

# **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA PROBLEMAS DE INESTABILIDAD DE TALUDES EN EL CORREDOR INTEROCEÁNICO NORTE: TRAMO TARAPOTO - YURIMAGUAS**

Vladimir Amorin

Naylamp Ingenieros S.A.C., Jr. Venus 897- Cercado de Lima  
avladimir@naylampingenieros.pe, vladimiramorin@gmail.com

## **RESUMEN**

El Corredor Interoceánico del Norte (IIRSA NORTE) el cual constituye el acceso principal a la Selva Nor-Oriental del Perú, lo que determina la gran importancia de su transitabilidad; inicia en el puerto de Paita y termina en el puerto de Yurimaguas. El tramo 1: Tarapoto-Yurimaguas, presenta problemas geodinámicos, los cuales ponen en riesgo la inestabilidad de la vía y la integridad de los usuarios (Fig. 1).

La zona inestable se ubica entre las progresivas km 14+250 al km 14+425, y corresponde a un proceso de caída de rocas (macizo rocoso muy alterado, tipo IV y III), en el talud superior. El macizo rocoso presenta 3 familias principales de discontinuidades (diaclasas y planos de estratificación), la clasificación geomecánica del macizo rocoso según Bieniawski 1979, corresponde a un macizo tipo V, y se forman fallas por volteo.

Para estabilizar el sector se evaluaron 5 alternativas, la cuales corresponden a: variante mediante cambio del eje vial, sostenimiento con pernos de anclaje y pantalla de concreto, construcción de un túnel, construcción de un falso túnel y variante mediante un viaducto. De estas alternativas, la construcción del falso túnel y del viaducto garantiza la estabilidad del sector.

## **INTRODUCCIÓN**

Los Tramos Viales de la Concesión IIRSA NORTE, ubicados en el Departamento de San Martín, Provincia San Martín, entre las progresivas km 14+250 al km 14+425. Hasta la actualidad vienen siendo afectados por las intensas lluvias ocurridas en diferentes periodos sumados a las características geomecánicas del macizo rocoso de la zona del proyecto, ocasionan derrumbes y desprendimientos de bloques rocosos (Aliaga M., 2003).

El tramo evaluado se emplaza en la Faja Subandina, en rocas del Jurásico superior y Cretáceo Inferior, Formación Sarayaquillo y Formación Cushabatay (Sánchez A., 1997), respectivamente, con estratificación N 252° y buzamiento 21° SE. Las características litológicas, intercalación de lutitas y margas con areniscas, las discontinuidades presentes y el agua, son los factores desencadenantes de la inestabilidad del talud.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar las alternativas de solución para estabilizar el talud superior. La alternativa recomendada, debe garantizar la estabilidad de la vía y dicha propuesta debe ser económicamente viable.

## **DESCRIPCIÓN DEL SECTOR INESTABLE**

El problema del derrumbe se debe a que el macizo rocoso (talud superior) presenta grietas y fisuras sub-verticales, por el cual el agua de lluvia ingresa (escorrentía superficial), y los bloques de roca caen (falla por volteo) por presión hidrostática y peso propio.

La orientación espacial de las principales estructuras, como la dirección del buzamiento de los estratos y familias de diaclasas, confirman la formación de fallas por volteo y en ciertos sectores fallas tipo cuñas.

Debido a que las grietas que continúan en la parte superior del talud y a la magnitud de la masa del derrumbe, para la estabilización del talud deben evaluarse varias alternativas.

Se realizaron perforaciones sub-horizontales, mostrando la persistencia de 3 familias de

discontinuidades, y solo en los 20 primeros metros, se observan 5 familias de discontinuidades asociadas a las fallas mencionadas.

### **EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y DEL MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO**

En el sector se hicieron cuatro (4) estaciones para registros geomecánicos (EG). Se han registrado 14 puntos con medición del buzamiento y dirección de buzamiento de las discontinuidades a lo largo tramo, correspondiendo a éstas las principales familias presentes en el sector. Registrando parámetros como: la persistencia, el tipo de discontinuidad, abertura, relleno, rugosidad, ondulación y la presencia de agua. Adicional al mapeo geomecánico se realizó una perforación diamantina, con la finalidad de evaluar la persistencia de las discontinuidades y realizar ensayos de carga puntual.

Toda esta información fue analizada en sectores representativos a fin de determinar las tendencias predominantes de las discontinuidades. Como resultado del análisis estructural global de discontinuidades, se ha identificado 3 niveles cada uno con diferentes características geomecánicas. El primero nivel corresponde a un macizo tipo IV de un espesor de aproximadamente 14 metros, presenta 5 familias de discontinuidad 2 de las cuales tienen una abertura mayor a los 5 mm, este nivel corresponde a la masa que se desprende del talud superior. El segundo nivel corresponde a un macizo tipo III de un espesor aproximadamente de 10 metros, presenta 4 familias de discontinuidades con aberturas menores a los 5 mm; y el nivel inferior correspondiente a un macizo tipo II, presenta 3 familias de discontinuidad con aberturas menores a los 5 mm. Cabe resaltar que las familias presentes en el macizo tipo II persisten en todos los niveles evaluados. Con un valor promedio de 49.47 Mpa, en areniscas.

### **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

#### **ALTERNATIVA: VARIANTE MEDIANTE CAMBIO DE EJE**

Con la finalidad de eliminar el problema del derrumbe, para esta alternativa se está proyectando una nueva variante, cambiando el eje inicial a 20 metros a la derecha del eje.

Esta alternativa no es viable, ya que el problema persiste y no garantiza la seguridad ni la transitabilidad.

#### **ALTERNATIVA: ESTABILIZACIÓN USANDO PERNOS DE ANCLAJE Y PANTALLA ANCLADA**

Para estabilizar el talud superior, se evalúa emplear pernos de anclaje. Se realizó los análisis de estabilidad con pernos de anclaje, activos y pasivos. La longitud a colocar es 35 metros en cuanto a pernos pasivos y 30 metros en cuanto a pernos activos. Los pernos deben ser anclados en el macizo II, ya que en este macizo la densidad de familias es menor y las propiedades físico-mecánicas del macizo son superiores.

El análisis de estabilidad, empleando los pernos y pantalla anclada, es ligeramente mayor al Factor de Seguridad mínimo, pero el problema es la ejecución de la obra a dicha altura, y principalmente se tendría problemas en cuanto a seguridad del personal y transeúntes.

#### **ALTERNATIVA: TÚNEL**

Se proyectan tres túneles, que se diferencian en el portal de entrada y portal de salida. Para el Túnel 1, el portal de entrada en el km 14+035, para el Túnel 2 y Túnel 3 en el km 14+170, el portal de salida común para los túneles 1 y 2 en el km 14+735 y el túnel 3 en el Km 14+860. El túnel 1 y 2 se alejan de la zona inestable 15 metros y el túnel 3 se aleja 120 metros.

Los túneles a travesarán al macizo rocoso en distintos grados de alteración, por lo que, en los portales se debe construir un falso túnel. En el portal de entrada del Túnel 1 de 70 m de longitud, en portal de entrada de los Túneles 2 y 3 de 40 m de longitud y en portal de salida para los túneles 2 y 3, de 50 m de longitud, mientras que para el túnel 3 de 70 m de longitud..

### ALTERNATIVA: VARIANTE MEDIANTE VIADUCTO

Esta alternativa inicia en el km 14+220 y finaliza en el km 14+700, A través de la quebrada, generando pilares mayores a los 30 m de altura. Con una pendiente de 7% hasta los 13 metros a lado izquierdo de la vía en la progresiva km 14+ 470, continuando con 8% de pendiente hasta el km 14+570 y un radio de 55 metros. La cimentación de la estructura del Viaducto se debe realizar en el macizo rocoso, dado que este se encuentra a menos de un metro en el fondo de la quebrada, solo con cobertura de los materiales caídos del talud, y a los cinco metros de profundidad en los estribos. El volumen de corte será menor de 3000 m<sup>3</sup> de suelo.

### ALTERNATIVA: FALSO TÚNEL

La alternativa inicia en el km 14+280 y finaliza en el km 14+ 370, la estructura del Falso Túnel protegerá que el material del derrumbe tape la carretera. La cimentación de la estructura del Falso Túnel se debe realizar en el macizo rocoso, dado que en el lado izquierdo de la plataforma el macizo rocoso se encuentra entre 0,5 m y 3,0 m de profundidad y en el lado derecho el macizo rocoso se encuentra por debajo de los 5,0 m de profundidad. La finalidad de la obra es de permitir el paso del material caído por sobre la estructura, dicha estructura posee una capa superior que soporta el impacto de bloques de roca sin deformar la estructura.

### CONCLUSIONES

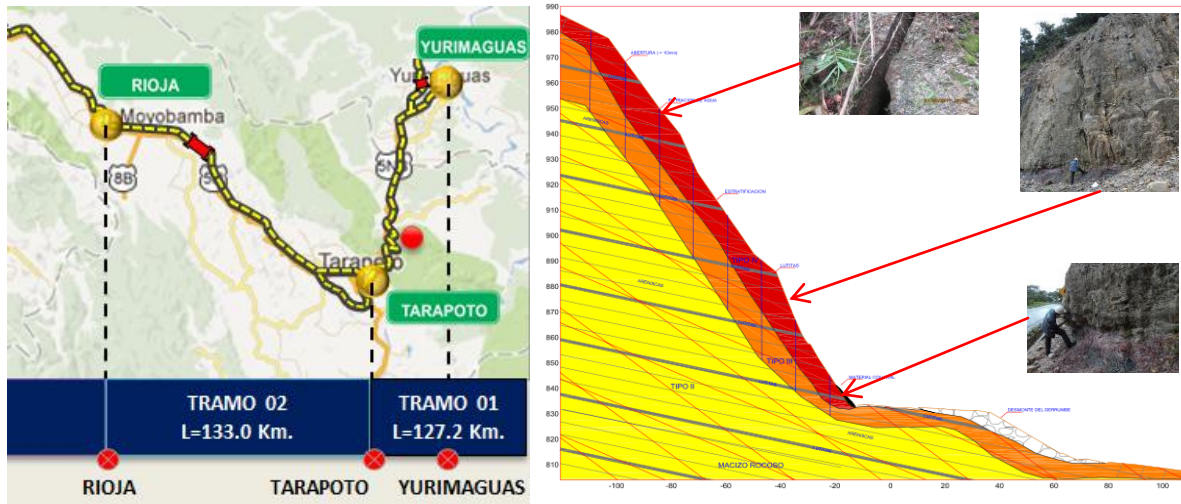
De lo evaluado para cada alternativa (de acuerdo a su viabilidad), se tiene el siguiente cuadro:

*Cuadro N°1. Cuadro comparativo de las alternativas evaluadas.*

ALTERNATIVA	CONCLUSIONES		
	VENTAJAS	DESVENTAJAS	RECOMENDACIÓN
N°4. FALSO TÚNEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistente al impacto de caída de grandes volúmenes de bloques rocosos y material deleznable.</li> <li>proceso constructivo relativamente rápido y seguro</li> <li>condiciones de cimentación favorables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere de obras de protección previas a la ejecución del proyecto.</li> <li>Genera punto ciego</li> <li>Desplazamiento del eje actual de la vía.</li> </ul>	Soluciona el problema.
N°5. VIADUCTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se aleja considerablemente de la zona del problema.</li> <li>Requiere mantenimiento posterior a derrumbes o caída de rocas.</li> <li>condiciones de cimentación favorables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso constructivo de mayor duración respecto del falso túnel.</li> <li>Pendiente del puente de 7%</li> <li>cortes de hasta 5.5 metros de altura en 500 metros de longitud.</li> <li>Requiere de la limpieza de los materiales que caen y se acumulan debajo del viaducto.</li> </ul>	Soluciona el problema.
N°3. TÚNEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se aleja considerablemente de la zona del problema, abandonando completamente el sector inestable.</li> <li>Trabajos de mantenimiento seguros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere de obras de estabilización como mínimo en un 30% de su longitud total, para el caso del túnel 3.</li> <li>Generación de puntos ciegos.</li> <li>Grandes movimientos de tierra en comparación a las demás alternativas.</li> </ul>	Soluciona el problema solamente tomando en consideración la ejecución rigurosa de obras de estabilización.
N°2. SOSTENIMIENTO CON PERNOS DE ANCLAJE Y PANTALLAS DE CONCRETO	<ul style="list-style-type: none"> <li>La estabilización se realizara sobre el talud existente, no se realizaran cortes adicionales.</li> <li>Se continuara usando la vía existente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso constructivo de alto riesgo por la caída constante de piedras que pueden afectar al personal y maquinaria.</li> <li>Por las condiciones físicas del macizo rocoso, no se garantiza al 100% la estabilización del talud.</li> </ul>	Rigurosa investigación del talud superior, para determinar con mayor exactitud la altura de colocación de pantallas y anclajes, lo cual eleva la dificultad de intervenir el talud, aun así no garantiza totalmente que se establezca.
N°1. CAMBIO DE EJE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso constructivo de mayor rendimiento por la simplicidad de las obras.</li> <li>El talud superior no será intervenido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabilización poco segura, pues no impedirá la caída de grandes bloques en la pista.</li> <li>Requiere del desplazamiento del eje actual como parte de la estabilización del sector.</li> <li>Trabajos de mantenimiento en condiciones inseguras.</li> </ul>	No soluciona el problema.

### REFERENCIAS

1. Aliaga, M. 2003. Estudio geológico geotécnico para la rehabilitación de la carretera Corral Quemado - Rio Nieva, tramo I: Puerto Naranjitos - Pedro Ruiz. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Tesis para optar el título Ingeniero Geólogo, p. 53-54.
2. Sánchez A. et al 1997. Geología de los cuadrángulos de Tarapoto, Papa Playa, Utcucarca y Yanayacu. Bol. N° 94, INGEMMET Serie A, p. 58-64.



**Fig. 1.** (izquierda) Ubicación del área de estudio (E 0356300, N 9285890 (UTM WGS 84, Zona18M)).  
**Fig. 2.** (Derecha) Modelo Geológico – Geotécnico del sector km 14+250-km14+425.

# EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA PROBLEMAS DE INESTABILIDAD DE TALUDES EN EL CORREDOR INTEROCEANICO NORTE: TRAMO TARAPOTO - YURIMAGUAS

## RESUMEN EJECUTIVO

El Corredor Interoceánico del Norte (IIRSA NORTE) el cual constituye el acceso principal a la Selva Nor-Oriental del Perú, lo que determina la gran importancia de su transitabilidad; inicia en el puerto de Paña y termina en el puerto de Yurimaguas. El tramo I: Tarapoto-Yurimaguas, presenta problemas geodinámicos, los cuales ponen en riesgo la inestabilidad de la vía y la integridad de los usuarios (Fig. 1).

La zona inestable se ubica entre las progresivas km 14+250 al km 14+425, y corresponde a un proceso de caída de rocas (macizo rocoso muy alterado, tipo IV y III), en el talud superior (Fig. 2). El macizo rocoso presenta 3 familias principales de discontinuidades (diaclasas y planos de estratificación), la clasificación geomecánica del macizo rocoso según Bieniawski 1979, corresponde a un macizo tipo V, y se forman fallas por volteo (Fig. 3).



Fig. 3: Vista del talud inestable.



Fig. 1: Ubicación del Área de estudio.



Fig. 2: Vista panorámica del Corredor.

## EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y MODELO GEOTÉCNICO

En el sector se hicieron tres perforaciones de sondeos (DOR), con fines de estimación de datos y para establecer parámetros geomecánicos (BG).

Como resultado del análisis estructural global de discontinuidades, se ha identificado 3 niveles cada uno con diferentes características geológicas. El primer nivel corresponde a un macizo tipo IV de un espesor de aproximadamente 14 metros, presenta 5 familias de discontinuidades 2 de las cuales tienen una abertura mayor a los 5 mm, este nivel corresponde a la masa que se desprende del nivel superior. El segundo nivel corresponde a un macizo tipo II de un espesor aproximadamente de 10 metros, presenta 4 familias de discontinuidades con aberturas menores a los 5 mm, y el nivel inferior corresponde a un macizo tipo III, presenta 3 familias de discontinuidades con aberturas menores a los 5 mm. Cabe señalar que las familias presentes en el macizo tipo II persisten en todos los niveles evaluados. Con un valor promedio de 49.47 MPa, secuencia.

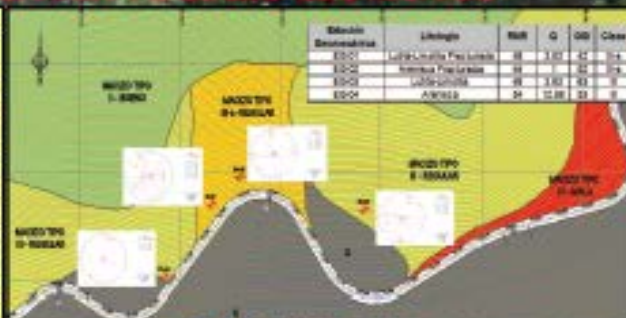


Fig. 4: Dominios Estructurales.

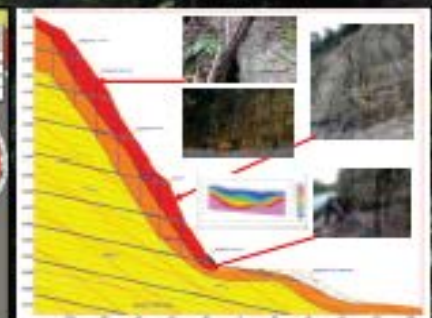


Fig. 5: Modelo Geotécnico del talud.

## ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

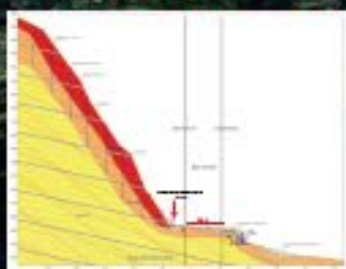


Fig. 6: Alternativa 1. Cambio de Eje.

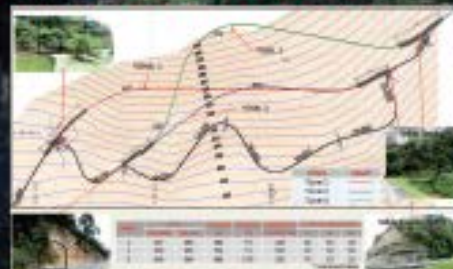


Fig. 7: Alternativa 3. Túnel.

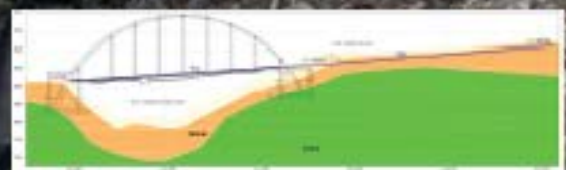


Fig. 8: Alternativa 5. Vialidad.

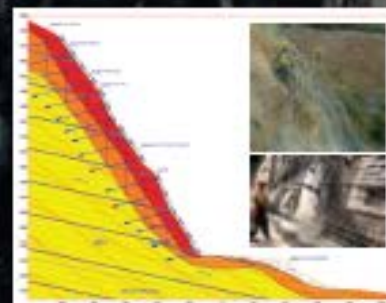


Fig. 9: Alternativa 2. Soportamiento con piloras.



Fig. 10: Alternativa 4. Falso Túnel.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	RECOMENDACIONES
ALTERNATIVA 1	• Evitar el riesgo de caída de rocas. • Evitar el riesgo de deslizamiento. • Evitar el riesgo de inundación. • Evitar el riesgo de contaminación.	• Alto costo de construcción. • Alto costo de mantenimiento. • Alto costo de operación. • Alto costo de explotación.	• Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable.
ALTERNATIVA 2	• Evitar el riesgo de caída de rocas. • Evitar el riesgo de deslizamiento. • Evitar el riesgo de inundación. • Evitar el riesgo de contaminación.	• Alto costo de construcción. • Alto costo de mantenimiento. • Alto costo de operación. • Alto costo de explotación.	• Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable.
ALTERNATIVA 3	• Evitar el riesgo de caída de rocas. • Evitar el riesgo de deslizamiento. • Evitar el riesgo de inundación. • Evitar el riesgo de contaminación.	• Alto costo de construcción. • Alto costo de mantenimiento. • Alto costo de operación. • Alto costo de explotación.	• Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable.
ALTERNATIVA 4	• Evitar el riesgo de caída de rocas. • Evitar el riesgo de deslizamiento. • Evitar el riesgo de inundación. • Evitar el riesgo de contaminación.	• Alto costo de construcción. • Alto costo de mantenimiento. • Alto costo de operación. • Alto costo de explotación.	• Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable.
ALTERNATIVA 5	• Evitar el riesgo de caída de rocas. • Evitar el riesgo de deslizamiento. • Evitar el riesgo de inundación. • Evitar el riesgo de contaminación.	• Alto costo de construcción. • Alto costo de mantenimiento. • Alto costo de operación. • Alto costo de explotación.	• Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable. • Mantener el talud en estado estable.