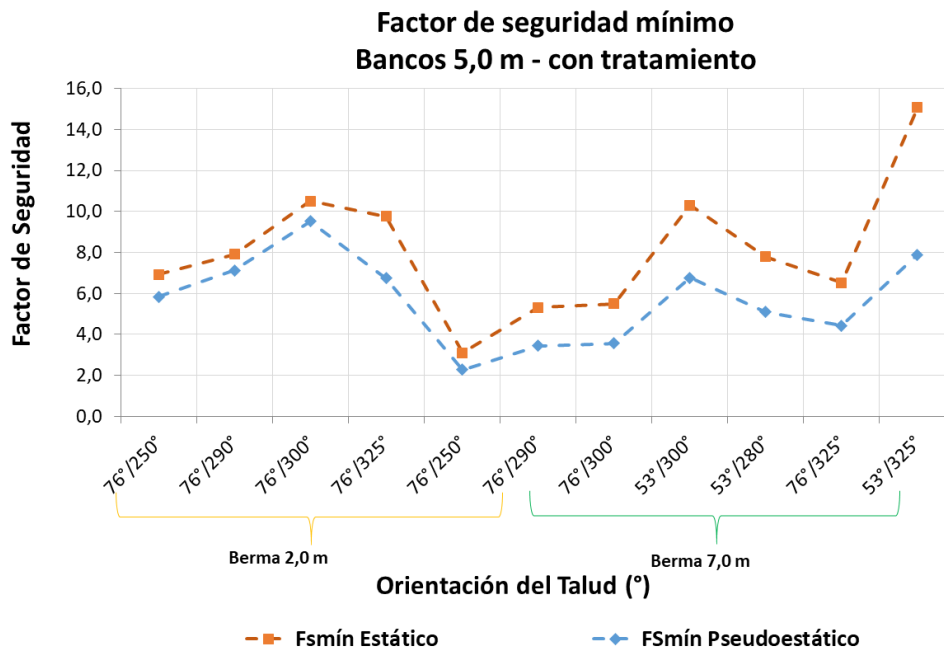


Figura 2-28 Resumen de análisis cinemático con tratamiento, para bancos de 5 m de altura.

En el análisis cinemático para bancos con altura de 15 m, con inclinación de 76° (0,25H:1,0V) y 53° (0,75H:1,0V), teniendo en cuenta una berma de 2 m y 7 m de ancho aplicando el tratamiento de soporte por diseño, se obtiene un factor de seguridad mínimo de 2,73 en condición estática y de 2,12 para la condición pseudoestática, para la combinación de los planos con disposición 70°/285°, 45°/200° y la cara libre del talud (76°/250°). Los resultados obtenidos para el análisis de bancos de 15 m de altura se presentan en la (Figura 2-29).

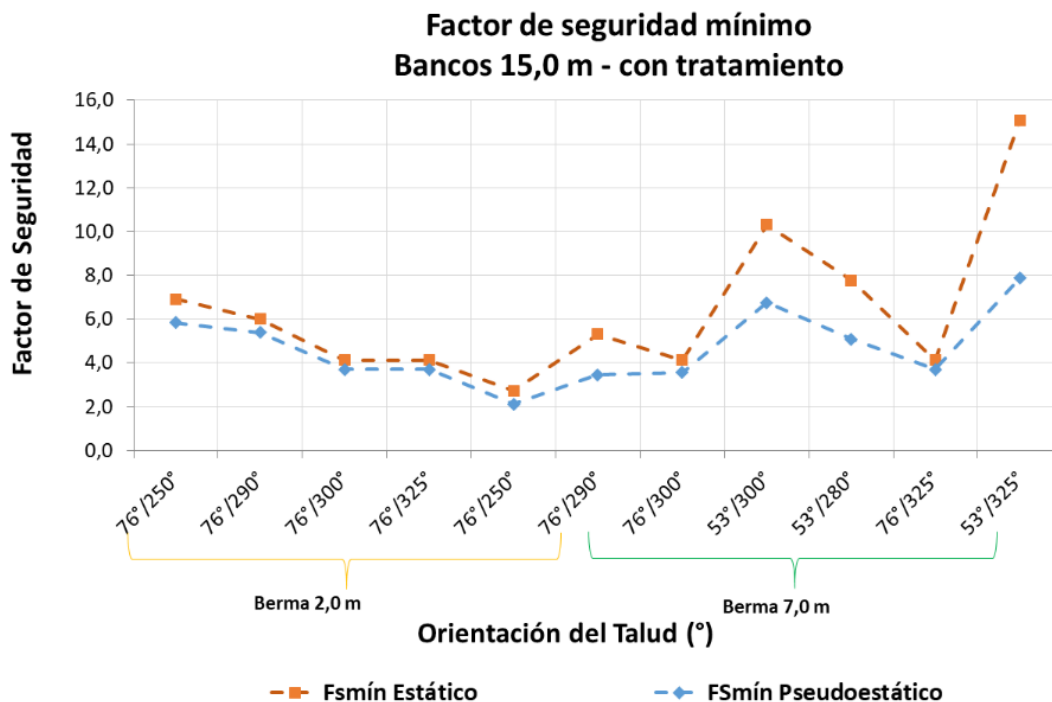


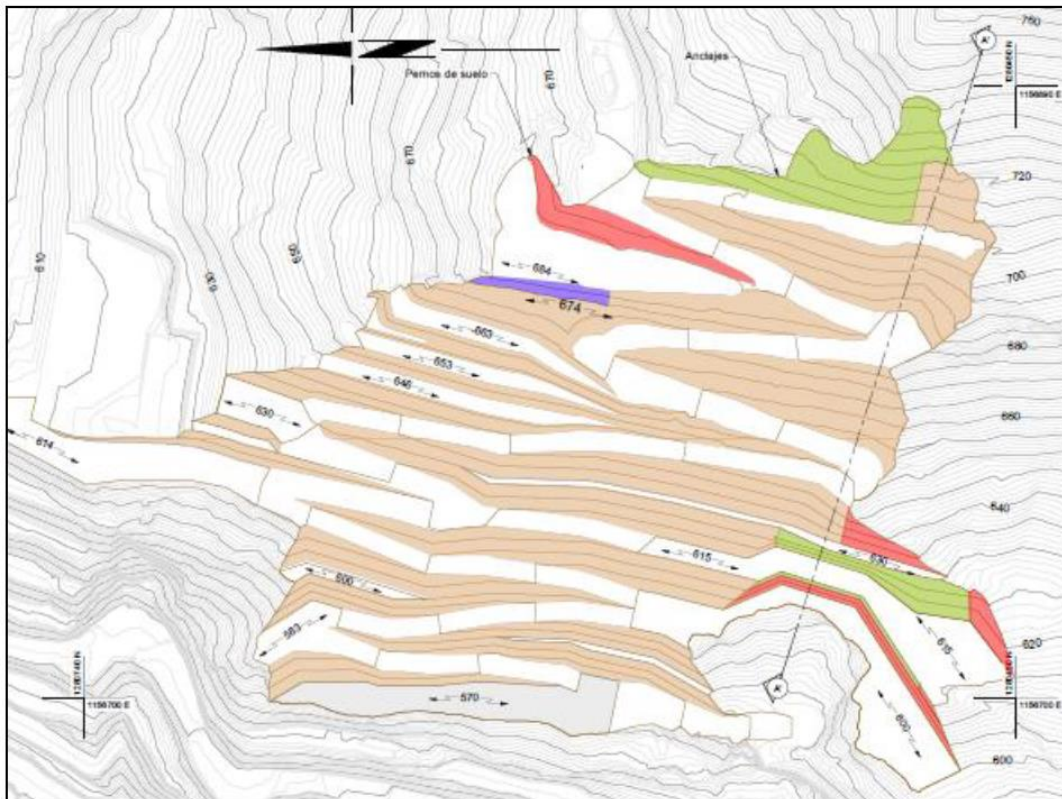
Figura 2-29 Resumen de análisis cinemático con tratamiento, para bancos de 15 m de altura.

2.4.3.3 Análisis de resultados y recomendaciones

De forma general, en las zonas donde las excavaciones son en roca se identifica que el tratamiento de soporte recomendado, correspondiente a pernos tipo BAL 8 de 12 m de longitud, espaciados cada 2,0 m y dispuestos al tresbolillo, con dos capas de concreto lanzado de 0,05 m de espesor, reforzado con malla electrosoldada Q3, atiende las condiciones de estabilidad de la excavación; sin embargo, teniendo en cuenta que en el talud entre cotas 630 y 620 se ve influenciado por un alto grado de cizallamiento, situación que se espera para los taludes inferiores, mostrando condiciones menos favorables en términos geológicos, el tratamiento se complementó mediante la inclusión 6 líneas de tensores de 400 kN, longitud total de 30,0 m y 15,0 m de bulbo, espaciados a cada 2,0 m y dispuestos al tresbolillo entre las abscisas km 0+020 y km 0+085.

Con base en los resultados de los análisis cinemáticos con la geometría de excavación propuesta, se puede considerar en los taludes con pendiente de 0,25H:1,0V a 0,75H:1,0V el tratamiento de soporte por diseño es adecuado y corresponde a (Figura 2-30 y Tabla 2-16):

- Pernos de roca BAL 8 de 12 m de longitud, espaciados cada 2,00 m a 2,50 m y dispuestos al tresbolillo.
- Dos capas de concreto lanzado de 0,05 m de espesor, reforzado con malla electrosoldada tipo Q3.



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Tensores de anclaje Td=400 kN, espaciados 2,00 m y dispuestos al tresbolillo, con dos capas de concreto lanzado de 0,05 m de espesor cada una, reforzado con malla electrosoldada Q3.
	Tensores de anclaje Td=300 kN, espaciados 3,00 m y dispuestos al tresbolillo, con dos capas de concreto lanzado de 0,05 m de espesor cada una, reforzado con malla electrosoldada Q3.
	Pernos de suelo BAL 8, L=12 m, espaciados cada 1,5 m y dispuestos al tresbolillo, apoyados en dados de concreto reforzado con dos capas de concreto lanzado de espesor 0,05 m, reforzado con malla electrosoldada Q3.
	Pernos de roca BAL 8, L=12 m, espaciados entre 2,0 m y 2,5 m, con dos capas de concreto lanzado de 0,05 m de espesor cada una, reforzado con malla electrosoldada Q3. El espaciamiento de los pernos será definido en campo de acuerdo a la valoración geológica realizada por la Asesoría.

Figura 2-30 Distribución de tratamiento de soporte en la parte alta de la Plazoleta de compuertas.

Fuente: CGI, 2020.

Tabla 2–16 Características de soporte activo.

Cota instalación (m s.n.m.)	Inclinación con la horizontal (°)	Longitud libre (m)	Longitud del bulbo (m)	Tensión de diseño (kN)
731-728-714-712	-10	13	12	400
708-710	-20	28	12	400
679 -676	-10	18	7	300
628,5 - 626,5	-10	18	12	400
624,5 - 622,5 - 613,5 - 611,5	-10	15	15	400

Fuente: CGI, 2020.

2.4.4 Vertiente Norte Margen Derecha

En el sector localizado sobre la margen derecha del río Cauca denominado en el presente informe como “Vertiente norte de la margen derecha” (Figura 2-31) se identificó la ocurrencia de fenómenos de inestabilidad con afectación a algunas obras del proyecto tanto durante su etapa de construcción como posteriormente durante la contingencia asociada al taponamiento súbito de la GAD y el consecuente llenado no programado del embalse en abril de 2018.

A partir de la caracterización geológico/geotécnica del sector, se obtuvo la información necesaria para especificar el fenómeno que allí se presenta. Dicha caracterización ha tenido dos etapas diferenciadas así: una, realizada durante la exploración del diseño definitivo de las obras emplazadas en el sector las cuales corresponden a la Subestación Principal de 500 kV y las instalaciones de seguridad Capitanes (complementada durante la construcción de las mismas); y otra, durante la contingencia, mediante las excavaciones realizadas en la parte alta de la plazoleta de compuertas en el sector de Romerito. La anterior caracterización permitió identificar el perfil estratigráfico de la zona el cual está compuesto por materiales in-situ, depósitos de vertiente y zonas de afectación que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa, los cuales han sido objeto de intervenciones estructurales asociadas a la mitigación en la etapa anterior a la ocurrencia de la contingencia.



Figura 2-31 Localización Vertiente Norte Margen Derecha (VNMD).

Fuente: CGI, 2020.

2.4.4.1 Contexto Geológico

A partir de las perforaciones que se han ejecutado en esta zona, de las excavaciones de la subestación y de las que se han venido adelantando en la parte alta de la plazoleta de compuertas, se ha identificado en este sector la presencia de una serie de depósitos de vertiente que suprayacen un perfil de meteorización generalmente compuesto por un horizonte de transición suelo-roca (IC-IIA), un horizonte de roca moderadamente meteorizada (IIA) y un horizonte de roca ligeramente meteorizada (IIB). Los depósitos son matriz soportados y por lo general tienen espesores que varían entre 5 m y 10 m, la matriz es fina, los bloques varían desde centimétricos a métricos y se encuentran moderadamente a altamente meteorizados.

El horizonte IC-IIA está compuesto por matriz y bloques en proporciones variables, aunque con predominio de una matriz fina, de color café y plasticidad moderada a alta. Los bloques se encuentran moderada a altamente meteorizados y evidencian plegamientos en algunos sectores. En varias de las auscultaciones realizadas y en la excavación de la parte alta de la plazoleta de compuertas, se ha identificado que

este material tiene un contacto tajante con el horizonte IIA, lo cual, está relacionado a la presencia de estructuras de debilidad, entre las que se destaca una con tendencia 30° - 40° / 040° - 060° y 23 - 30° / 070 - 100° .

El horizonte IIA, se presenta como un macizo moderadamente meteorizado y medianamente fracturado. En la Figura 2-33 a continuación, se presenta un perfil geológico representativo de este sector, el cual fue elaborado con base en la información recolectada en campo y en la interpretación de los sondeos exploratorios. La planta utilizada se muestra en la Figura 2-32.

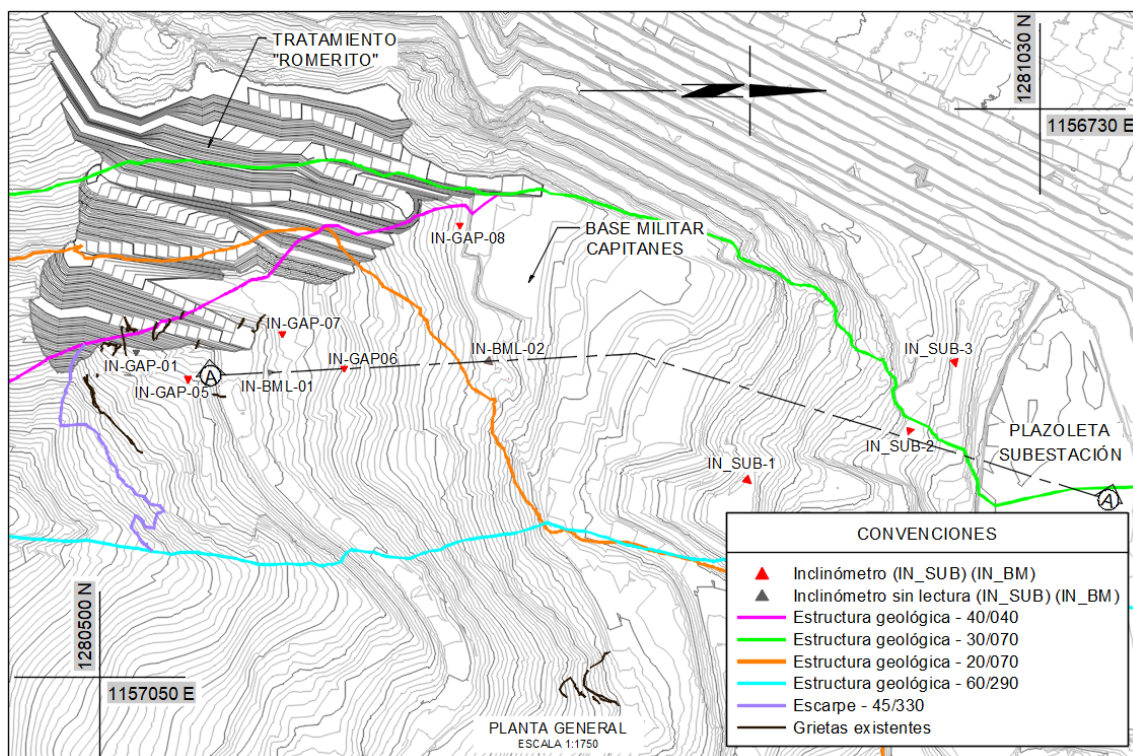


Figura 2-32 Planta con la localización de la sección A.

Fuente: CGI, 2020.

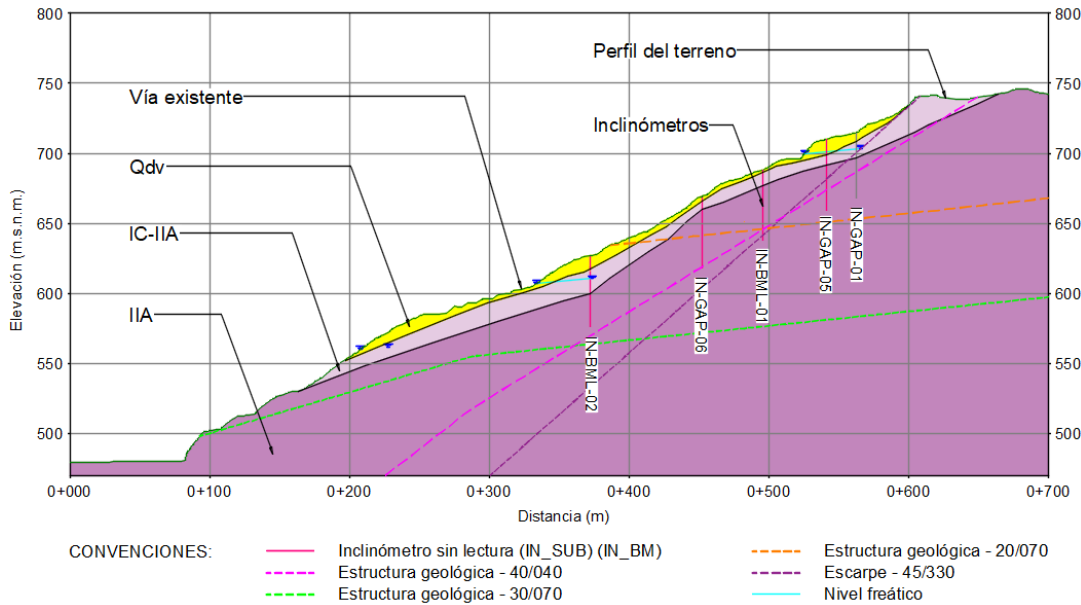


Figura 2-33 Perfil geológico por la sección A.

Fuente: CGI, 2020.

Los parámetros empleados son los siguientes:

Tabla 2-17 Parámetros de resistencia – Vertiente norte margen derecha.

Material	Densidad (kN/m ³)	Criterio	Cohesión (kN/m ²)	Phi (°)	UCS (MN/m ²)	GSI
Qdv	18 +/-1	Mohr-Coulomb	20+/- 5	30 +/-10	--	--
IC – IIA		Mohr-Coulomb	35 +/-15	35 +/-10		
IIA - Fracturado	23+/-1	Hoek-Brown			50 +/-10	48+/-12
IIA	24+/-1	Hoek-Brown	--	--	70 +/-10	48+/-12
IIB	26+/-1	Hoek-Brown	--	--	80 +/- 10	50 +/-12

Fuente: CGI, 2020.

2.4.4.2 Análisis De Estabilidad

De acuerdo con la revisión de la instrumentación (principalmente los inclinómetros) y los registros de las perforaciones realizadas en el sitio, se logró identificar que son

dos diferentes movimientos los presentados por la instrumentación, un movimiento superior en la parte alta de ladera el cual se da a través del contacto entre la transición suelo roca IC-IIA y el IIA. El segundo movimiento comparado con el primero es mucho más lento y de menor magnitud, ahora bien, mucho más profundo y que de acuerdo a lo observado se puede dar a través del plano de debilidad o zona de cizalla $40^{\circ}/040^{\circ}$ indicado anteriormente.

La profundidad y los instrumentos con los cuales se identificó el movimiento superior se muestran a continuación:

- IN-GAP-01: Profundidad media del movimiento 15,00 m
- IN-GAP-05: Profundidad media del movimiento 17,50 m
- IN-BML-01: Profundidad media del movimiento 9,00 m

Basado en lo anterior, se infirió una superficie de falla como se muestra en la Figura 2-34.

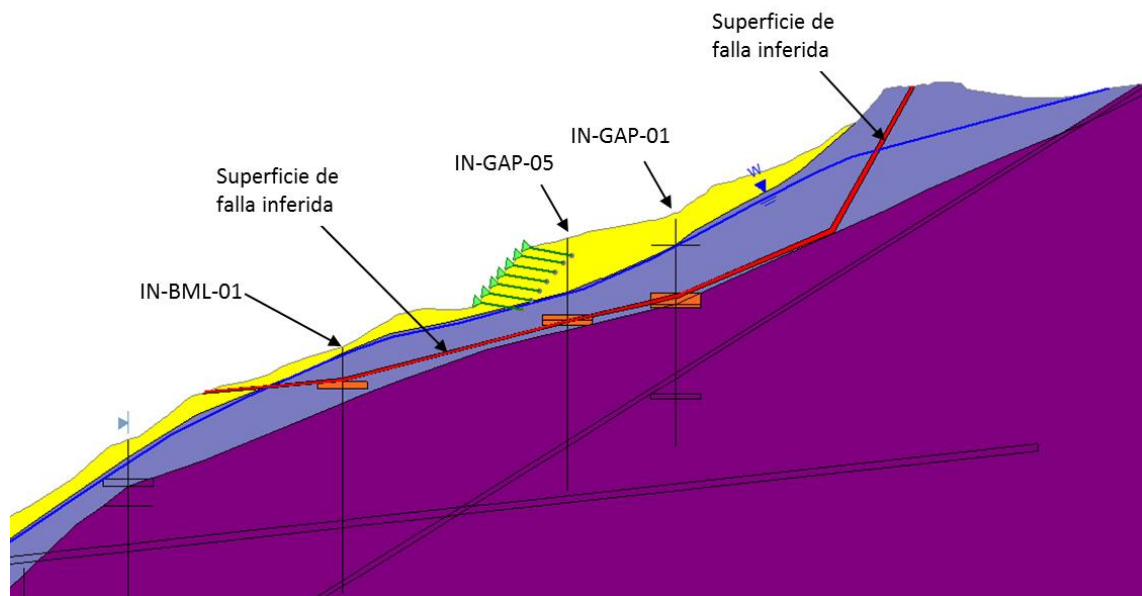


Figura 2-34 Superficie de falla inferida movimiento superior.

Fuente: CGI, 2020.

En el perfil anterior (Figura 2-34) se puede observar la presencia de algunos recuadros anaranjados, los cuales representan las zonas donde se identificaron los movimientos de los inclinómetros indicados en la misma figura. Estos recuadros coinciden con zonas de fracturamiento y/o zonas de cizallas identificadas con las perforaciones realizadas para la instalación de los instrumentos.

De forma análoga, para el movimiento profundo, a través de los movimientos registrados por los siguientes instrumentos:

- IN-GAP-01: Profundidad media del movimiento 29,00 m
- IN-GAP-05: No registra movimiento profundo
- IN-GAP-06: Profundidad media del movimiento 21,50 m

La superficie de falla inferida para este movimiento se muestra en la Figura 2-35.

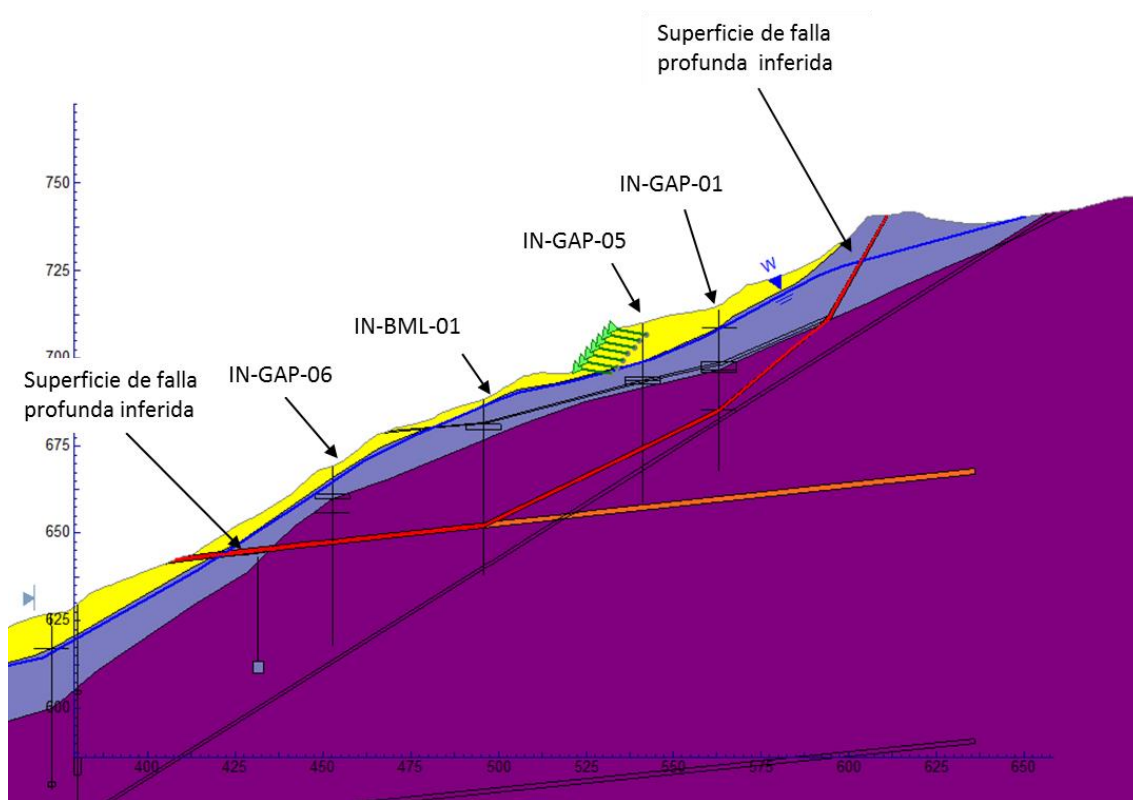


Figura 2-35 Superficie de falla inferida movimiento inferior.

Los resultados de los análisis de estabilidad se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2–18 Resumen resultados análisis de estabilidad - VNMD

Escenario	Condición	FS (sin tratamiento)	FS (Con tratamiento)
Superficie de falla superior	Estático	1,1	1,5
	Pseudo-estático	--	1,1
Superficie de falla inferior	Estático	1,1	1,5
	Pseudo-estático	--	1,1

Fuente: CGI, 2020.

2.4.4.3 Análisis de Resultados y Recomendaciones

De acuerdo con el resultado anterior, para la superficie de falla superior se observó la necesidad de un sostenimiento para mejorar su condición de estabilidad. Este sostenimiento se encuentra en evaluación por parte de la Asesoría. Para la superficie de falla inferior, el análisis de la instrumentación geotécnica muestra que las deformaciones en la vertiente norte de margen derecha están directamente relacionadas con el flujo de agua al interior de la masa de suelo y en el contacto suelo-roca. Este flujo de agua subterránea es recargado por la infiltración de aguas lluvias, causando que, durante las temporadas de alta precipitación se registren aumentos en las velocidades de deformación. Es por esta razón que se recomendó la construcción de una galería de drenaje (actualmente construida en su totalidad) que permitiera interceptar el agua subterránea presente en la zona reduciendo las presiones de poros en el área de influencia, y mejorando por lo tanto las condiciones de estabilidad.

En la Figura 2-36 se muestra un esquema de la evolución de la línea de nivel freático al construir una galería de drenaje, se observa que el nivel freático es abatido, disminuyendo de esta manera la presión de poros en la masa de suelo por encima de la galería.

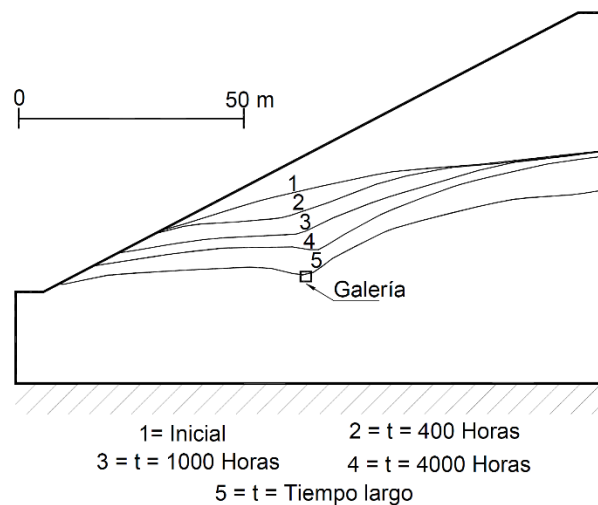


Figura 2-36 Evolución de la línea de nivel freático al construir una galería de drenaje.

Fuente: CGI, 2020.

Esta galería inició aproximadamente en las coordenadas 1.280.740,65 1 N, 1.156.932,74 E, sobre la cota 603,00 m.s.n.m, tiene una la longitud total de 155,2m,

y una sección de 3,0 m x 3,5 m. La sección típica de la galería se muestra en la Figura 2-37.

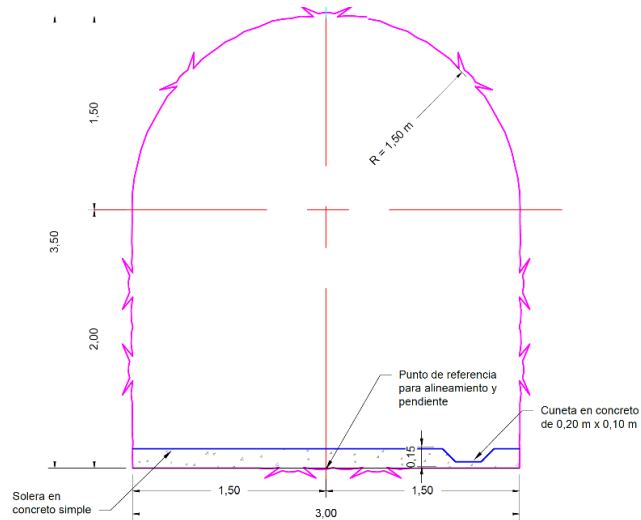


Figura 2-37 Sección típica de la galería de drenaje.

Fuente: CGI, 2020.

La localización en planta y el perfil longitudinal se muestran en la Figura 2-38 y Figura 2-39 respectivamente.

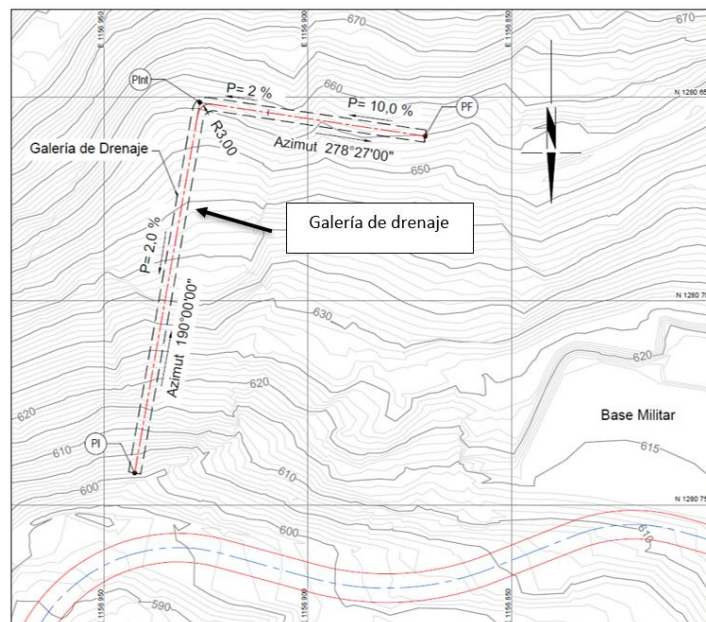


Figura 2-38 Localización en planta galería de drenaje

Fuente: CGI, 2020.

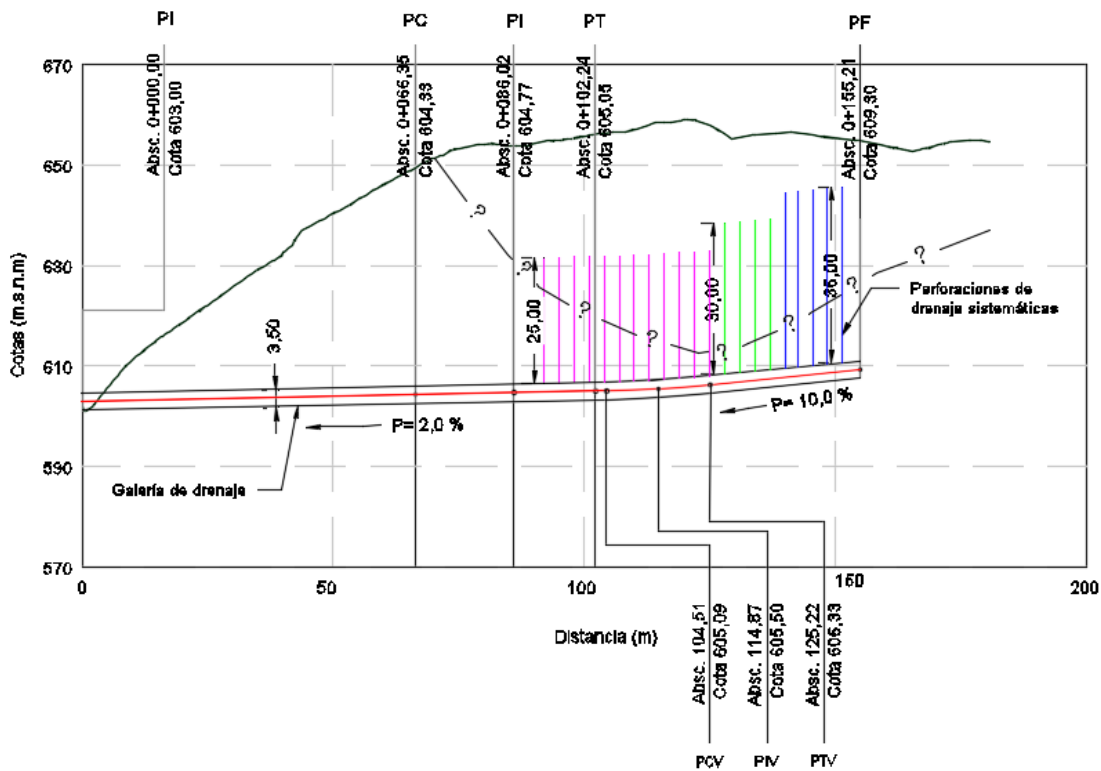


Figura 2-39 Vista en perfil de la galería y los drenes.

Fuente: CGI, 2020.

2.4.5 La Honda

Este sitio corresponde al talud sobre la vía sustitutiva Puerto Valdivia -Sitio de Presa sobre el km18+300 en el sector de la Quebrada la Honda. Su localización se muestra en la Figura 2-40. En este sitio han ocurrido una serie de deslizamientos desde el 2016 por lo cual se han impartido diferentes soluciones en función de la evolución de los deslizamientos debido a la complejidad del sitio.

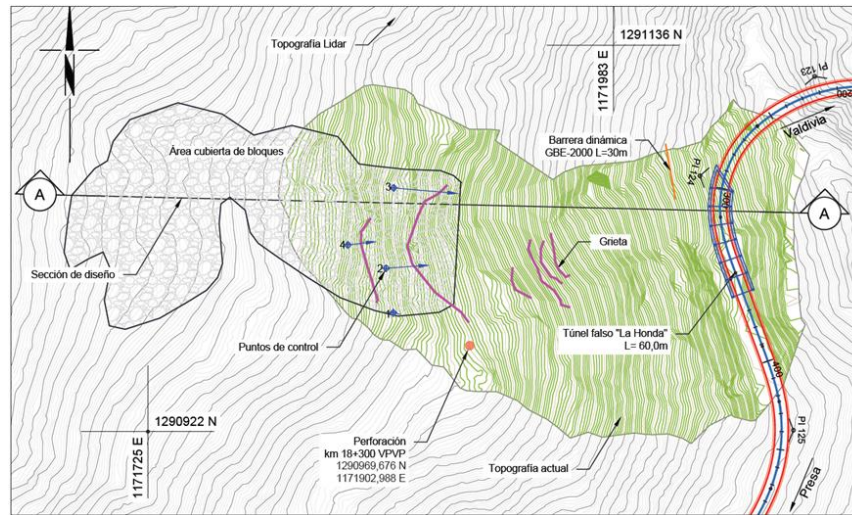


Figura 2-40 Sitio inestable – La Honda.

En el 2016 ocurrió el deslizamiento que se dio por un material susceptible a la erosión, combinado con una orientación desfavorable de las estructuras que además formaban planos de alta persistencia como se muestra en la Figura 2-41.

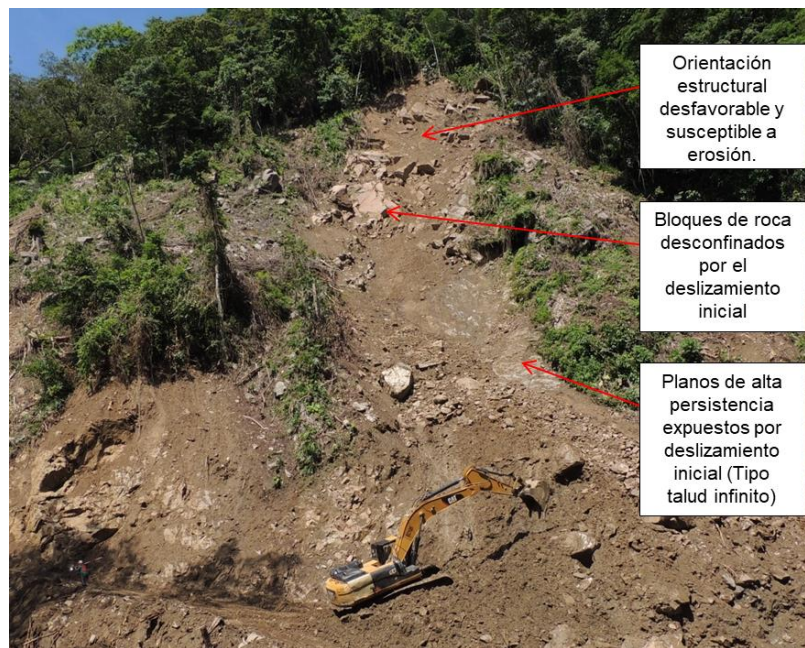


Figura 2-41 Deslizamiento ocurrido en agosto de 2015.

Fuente: CGI, 2020.

2.4.5.1 Contexto Geológico

La ladera está conformada por cuatro tipos de materiales; rocas sueltas, en la superficie, un horizonte de transición suelo-roca (IC-IIA) y dos horizontes IIA de roca moderadamente meteorizada:

- **Rocas sueltas en superficie:** ste hace parte de la transición suelo roca (IC-IIA), se presenta como bloques de roca sueltos ligera a moderadamente meteorizados, con tamaño promedio de 2,0 m pero con algunos bloques que alcanzan hasta los 10,0 m de arista, angulosos a sub-angulosos y apilados unos sobre otros con ausencia de matriz, lo cual podría ocasionar que el movimiento de alguno de estos bloques desencadene un fenómeno de desprendimiento progresivo (efecto dominó). Este horizonte se origina cuando el IC-IIA pierde su matriz debido a la erosión ocasionada por el agua de escorrentía y el flujo sub-superficial.
- **IC-IIA:** Se encuentra localizado hacia la parte media y alta del deslizamiento y se presenta como una matriz limo-arenosa, de humedad baja a moderada, plasticidad moderada y consistencia blanda, que envuelve bloques de roca moderadamente meteorizados, subangulosos, con tamaños que por lo general alcanzan los 4,0 de diámetro máximo, sin embargo, se infieren que podrían alcanzar tamaños de hasta 10, 0 m. Este horizonte tiene un espesor de 25 m aproximadamente.
- **IIA-1:** Se presenta como un macizo de roca moderadamente meteorizada y fracturada, con discontinuidades abiertas de alta persistencia rellenas de óxidos y limo;
- **IIA-2:** En este horizonte las discontinuidades también son de alta persistencia, sin embargo, los rellenos limosos desaparecen y la abertura es mucho menor.

La planta y el perfil geológico del sitio se presentan en la Figura 2-42 y Figura 2-43 respectivamente.

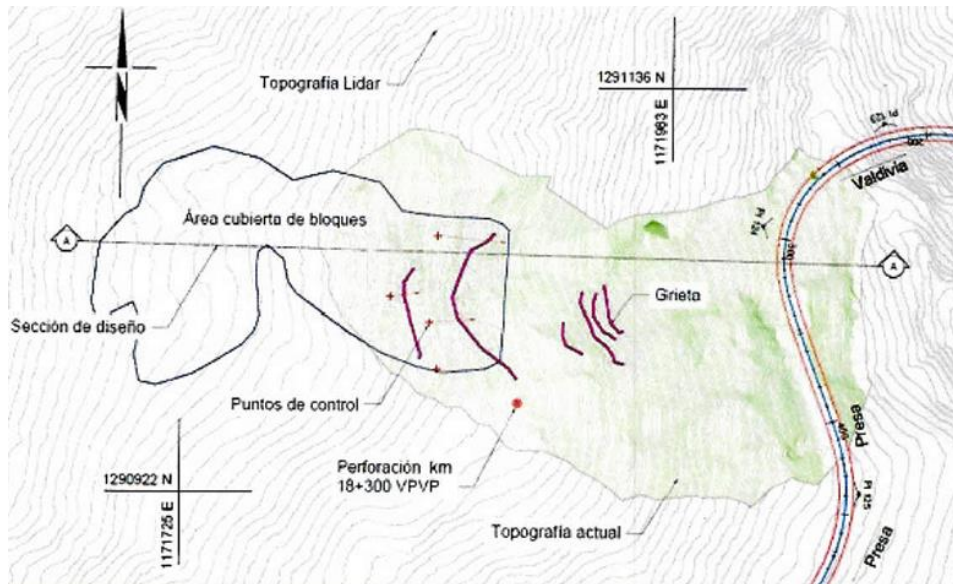


Figura 2-42 Planta Sitio La honda.

Fuente: CGI, 2020.

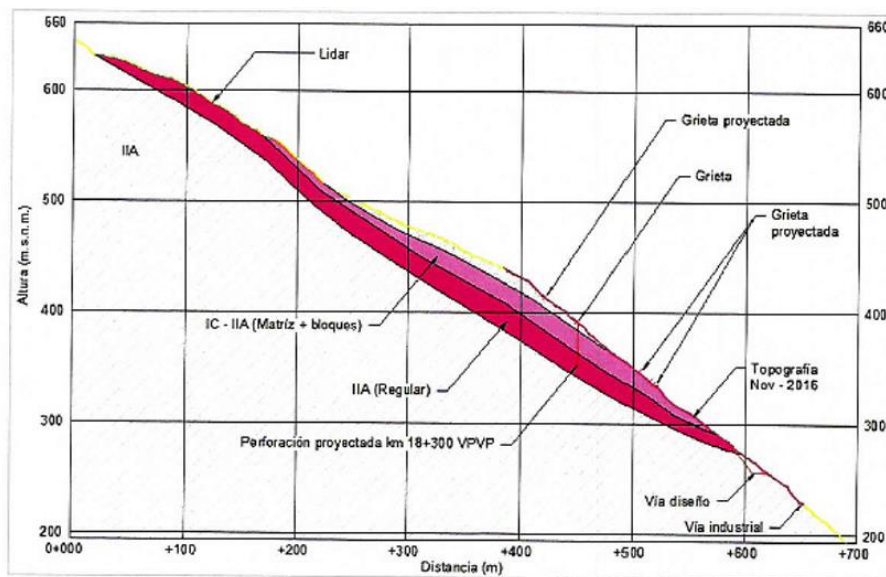


Figura 2-43 Perfil geológico – La Honda.

Fuente: CGI, 2020.

2.4.5.2 Análisis de Estabilidad

En la Figura 2-44 se presenta la condición actual del talud, la cual sigue siendo considerada como un sitio potencialmente inestable, sobre el cual se han planteado varias alternativas sin embargo dada su complejidad, estas alternativas continúan en estudio. Entre las alternativas planteadas se resumen las siguientes:

- **Alternativa 1:** Estabilización con tensores de 600 kN y 20 m de longitud.

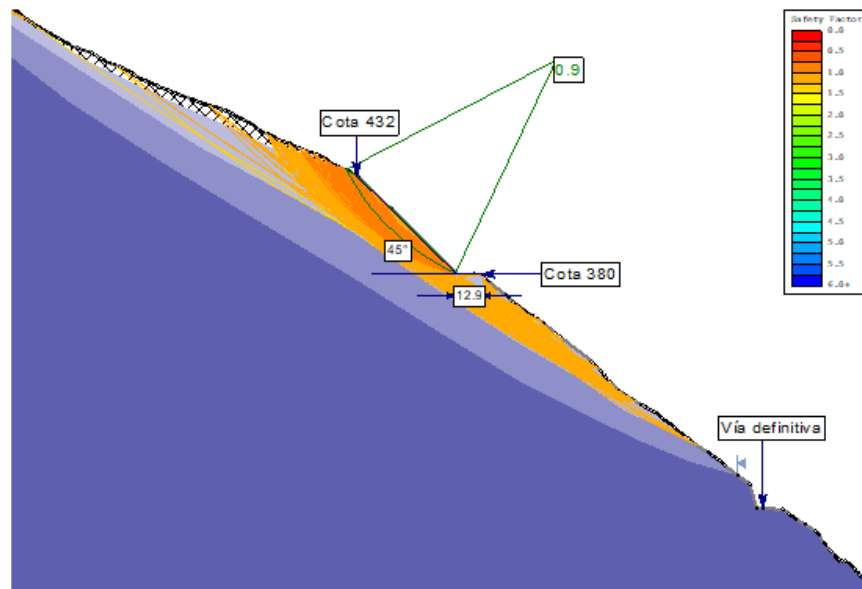


Figura 2-44 Alternativa 1 - Sitio La Honda.

Fuente: CGI, 2020.

- **Alternativa 2:** Construcción de un túnel falso –protección del talud con mallas.

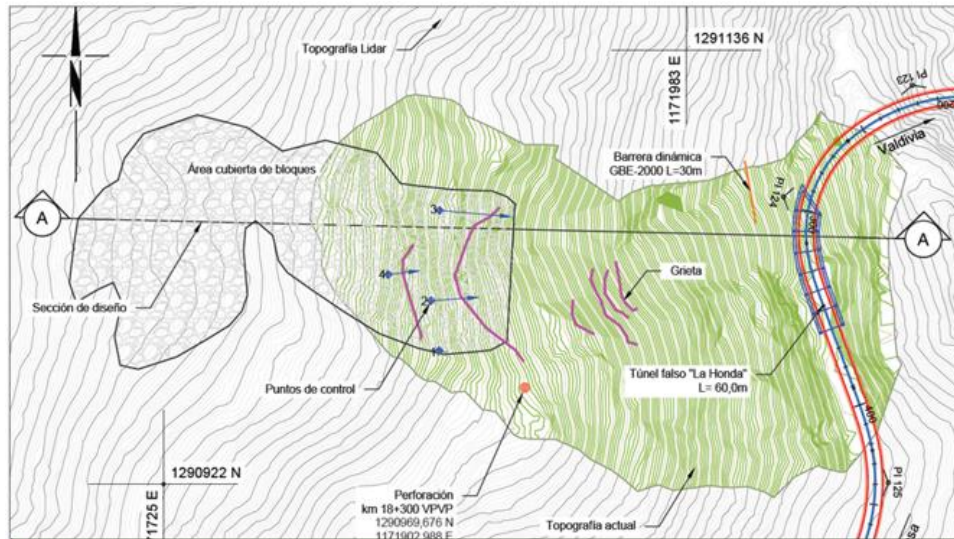


Figura 2-45 Planta Localización Falso túnel.

Fuente: CGI, 2020.

- **Alternativa 3:** Puente de 120 m de longitud en tres luces de vigas metálicas y postensadas, muro de acompañamiento de 37 m.

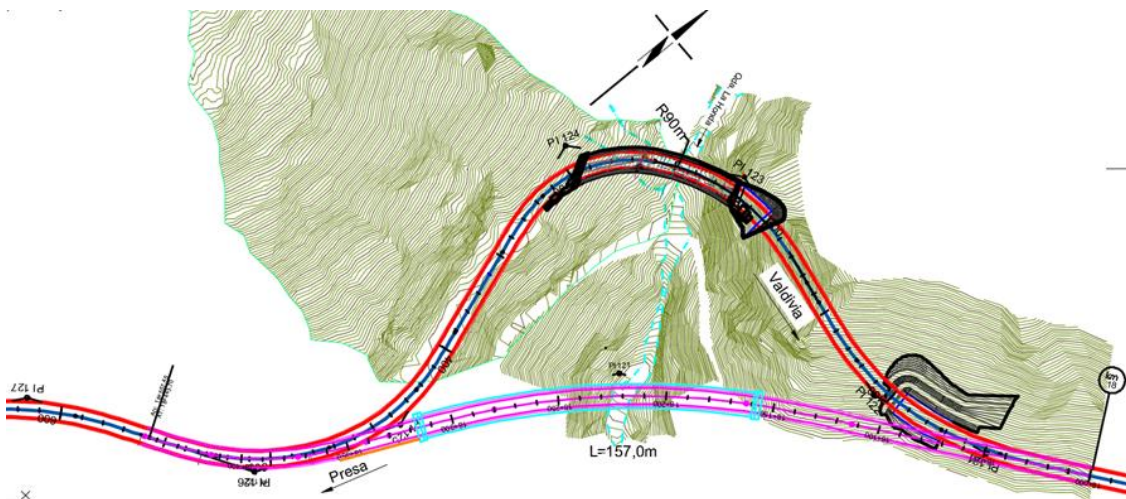


Figura 2-46 Alternativa 3 planta localización viaducto.

Como se mencionó anteriormente, estas alternativas aún continúan siendo estudiadas y evaluadas para encontrar la mejor propuesta de solución de estabilización.

2.4.5.3 Análisis de resultados y recomendaciones

Como medida de mitigación en septiembre de 2017 se recomendó la instalación de una malla TECCO en la corona del talud, seguido por una malla QUAROX tipo cortina. La localización de estas mallas se muestra en la Figura 2-47.

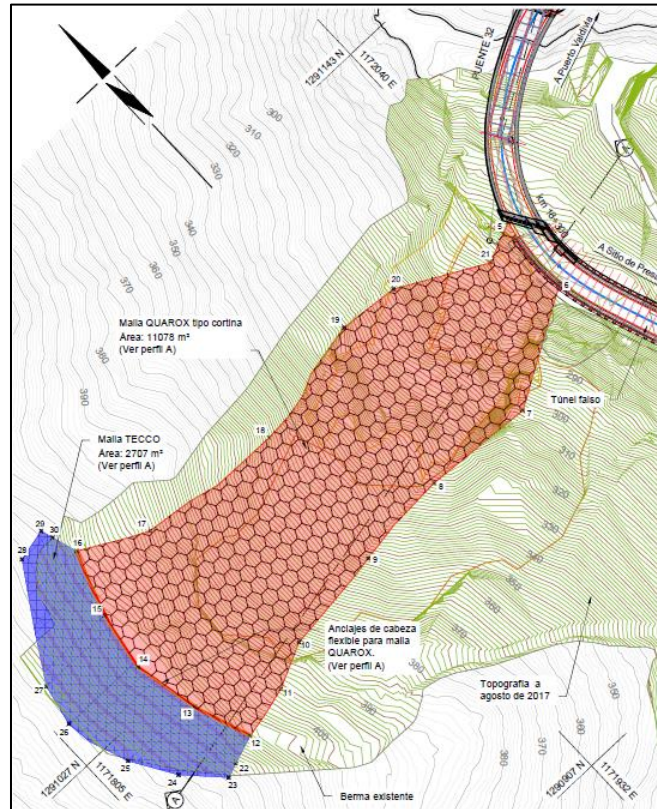


Figura 2-47 Zonificación instalación de mallas de protección.

Fuente: CGI, 2020.

Posterior a la instalación de esta malla ocurrieron otra serie de eventos en los cuales se presentó el fallo de la malla QUAROX y actualmente solo se cuenta con la malla TECCO como se muestra en la siguiente figura:

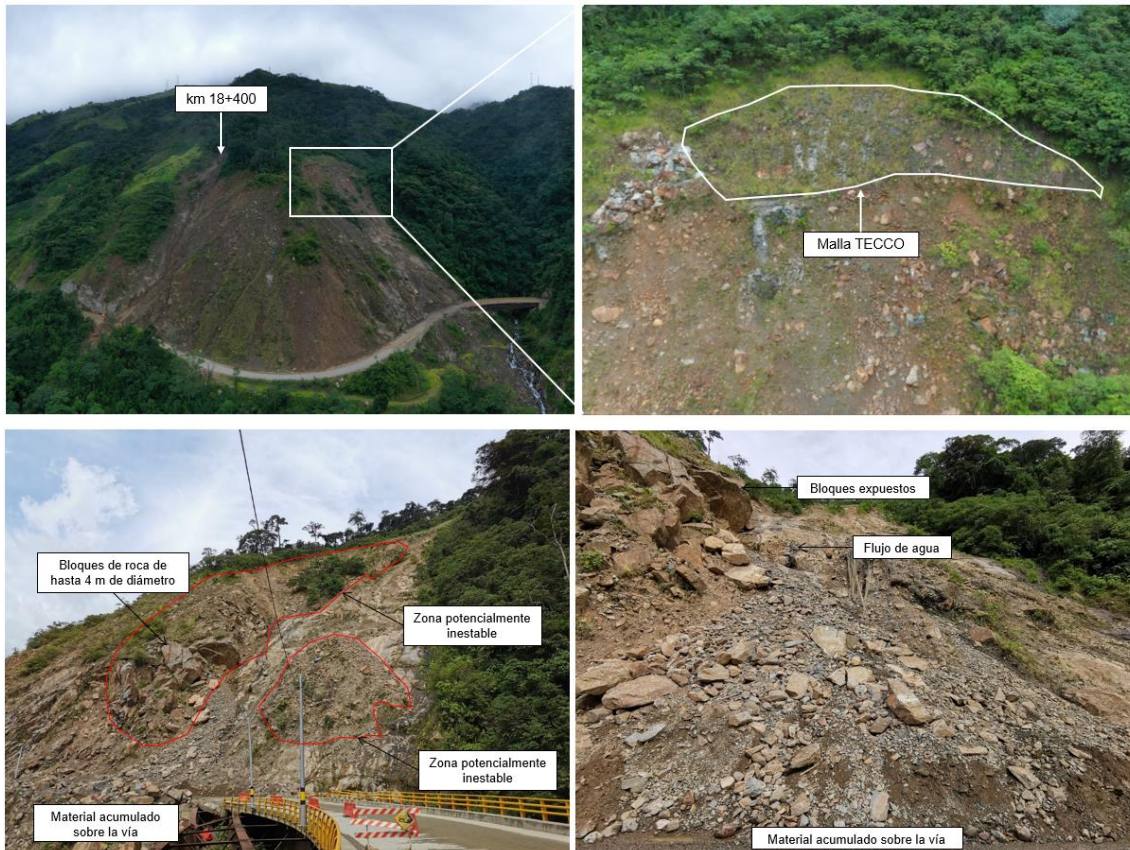


Figura 2-48 Condición a agosto de 2020.

Fuente: CGI, 2020.

2.4.6 El Cocal

El tramo de vía comprendido entre abscisas km 15+970 y km 16+055 de la vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa se caracteriza por los continuos desprendimientos de suelo y bloques de roca con tamaños desde centimétricos hasta métricos. Desde la etapa de excavación inicial o abertura de la trocha hasta la actualidad, se realizaron diagnósticos y se presentaron recomendaciones con el objetivo de mejorar las condiciones de estabilidad en este sector. Actualmente este tramo de la vía se encuentra pavimentado, sin embargo, las condiciones de estabilidad del talud continúan siendo críticas. En la Figura 2-49 se muestra el estado del deslizamiento inicial en mayo de 2016 y en la Figura 2-50 se muestra el estado actual del deslizamiento a agosto de 2020.

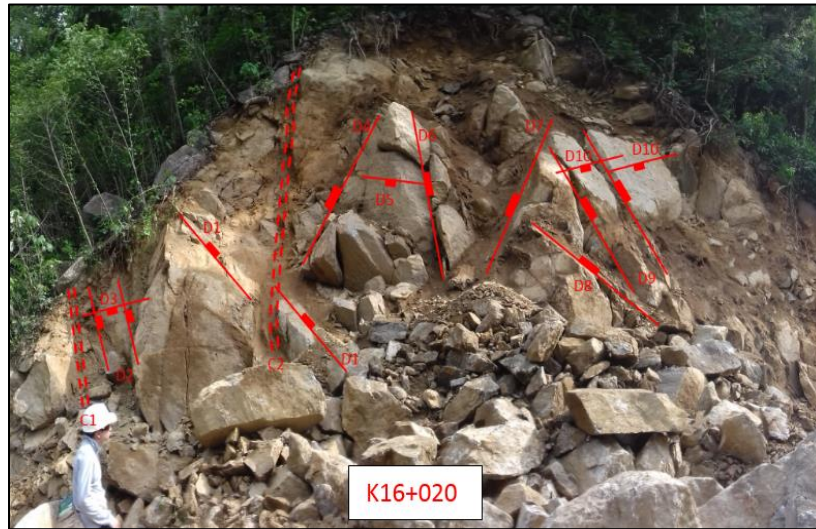


Figura 2-49 Deslizamiento inicial - mayo de 2016.

Fuente: CGI, 2020.



Figura 2-50 Estado actual del deslizamiento – Agosto 2020.

Fuente: CGI, 2020.

2.4.6.1 Contexto Geológico

En este tramo el macizo rocoso corresponde a un horizonte de roca gnéisica perteneciente a la unidad litológica del Complejo Puquí (PEnp), la cual se observa moderadamente meteorizada (IIA) y moderadamente fracturada, con discontinuidades alteradas y oxidadas, con persistencias variables que pueden ser de hasta 10 m, espaciamientos entre 0,20 y 0,60 m y aperturas que por lo general varían entre 1 mm y cm. El RQD para este sector puede ser variable, sin embargo, oscila entre 50 % y 75 % (Figura 2-51). Es importante mencionar que en algunos tramos es común observar bloques de roca sueltos o con algo de matriz en la parte superior de la ladera, con tamaños de hasta 4 m (Figura 2-51).



Figura 2-51 Material característico del sector km 16+050 – km 16+350.

Fuente: CGI, 2020.

2.4.6.2 Recomendaciones

Debido a la complejidad del talud las alternativas de solución planteadas no han sido suficientes para su estabilización, es por esto que se implementarán inicialmente medidas de mitigación que estarán encaminadas a la limpieza de la superficie del talud y desabombe de los bloques de mayor tamaño, además de la revegetalización en las zonas que así lo permitan.

2.4.7 K0+900

Este sitio corresponde al talud ubicado sobre la vía Sitio presa -Ituango, entre las abscisas k0+900 y k1+300, en la margen del proyecto. La localización del sitio se muestra en la siguiente figura:



Figura 2-52 Localización sitio k0+900.

Fuente: CGI, 2021.

2.4.7.1 Contexto Geológico

El este sitio hasta la cota 700 se evidenció un desgarramiento continuo, limitado por un escarpe en roca correspondiente al horizonte IIB de un neis cuarzo-feldespático con moscovita +/- biotita y epidota con plano de foliación $20^{\circ}/260^{\circ}$ (favorable con la orientación de la ladera). Este dato de foliación difiere con los reportados sobre la vía Presa-Ituango y la parte baja de la ladera, lo que indica un plegamiento anti-forme con cabeceo hacia el sur, lo cual es coherente con la deformación observada en el macizo dado que los neises presentan estructuras asociadas al trend estructural regional SW-NE.

Debajo del escarpe del macizo rocoso, la ladera está conformada por un depósito matriz-soportado conformado por bloques de roca de 0,15 m a 2,00 m con variaciones en el contenido de matriz, ocasionado por el lavado de esta por aguas de escorrentía. Este proceso erosivo, genera desplazamientos en los bloques, los cuales buscan acomodarse, desarrollando de esta manera depósitos tipo talus de forma aleatoria a lo largo de la ladera, cuya fuente, dado el tamaño de los bloques, son los horizontes IC-IIA y IIA del neis cuarzo feldespático. A partir de la acomodación de bloques, se generan desprendimientos y desplazamientos de la masa de suelo que conserva la matriz, pues esta pierde apoyo a medida que el agua de escorrentía socava a profundidad. A estos desprendimientos se asocian los escarpes y agrietamientos. En la Figura 2-53 se presenta la geología de este sitio y en la Figura 2-54 el perfil estratigráfico típico.

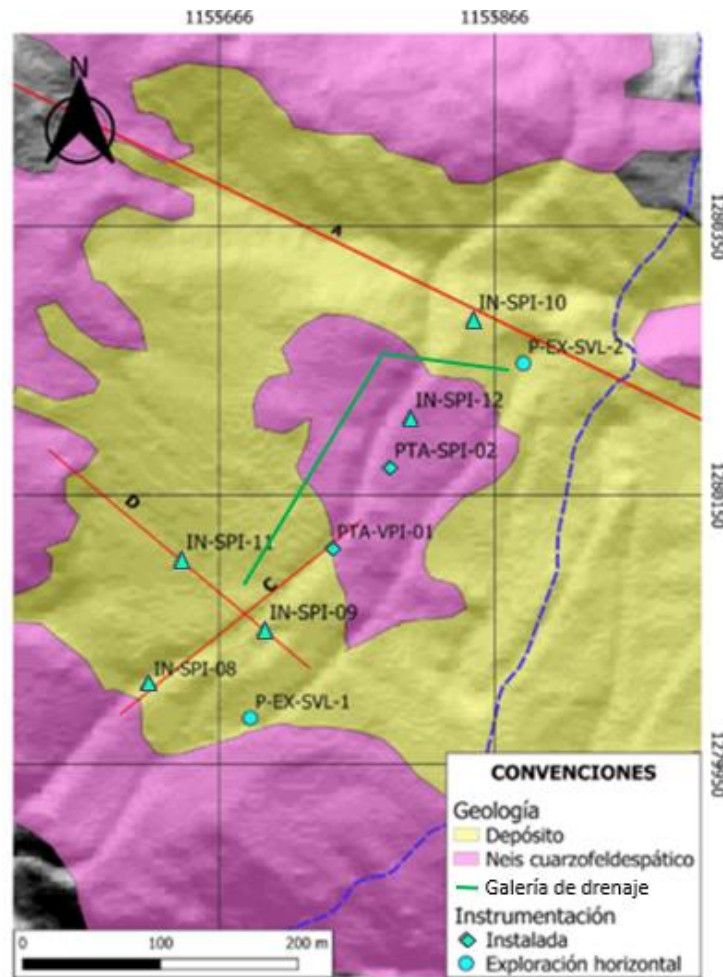


Figura 2-53 Planta geología local – k0+900

Fuente: CGI, 2021.

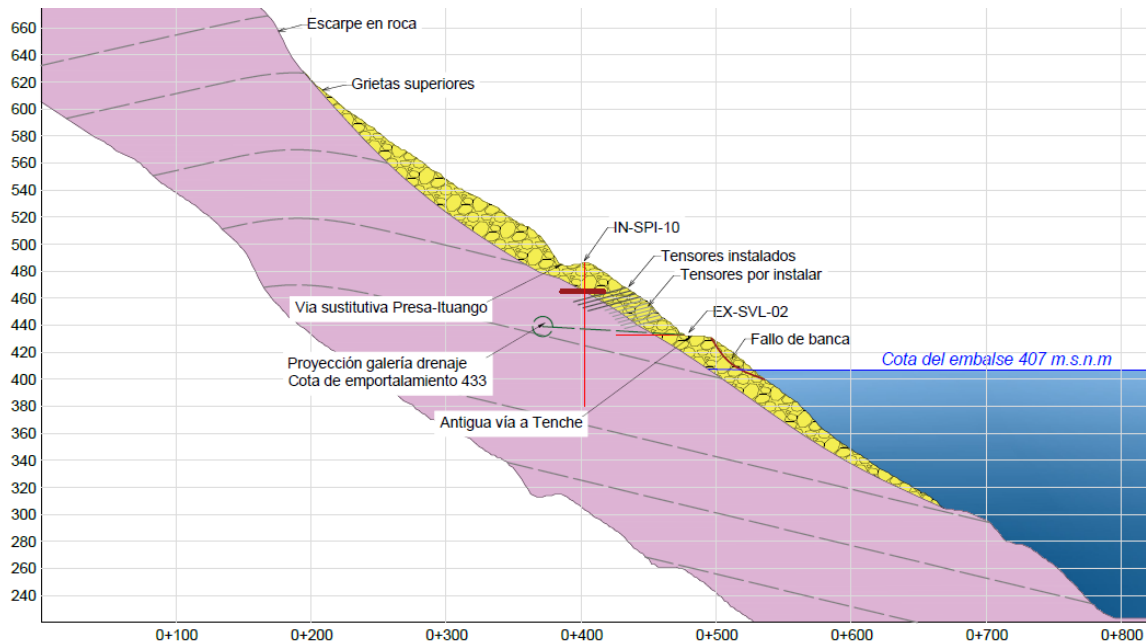


Figura 2-54 Perfil geológico sección A – k0+900.

Fuente: CGI, 2021.

Los parámetros asociados a los materiales mostrados en el perfil anterior se muestran en la Tabla 2–19.

Tabla 2–19 Parámetros de resistencia – K0+900.

Material	Peso unitario (kN/m ³)	Criterio	Cohesión (kN/m ²)	Phi (°)	UCS (MN/m ²)	GSI	mi
IIB	26	Hoek-Brown	-	-	80 +/- 6	50 +/- 5	10
Qdv	20	Mohr-Coulomb	15 +/- 5	40 +/- 5	-	-	-

Fuente: CGI, 2021.

2.4.7.2 Análisis de Estabilidad

A continuación, se muestra el resumen de los análisis de estabilidad realizados para este frente, sin embargo, el estado de avance de la ejecución de las recomendaciones impartidas se muestra en el capítulo 2.4.8. Para el análisis de estabilidad el sitio se dividió en dos zonas en función de lo que se ha evidenciado con la instrumentación, la geología y la geomorfología. En la Figura 2-55 se muestra una planta con las zonas norte y sur.

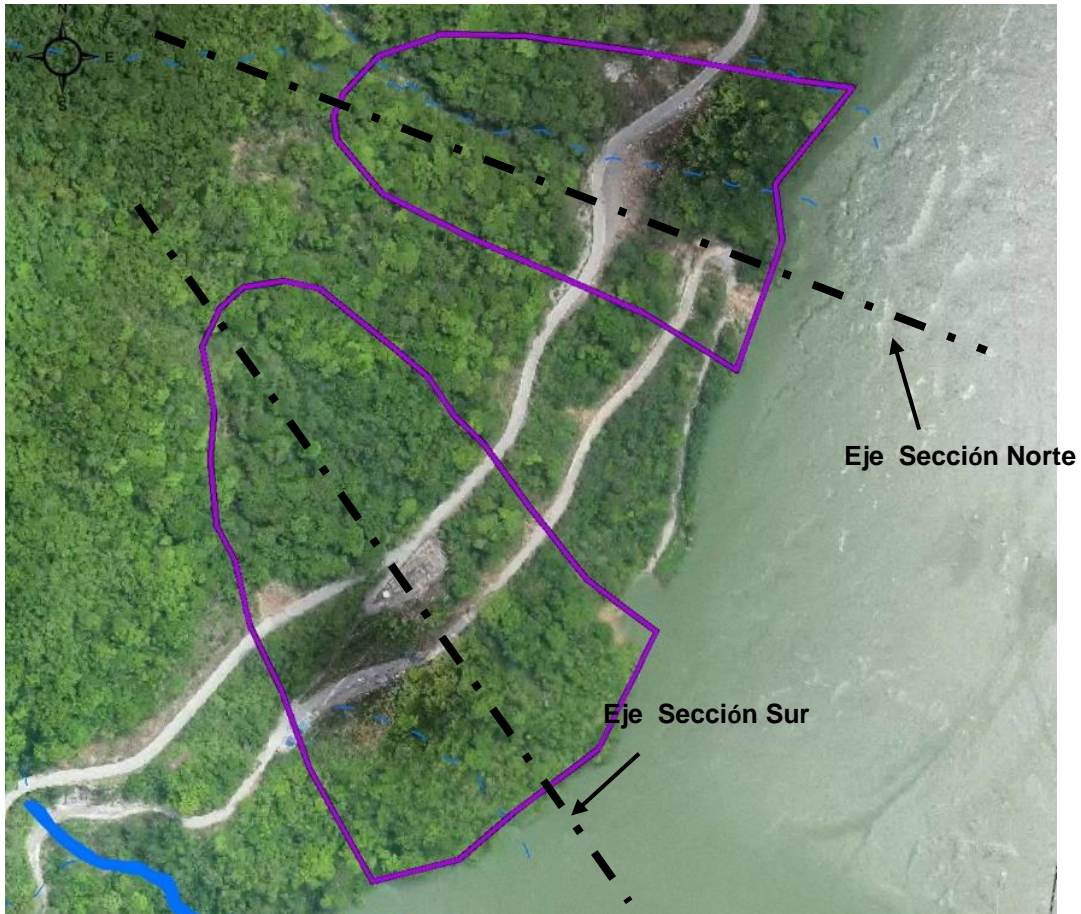


Figura 2-55 Localización en planta ejes de análisis – k0+900.

Fuente: CGI, 2021.

El resumen de los resultados obtenidos se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2–20 Resumen resultados análisis de estabilidad - k0+900.

Escenario	Sección	FS	PF (%)
1) Estático	Sur	1,2	0,0
	Norte	1,02	35
2) Pseudostático (sismo de 475 años)	Sur	0,87	100
	Norte	0,75	100

Fuente: CGI, 2021.

2.4.7.3 Análisis de resultados y recomendaciones

De acuerdo con el resultado anterior, la sección crítica es la norte por la afectación que podría tener sobre la presa, por esto se observó la necesidad de una

intervención para mejorar su condición de estabilidad. Dados los materiales existentes, luego de varios análisis de estabilidad, se llegó a la conclusión que la solución es el sostenimiento por medio de tensores 25 m de longitud cada 2,25 m con un bulbo de 8 m y una tensión de diseño de 600 kN, lo anterior para el talud por encima de la vía. Para la parte inferior de la vía se recomendaron las cuatro primeras filas de 40 m de longitud y las restantes de 30 m, espaciados cada 2,25 m con un bulbo de 8 m y una tensión de diseño de 600 kN. Estos tensores se recomendaron tanto en la parte superior de la vía como en la parte inferior (Figura 2-56 y Figura 2-57):

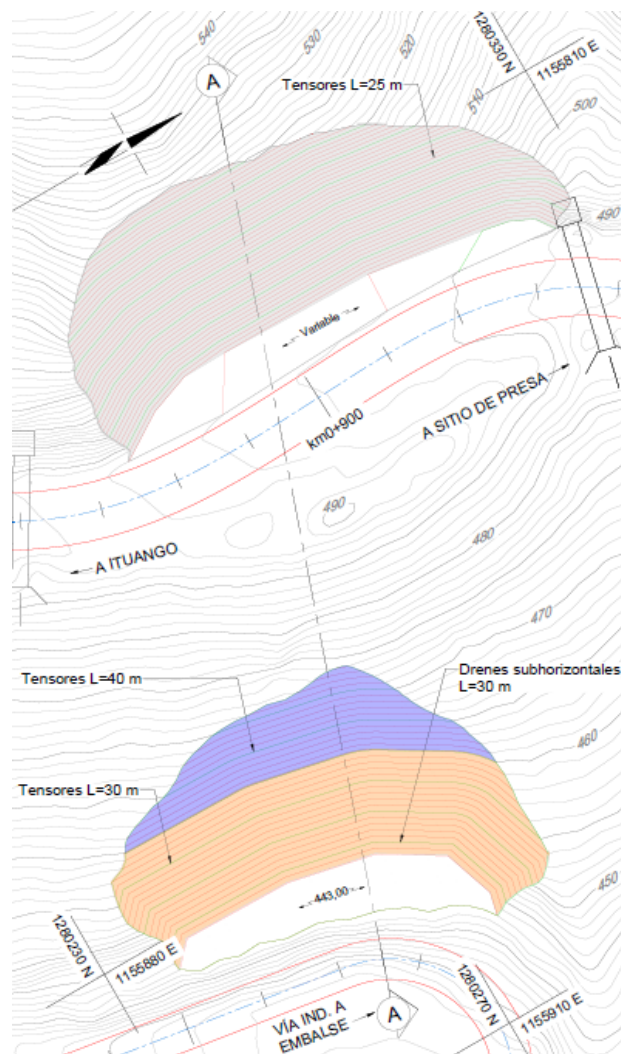


Figura 2-56 Localización en planta sostenimiento.

Fuente: CGI, 2021.

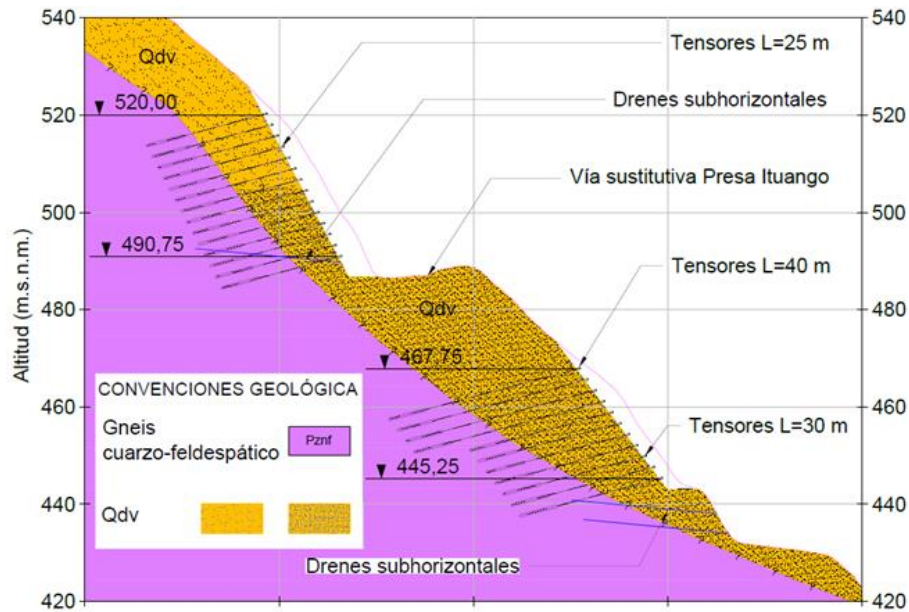


Figura 2-57 Sección A – Detalle tratamiento.

Fuente: CGI, 2021.

2.4.8 Actualización de medidas correctivas y prospectivas – alternativas de intervención

A continuación, se presenta el estado de las medidas recomendadas y/o implementadas, correctivas en los casos que aplica.

2.4.8.1 Talud Portal Entrada Desviaciones

Este sitio se monitorea permanentemente por medio del radar FX, para lo cual y por la extensión del talud, se dividió en cuatro zonas como se muestra en la Figura 2-58. El resultado del monitoreo se muestra en la Figura 2-59, en la cual se puede ver que el desplazamiento acumulado el tiempo, muestra una tendencia asintótica, es decir, que permanece constante, indicado que hasta la fecha este talud ha permanecido estable.

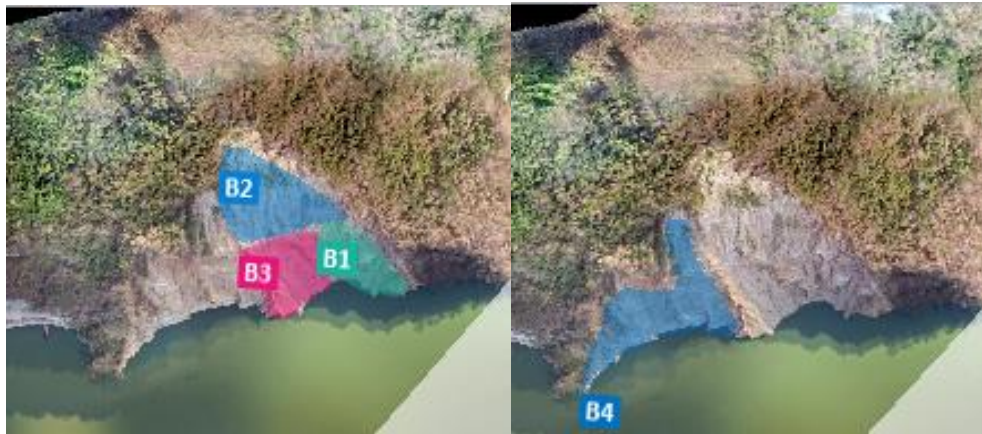


Figura 2-58 Zonas monitoreo radar FX – Talud desviación.

Fuente: CGI, 2021.

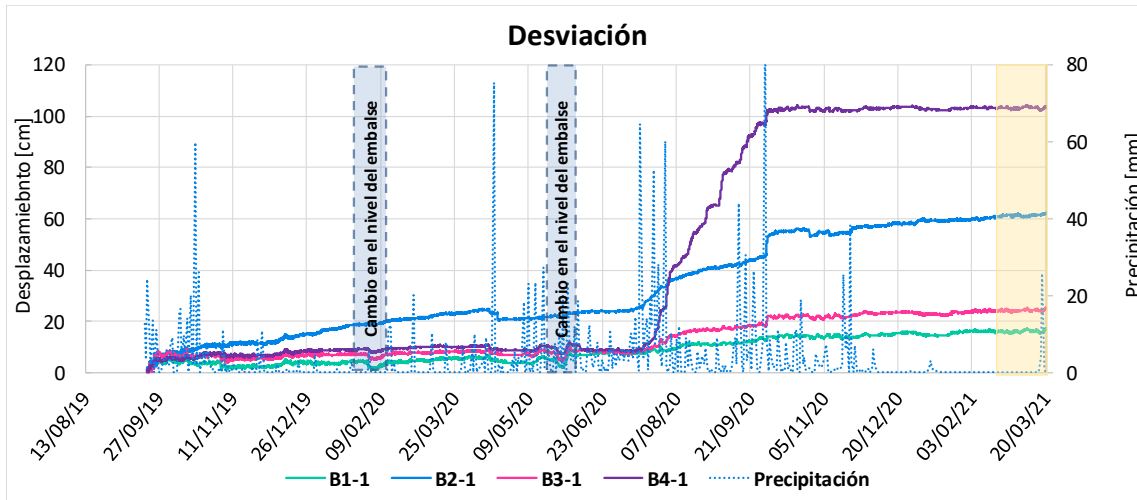


Figura 2-59 Desplazamiento acumulado – Talud PE Desviación.

Fuente: CGI, 2021.

Actualmente las medidas en este sitio están próximas a ser iniciadas, en el mes de abril se llevaron a cabo varias mesas de constructibilidad entre la Asesoría, EPM, la Interventoría y el Contratista para valorar de forma detallada la alternativa mostrada en el capítulo 2.4.1.4

2.4.8.2 Villa Luz

En este frente ya se finalizó la excavación de la plazoleta y el tratamiento mediante concreto lanzado en la cara del talud y la construcción de las inyecciones como se muestra en la Figura 2-60. En la Figura 2-61 se muestra el 3D de las inyecciones, allí es posible observar los consumos que estas presentaron durante el proceso de inyección descendente y en la Figura 2-62 los consumos durante su proceso de inyección ascendente. Se resalta que debido a la dificultad constructiva no fue posible realzar las inyecciones inclinadas y estas tuvieron que ejecutarse de forma vertical.



Figura 2-60 Estado plazoleta Villa Luz – mayo 9/2021

Fuente: CGI, 2021.

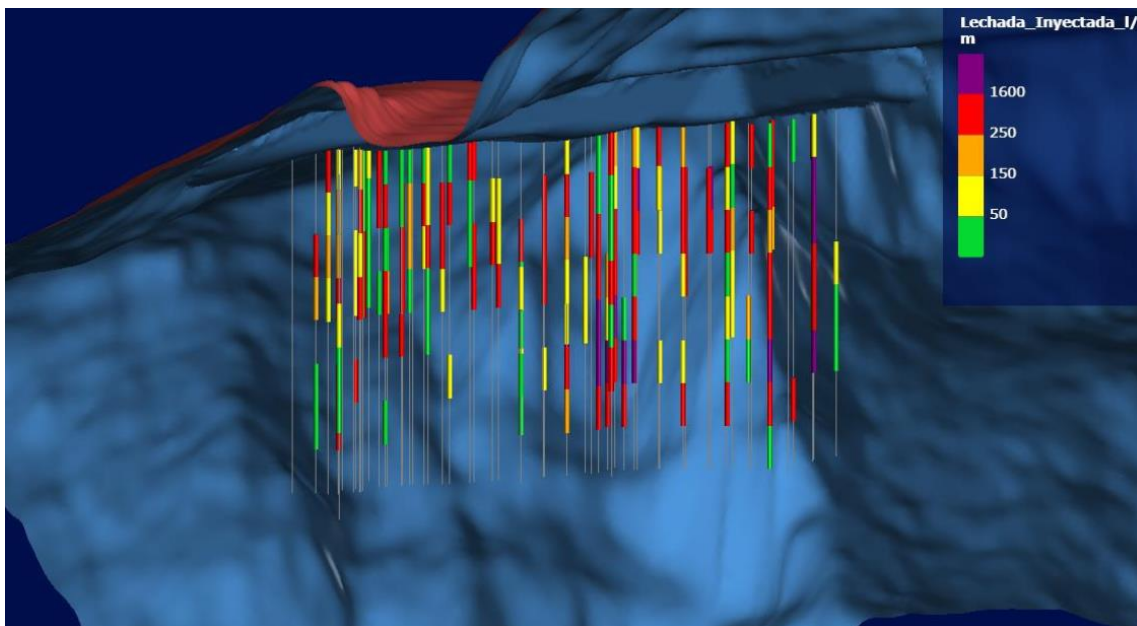


Figura 2-61 Consumo (l/m) inyecciones Villa Luz- Ascendente.

Fuente: CGI, 2021.

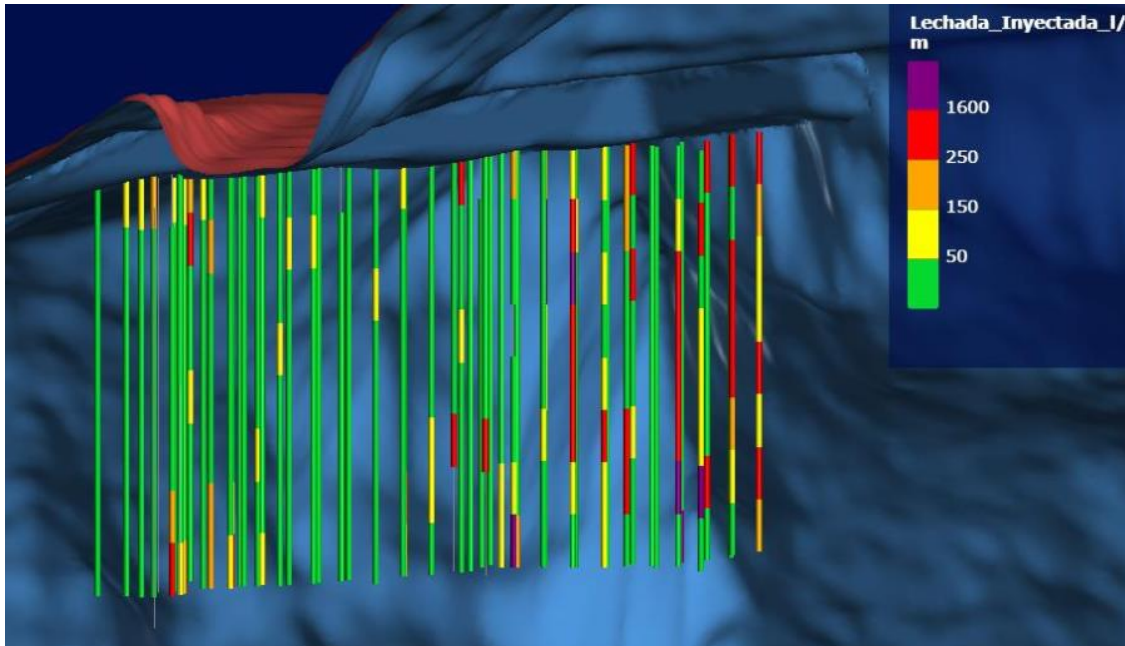
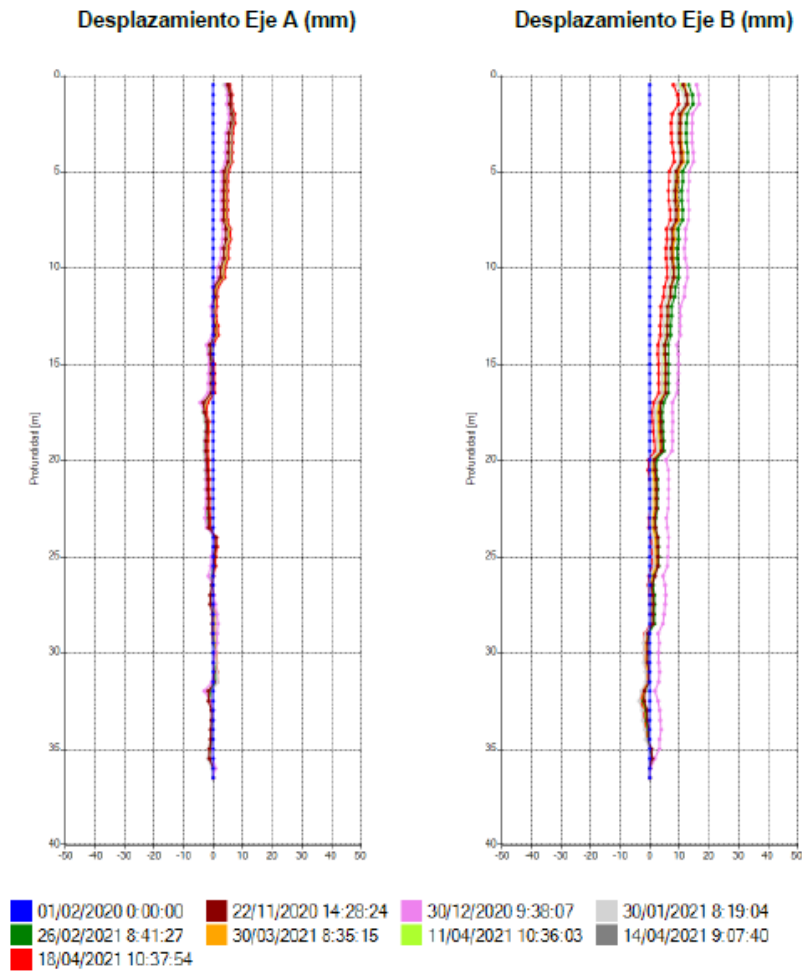


Figura 2-62 Consumo (l/m) inyecciones Villa Luz- Descendente.

Fuente: CGI, 2021.

Como se observa en las imágenes anteriores, los consumos cuando se ejecutaron las inyecciones de forma descendente fueron mucho mayores que las inyecciones ascendentes, actualmente se encuentra en estudio realizar una serie de inyecciones adicionales para corroborar la efectividad de las inyecciones ya ejecutadas.

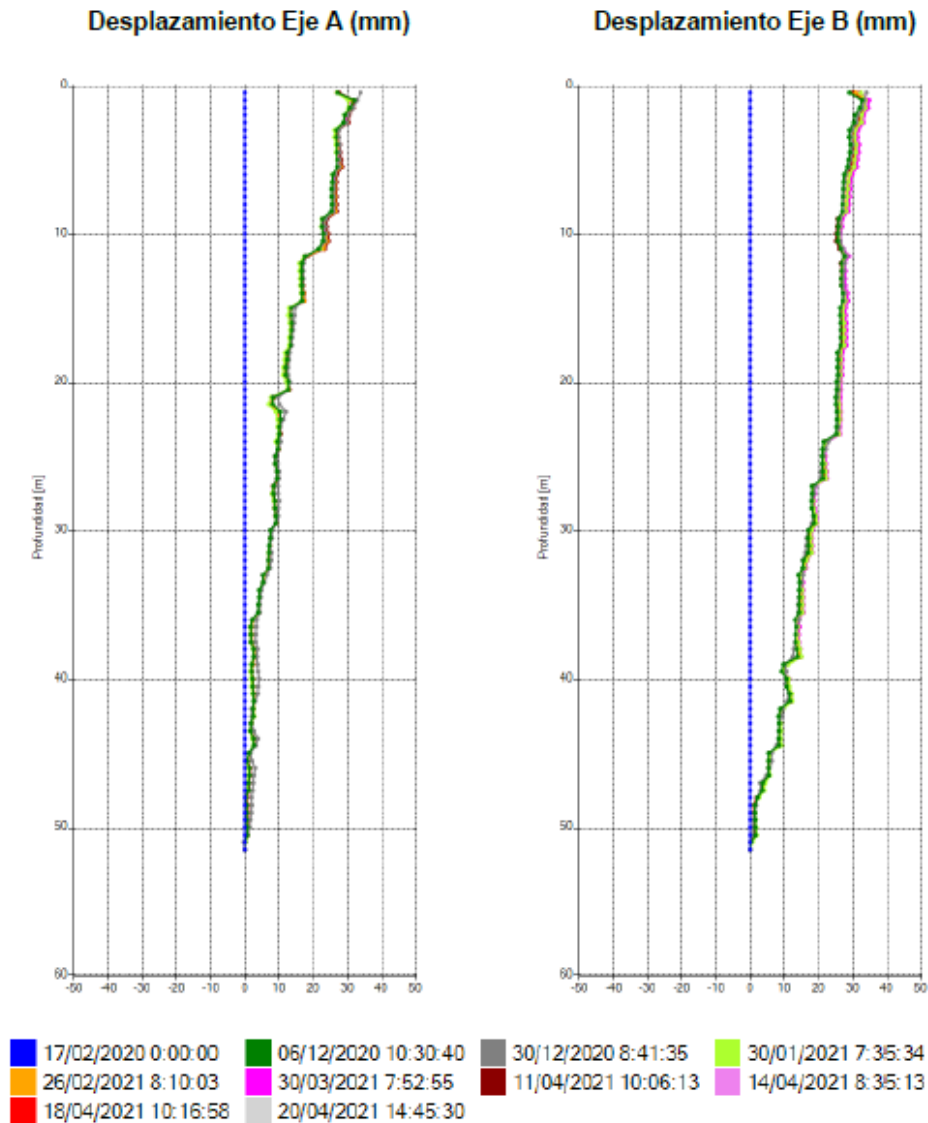
Con respecto al comportamiento de este sitio de acuerdo a lo que reporta la instrumentación geotécnica, en el último comportamiento quincenal los PCS registran una tendencia estable comportamiento estable, tanto para el desplazamiento como para el asentamiento total acumulado, con variaciones en los registros dentro del rango de precisión del método de lectura ($\pm 1,60$ cm aproximadamente). El mayor desplazamiento y asentamiento acumulado continúa en el PCS-HLP-04 con 2,64 cm y 5,70 cm, respectivamente. Los inclinómetros presentan tasas aproximadamente nulas de deformación. Se evidencia un comportamiento estable en el frente (Figura 2-63 y Figura 2-64).



Lectura de referencia: 01/02/2020 12:00 a. m

Figura 2-63 Registro inclinómetro IN-HPL-02.

Fuente: CGI, 2021.



Lectura de referencia: 17/02/2020 12:00 a. m

Figura 2-64 Registro inclinómetro IN-HPL-03.

Fuente: CGI, 2021.

De acuerdo con los resultados de la instrumentación geotécnica donde los desplazamientos se observan estables, se puede concluir que las medidas implementadas están funcionando, sin embargo, se continua con el monitoreo constante.

2.4.8.3 Romerito

Este talud cuenta con un amplio sistema de monitoreo por medio de inclinómetros, piezómetros, puntos de control superficial, dianas de control superficial y celdas de carga. La localización de los puntos de control superficial se muestra en la Figura 2-65. Allí se puede observar que en general la mayoría de los instrumentos se encuentran en el umbral 0, es decir, que no han alcanzado valores en sus lecturas que implique una intervención en el talud.

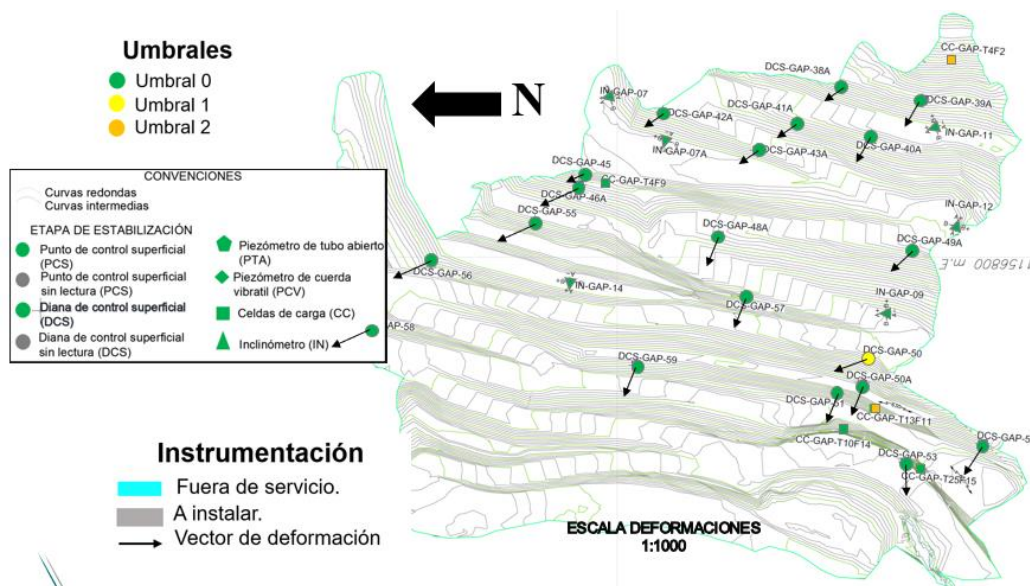


Figura 2-65 Localización en planta instrumentación geotécnica – Romerito.

Fuente: CGI, 2021.

Los únicos instrumentos que alcanzaron los umbrales 1 y 2 son la celda de carga y una diana de control superficial. En este punto el talud se reforzó mediante el tratamiento indicado en la Figura 2-66. Este tratamiento se comportamiento de forma efectiva dado que los desplazamientos acumulados luego de instalado el tratamiento han permanecido estables como se muestra en la Figura 2-67.

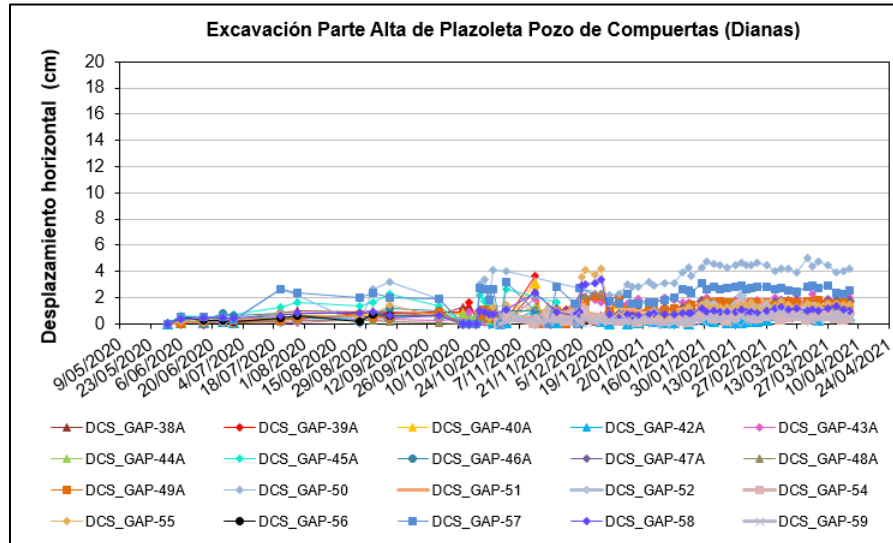


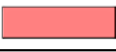



Figura 2-66 Desplazamiento horizontal acumulado - DCS – Romerito.

Fuente: CGI, 2021.

Tabla 2–21 Distribución de tratamiento de soporte en la parte alta de la Plazoleta de compuertas

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Tensores de anclaje Td=400 kN, espaciados 2,00 m y dispuestos al trespelillo, con dos capas de concreto lanzado de 0,05 m de espesor cada una, reforzado con malla electrosoldada Q3.
	Tensores de anclaje Td=300 kN, espaciados 3,00 m y dispuestos al trespelillo, con dos capas de concreto lanzado de 0,05 m de espesor cada una, reforzado con malla electrosoldada Q3.
	Pernos de suelo BAL 8, L=12 m, espaciados cada 1,5 m y dispuestos al trespelillo, apoyados en dados de concreto reforzado con dos capas de concreto lanzado de espesor 0,05 m, reforzado con malla electrosoldada Q3.
	Pernos de roca BAL 8, L=12 m, espaciados entre 2,0 m y 2,5 m, con dos capas de concreto lanzado de 0,05 m de espesor cada una, reforzado con malla electrosoldada Q3. El espaciamiento de los pernos será definido en campo de acuerdo a la valoración geológica realizada por la Asesoría.

Fuente: CGI, 2021.

Con respecto a la instrumentación restante, de manera general se puede concluir que el frente es estable para el periodo de análisis y periodos precedentes. Las celdas de carga instaladas en el soporte de la excavación muestran una tendencia estable, sin embargo, se presentan elementos por debajo de la tensión de diseño. La celda de carga CC-GAP-T13F11, tuvo una descarga súbita en enero/2021 hasta alcanzar una tensión de 280kN, este elemento fue re-tensionado en marzo/2021 hasta 306kN y ha tenido un comportamiento estable.

Por otro lado, la celda de carga CC-GAP-T4F2 aunque superó el umbral 1 de descarga, sus registros son asintóticos desde diciembre/2020. Adicionalmente, los elementos de monitoreo cercanos a las celdas de carga anteriormente mencionadas

no registran aumento en las deformaciones que permitan concluir algún tipo de desplazamiento en el sector. Los piezómetros de cuerda vibrátil no muestran cabeza de agua en ninguno de los sensores mostrando estabilidad de lecturas en el periodo analizado.

El monitoreo topográfico muestra tasas de desplazamientos cerca a cero y tan solo la DCS-GAP-50 se encuentra por encima del umbral 0. El vector de desplazamiento tiene un azimut promedio de 107° mostrando un desplazamiento en sentido contrario a la pendiente de corte del frente.

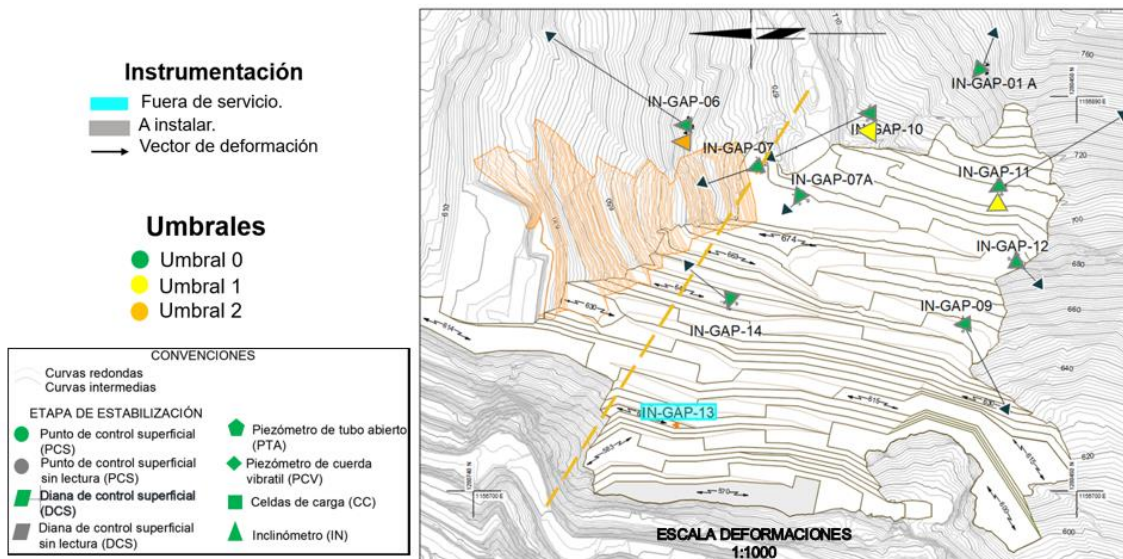


Figura 2-67 Localización instrumentos – Romerito.

Fuente: CGI, 2021.

Una vez instalado el soporte recomendado se observa que la instrumentación ha presentado un comportamiento en general estable, mostrando que las medidas implementadas vienen funcionando. Este talud aún se encuentra en proceso de excavación, por lo que se continúa, además, el monitoreo constante el cual permitirá implementar o ajustar nuevas medidas de estabilización ser necesario.

2.4.8.4 Vertiente norte margen derecha

La instrumentación de este frente, en general se ha mostrado estable, indicando que las medidas de estabilización implementadas en este sitio están funcionando adecuadamente, con la excepción de algunas zonas que continúan mostrando

movimiento, sobre las cuales ya se están realizando análisis en busca de la solución para la implementación de las medidas correctivas y preventivas.

En la Figura 2-68 se muestra la localización de los inclinómetros y piezómetros instalados en la parte superior y la base militar, allí se puede observar que estos instrumentos se encuentran, en la parte superior en el umbral 0 y en la parte media entre el umbral 1 y 2. Sin embargo, si bien han alcanzado deformaciones que alcanzan estos umbrales, las mediciones actuales muestran su tendencia a la estabilización, como se muestra en la Figura 2-69 y Figura 2-70.

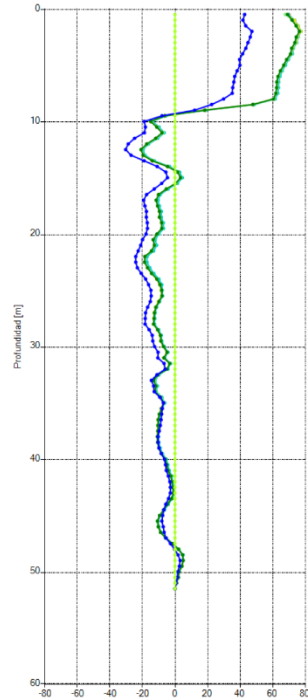


Figura 2-68 Localización inclinómetros y piezómetros Base Militar.

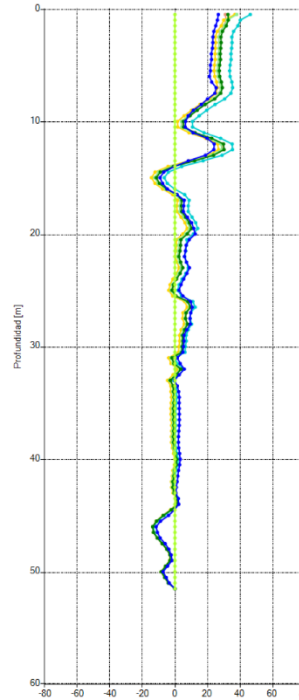
Fuente: CGI, 2021.

1.2 INCLINÓMETRO IN-GAP-06.

Desplazamiento Eje A (mm)



Desplazamiento Eje B (mm)



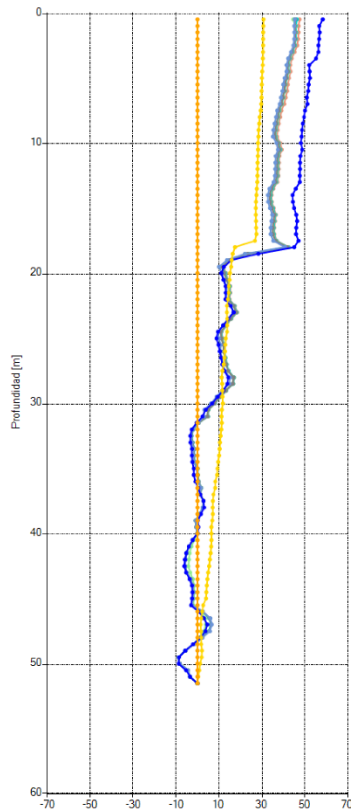
25/06/2019 0:00:00 21/01/2020 0:00:00 26/02/2021 8:58:41 30/03/2021 8:31:01 04/04/2021 8:26:00
07/04/2021 7:36:48 13/04/2021 8:23:49

Figura 2-69 Desplazamiento acumulado inclinómetro IN-GAP-06.

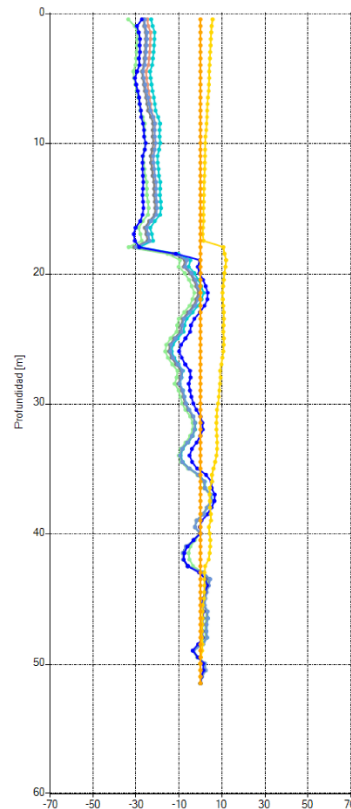
Fuente: CGI, 2021.

1.3 INCLINÓMETRO IN-GAP-10.

Desplazamiento Eje A (mm)



Desplazamiento Eje B (mm)



12/08/2019 0:00:00 12/09/2019 0:00:00 22/01/2020 0:00:00 14/02/2021 7:42:27 26/02/2021 8:20:02
30/03/2021 7:51:40 04/04/2021 7:56:39 08/04/2021 8:03:41

Figura 2-70 Desplazamiento acumulado inclinómetro IN-GAP-10.

Fuente: CGI, 2021.

Los puntos de control superficial muestran un comportamiento similar, es decir, tendencia a la estabilización, estando en su mayoría dentro del umbral 0 con la excepción de algunos puntos en la subestación que se encuentran en el umbral 1. La localización de estos puntos se muestra en la Figura 2-71 y su registro de desplazamiento acumulado en la Figura 2-72 a Figura 2-73. Similar al comportamiento de los inclinómetros, si bien algunos puntos se encuentran dentro del umbral 1, su tendencia general es a la estabilización.

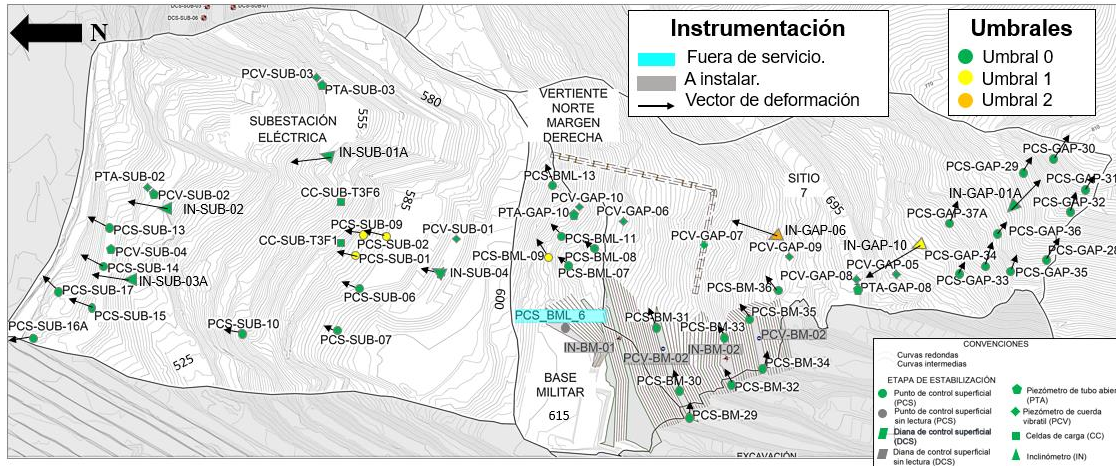


Figura 2-71 Localización PCS VNMD.

Fuente: CGI, 2021.

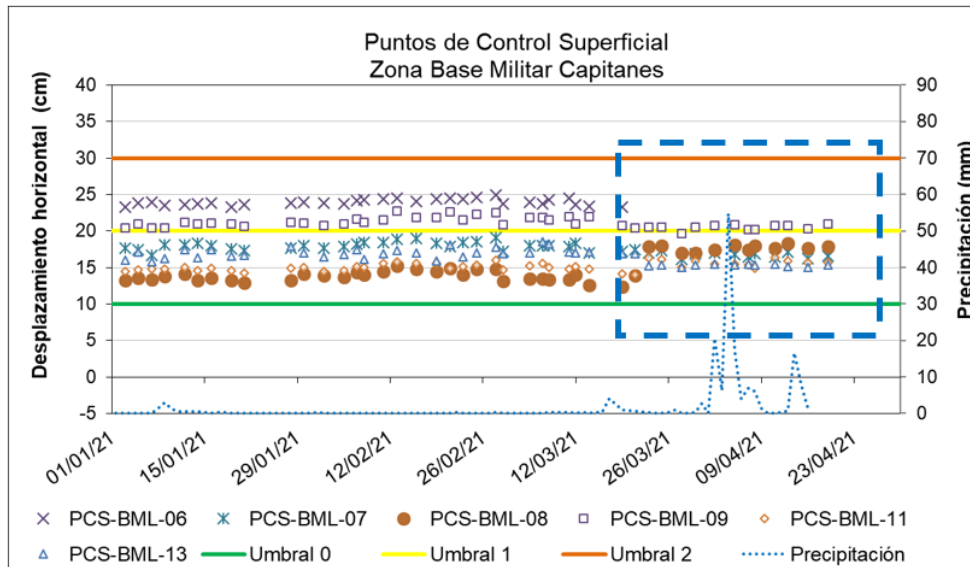


Figura 2-72 Desplazamiento horizontal acumulado PCS Base militar.

Fuente: CGI, 2021.

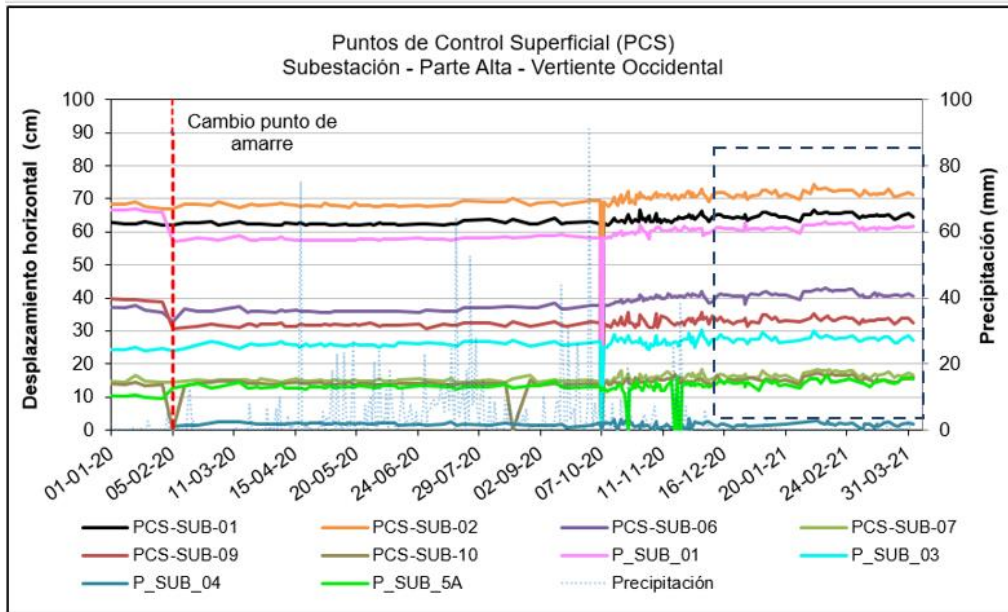


Figura 2-73 Desplazamiento horizontal acumulado PCS Parte alta Subestación.

Fuente: CGI, 2021.

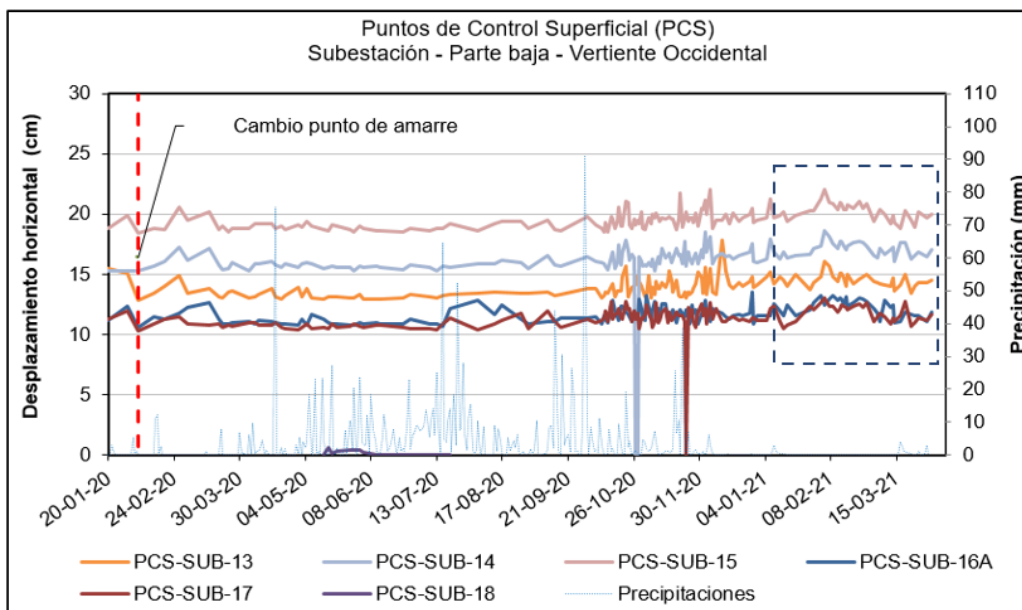


Figura 2-74 Desplazamiento horizontal acumulado PCS Parte baja Subestación.

Fuente: CGI, 2021.

En el sector oriental de la vertiente norte de margen derecha se recomendó la instalación de dos filas de tensores de anclaje en las cotas 538 y 540 de 30 m de longitud total, espaciados cada 2,5 m, con una carga de diseño de 500 kN. Además, se deben instalar perforaciones de drenaje entre las cotas 555 m s.n.m. y 530 m s.n.m., las cuales deben ir revestidas con tubería microfisurada y deben ser mínimo de 15 m longitud, buscando interceptar el contacto suelo-roca. La localización de estos tensores se muestra en la Figura 2-75 y el detalle del soporte en la Figura 2-76.

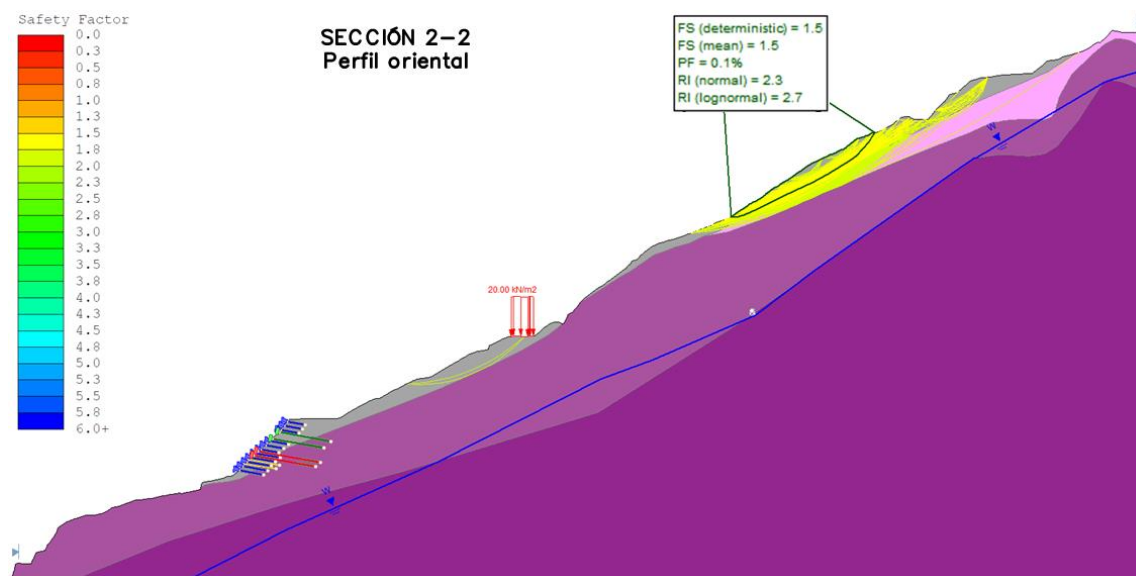


Figura 2-75 Análisis estático global con tratamiento perfil oriental, (FS=1,5) - VNMD

Fuente: CGI, 2021.

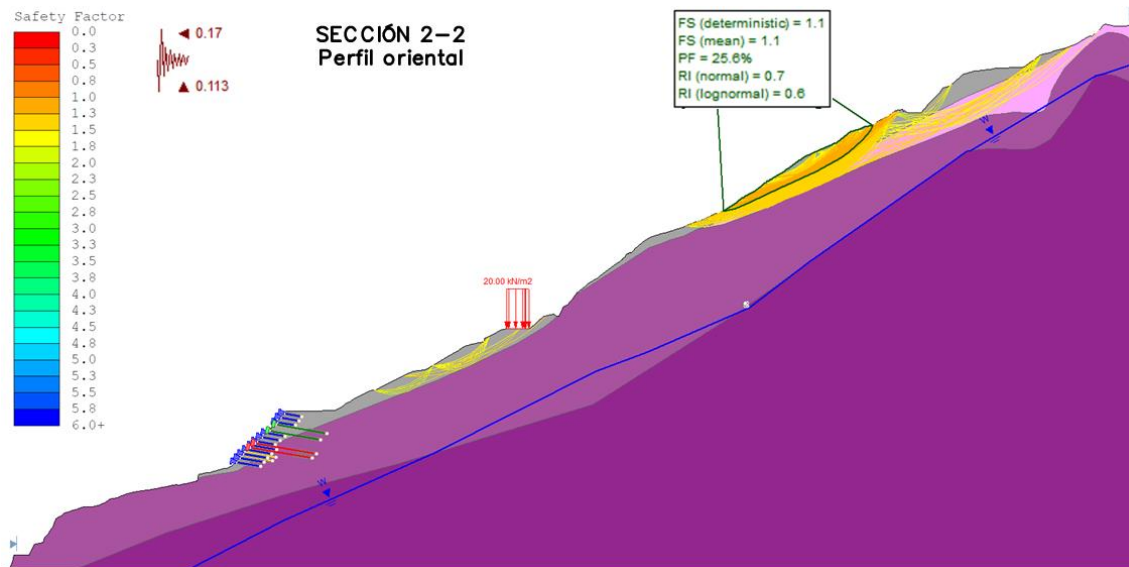


Figura 2-76 Análisis estático global con tratamiento perfil oriental, (FS=1,1) Tr=475 años - VNMD

Fuente: CGI, 2021.

Tabla 2-22 Detalle soporte recomendado – VNMD.

Soporte	Color	Aplicación	Separación (m)	Capacidad (kN)	Longitud bulbo (m)	Longitud total (m)
BAL 8		Método pasivo	2,0	100		6,0 a 12,0
Tensor 55 T		Método activo	2,5	500	9,0	30,0
Tensor 50 T		Método activo	2,5	400	9,0	30,0

Fuente: CGI, 2021.

2.4.8.5 La Honda

La intervención en este frente continúa en estudio, por lo que a la fecha de elaboración de este informe no se cuentan con nuevas medidas correctivas. En la siguiente figura se muestra el estado a noviembre de 2020.



Figura 2-77 Estado actual sitio La Honda (nov/2020).

Fuente: CGI, 2021.

2.4.8.6 El Cocal

La intervención en este frente continúa en estudio, por lo que a la fecha de elaboración de este informe no se cuenta con nuevas medidas correctivas. En la siguiente figura se muestra el estado a abril de 2021.



Figura 2-78 Estado actual sitio El Cocal (abril 2021).

Fuente: CGI, 2021.

2.4.8.7 K0+900

En este frente se avanza con la instalación del soporte, el estado de avance se puede observar en la Figura 2-79.



Figura 2-79 Panorámica avance trabajos en el sitio k0+900.

Fuente: CGI, 2021.

En la Zona 1 el informe del comportamiento quincenal los PCS-KM0,9-01, PCS-KM0,9-02 y el PCS-KM0,9-03, registran una tendencia estable, con variaciones en los registros dentro del rango de precisión del método de lectura ($\pm 1,60$ cm aproximadamente). El máximo desplazamiento y asentamiento acumulado se presenta de 41,31 cm (PCS-km0,9-03) y 35,32 cm (PCS-km0,9-01), respectivamente (Figura 2-80).

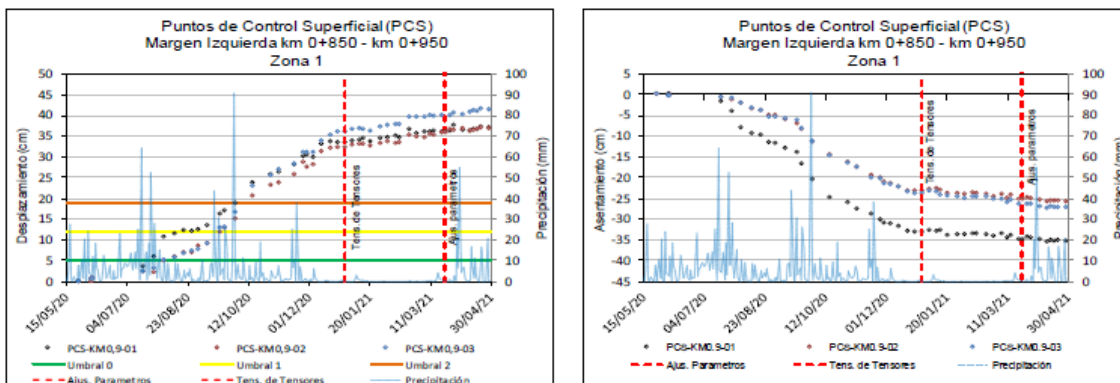


Figura 2-80 Desplazamiento y asentamiento PCS -Zona 1 k0+900.

Fuente: CGI, 2021.

Para la zona 2, para el periodo de análisis los PCS-KM0,9-04, PCS-KM0,9-05 y PCS-KM0,9-06 muestran un comportamiento estable, dentro del umbral 0, con oscilaciones en los registros dentro del rango de precisión del método de lectura ($\pm 1,60$ cm aproximadamente). El mayor desplazamiento y asentamiento total acumulado se registra en el PCS-KM0,9-06, con 3,00 cm y 2,80 cm, respectivamente (Figura 2-81).

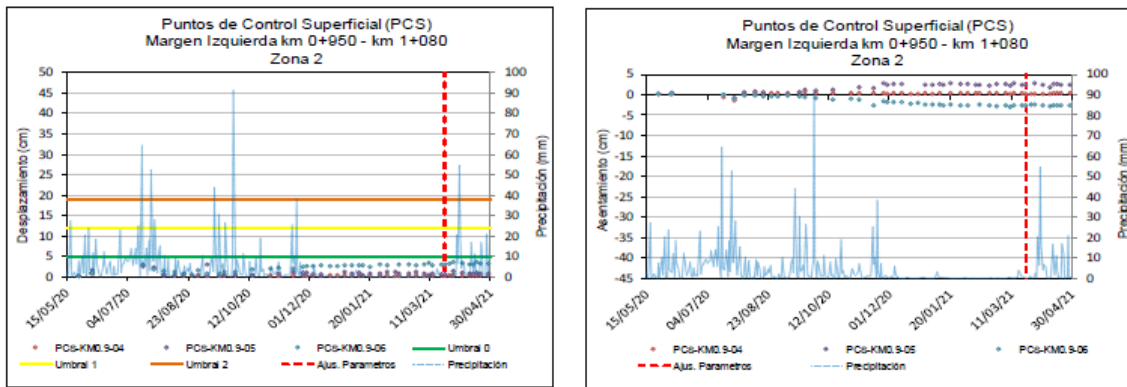


Figura 2-81 Desplazamiento y asentamiento PCS -Zona 2 k0+900.

Fuente: CGI, 2021.

En la zona 3, los PCS-KM0,9-07, PCS-KM0,9-08 registran oscilación dentro del rango de precisión del método de lectura ($\pm 1,60$ cm aproximadamente). Para el caso de los PCS-KM0,9-09 y PCS-KM0,9-10, muestran aumentos, con tasas de 0,17 y 0,13 cm/día, se hará seguimiento en sus próximas lecturas para verificar estos incrementos. El desplazamiento y asentamiento máximo acumulado se presenta en el PCS-KM0,9-09, con 25,30 cm y 13,80 cm, respectivamente (Figura 2-82).

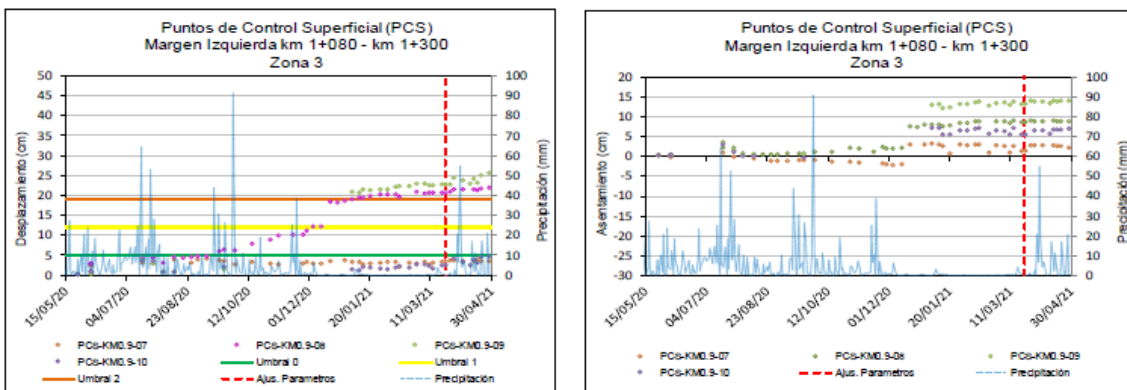


Figura 2-82 Desplazamiento y asentamiento PCS -Zona 3 k0+900.

Fuente: CGI, 2021.

La localización de estos instrumentos se presenta en la Figura 2-83.

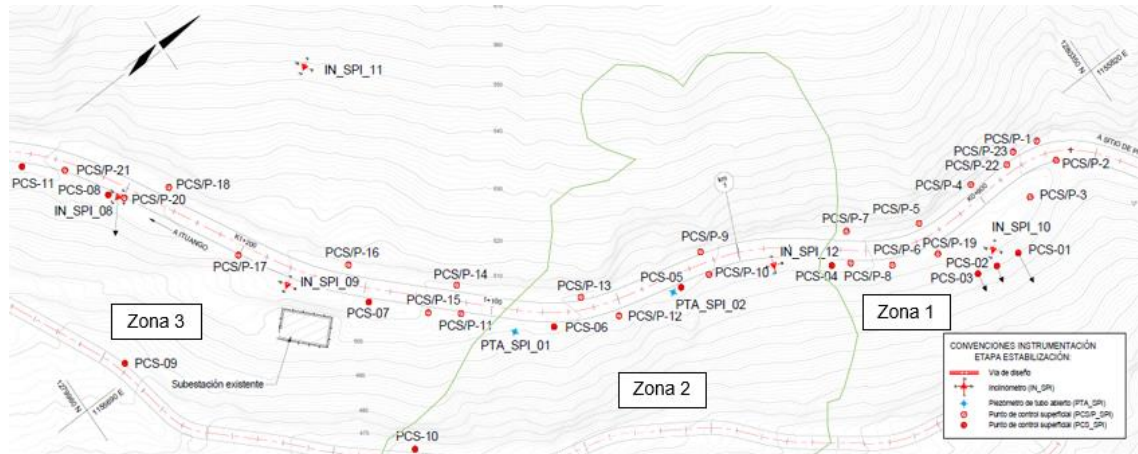


Figura 2-83 Localización instrumentación k0+900.

Fuente: CGI, 2021.

En este frente el tratamiento aún no ha finalizado por lo que no se observa una tendencia a la estabilización de acuerdo con la instrumentación, por lo que se continua con el monitoreo constante y estudio de nuevas alternativas de estabilización.

2.4.9 Medidas frente al manejo de la estabilidad de los taludes

Se realizó un ejercicio de trazabilidad entre lo establecido en el Plan de manejo ambiental vigente para el proyecto y las medidas de manejo de estabilidad de los taludes, las cuales están relacionadas con el talud del portal entrada de los túneles de desviación, ladera de la margen izquierda, en el sector conocido como Villa Luz, talud parte alta de la plazoleta de pozos de compuertas (Romerito), sector localizado sobre la margen derecha del río Cauca denominado en el presente informe como “Vertiente norte de la margen derecha”, talud sobre la vía sustitutiva Puerto Valdivia -Sitio de Presa sobre el km18+300 en el sector de la Quebrada la Honda, tramo de vía comprendido entre abscisas km 15+970 y km 16+055 de la vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa (El Cocal), y talud ubicado sobre la vía Sitio presa -Ituango, entre las abscisas k0+900 y k1+300, en la margen del proyecto.

En la Tabla 2–23, se relacionan los sectores establecidos tanto en el Plan de manejo ambiental vigente como los identificados para el estado actual del proyecto. El

resultado es que los sectores actuales complementan los sectores/taludes no identificados al momento del licenciamiento. Lo cual es coherente con el plan de seguimiento y monitoreo que establece la actualización en la medida en que se identifiquen nuevos sitios.

Tabla 2–23 Medidas de manejo contempladas en el Plan de manejo ambiental y las realizadas en el estado actual del proyecto.

Sectores con medidas en el estado actual del proyecto	Sectores con medidas en PMA vigente
<ul style="list-style-type: none"> • Talud del portal entrada de los túneles de desviación • Ladera de la margen izquierda, en el sector conocido como Villa Luz • Talud parte alta de la plazoleta de pozos de compuertas (Romerito) • Sector localizado sobre la margen derecha del río Cauca denominado como “Vertiente norte de la margen derecha” • Talud sobre la vía sustitutiva Puerto Valdivia -Sitio de Presa sobre el km18+300 en el sector de la Quebrada la Honda • Tramo de vía comprendido entre abscisas km 15+970 y km 16+055 de la vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa (El Cocal) • Talud ubicado sobre la vía Sitio presa - Ituango, entre las abscisas k0+900 y k1+300, en la margen del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Taludes en Captación. • Talud en pozo de quietamiento. • Talud del vertedero. • Talud de portales de entrada y salida de túneles de desviación y descarga. • Fundación de la presa. • Complejo de Casa de Máquinas.

Fuente: CGI, 2021

2.5 PROTECCIÓN FINANCIERA

El 24 de marzo de 2021, EPM recibió por parte de la compañía de seguros Mapfre los términos de continuidad de los seguros para el proyecto hidroeléctrico Ituango (PHI) con respecto a las coberturas de Todo Riesgo Montaje, sabotaje y terrorismo, y de la compañía Seguros Generales Suramericana, para la póliza de Responsabilidad Civil Extracontractual. Estas se hicieron efectivas desde las 24 horas del 24 de marzo de 2021, algunas con renovaciones anuales y otras extendidas hasta terminación del proyecto. Con posterioridad se confirmaron las coberturas de transporte de mercancías, y obras civiles terminadas, las cuales igualmente tiene cobertura desde el 24 de marzo de 2021.

Debido al panorama financiero internacional y los efectos de la pandemia del coronavirus (COVID-19), de los cuales no se escapan las compañías aseguradoras y reaseguradoras, sumado a las complejidades propias del PHI y a externalidades fuera del control de EPM, la continuidad de la cobertura para los bienes del proyecto se obtuvo para ese momento con una cobertura del tipo Todo Riesgo Montaje, que ampara los riesgos que afectan los equipos del proyecto durante el montaje.

Así mismo, entendiendo que durante la construcción subsisten otros riesgos, EPM ha seguido gestionando el aseguramiento del proyecto a través de la búsqueda y contratación otras coberturas que permitan, en la medida en que es posible conseguir términos en el mercado asegurador y reasegurador, recomponer el esquema de aseguramiento del proyecto.

En tal sentido, el esquema actual de aseguramiento del proyecto es el siguiente:

Tipo de póliza	Póliza aseguradora y	Monto asegurado	Fecha inicio amparos	Fecha final amparos
Todo riesgo montaje	MAPFRE 2901221000320	USD 50.000.000	25/03/2021	13/02/2025
Sabotaje y terrorismo	MAPFRE 2901221000319	USD 400.000.000	25/03/2021	10/09/2023
Transporte de Mercancías	MAPFRE 2901221000455	USD 30 Millones por despacho. Coberturas, nacional, e internacional	24/03/2021	13/02/2025
Todo riesgo obras civiles terminadas, (Presa, vertedero, subestación y campamentos)	MAPFRE 2901221000563 2901221000459	USD 100.000.000	24/03/2021	24/03/2022
Maquinaria y equipos (equipos de alce)	MAPFRE 2917216006032	USD 3.685.767	7/09/2021	7/09/2022
Responsabilidad civil extracontractual	SURAMERICANA N° 0690537-2	USD 5.000.000	23/03/2021	23/03/2022

EPM continúa gestionando la cobertura para obras en construcción, así como una cobertura en exceso para el riesgo de responsabilidad civil extracontractual, las cuales aún no ha sido posible conseguir dadas las restricciones que el mercado reasegurador y asegurador plantea para este tipo de riesgos en el



contexto actual del mercado asegurador y bajo las particularidades que tiene el proyecto Ituango.

La protección financiera ha sido establecida para los riesgos residuales luego de los procesos de reducción que define la organización como aceptables para ser retenidos. La protección financiera está dada por provisiones con destinación específica y las pólizas que se relacionan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Remitirse al Capítulo 4.19.

Adicional a estas pólizas, EPM cuenta con un Fondo de Seguros que es un ejercicio de retención que permite cubrir eventos menores y que está regulado por el decreto interno 2074 de 2015.

La transferencia del riesgo residual se manifiesta después del análisis de riesgos, para determinar qué elementos serán susceptibles a asegurar después de los procesos del PGRDEPP (conocimiento y reducción del riesgo y el manejo de la crisis). De esta forma, se plantean medidas de mitigación que se aplican antes de acceder a los amparos de aseguramiento.