

## **PLAN 30-30**

**NUEVOS SERVICIOS DE CERCANÍAS Y  
REGIONALES**

**Piloto Llanquihue- La Paloma**

**SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS  
(PK 1.050 a PK 1.051)**

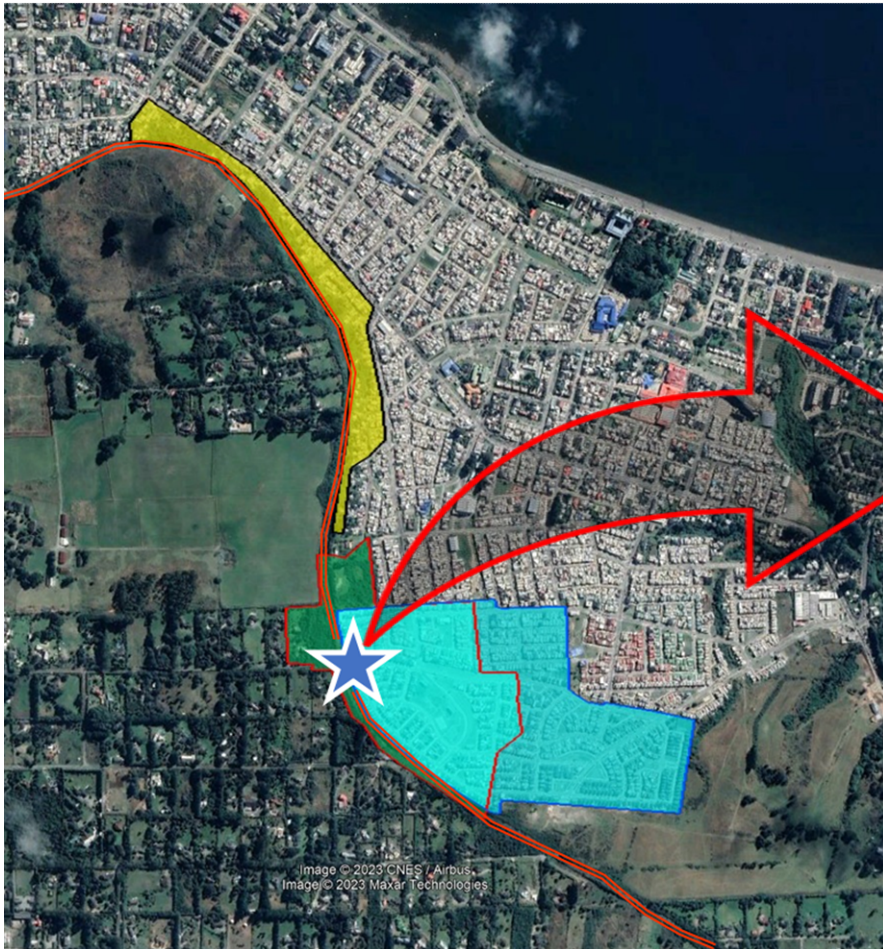
# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## SECTOR DE CONJUNTO HABITACIONAL VILLA MICHELLE BACHELET



# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## SECTOR DE CONJUNTO HABITACIONAL VILLA MICHELLE BACHELET

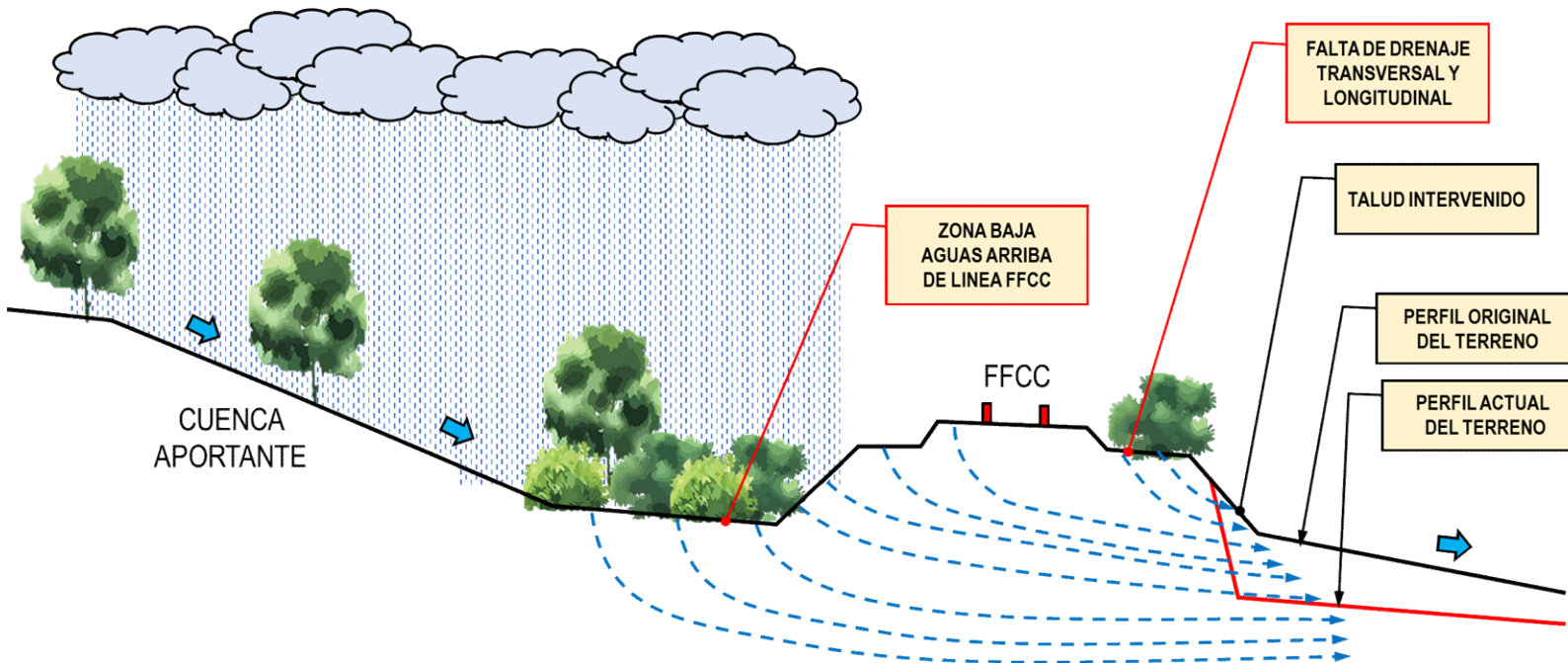


En la imagen de GE se ha pintado en color calipso el sector de la villa donde el Talud ha sido intervenido. La estrella marca el punto donde se ha desarrollado un socavón cuyo detalle se muestra en la siguiente figura



# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

Como se puede apreciar en las fotos producto de la intervención del talud se ha afectado su condición. Esto fundamentalmente ocurre por lo indicado en el siguiente esquema:



## PERFIL ACTUAL DEL TERRENO

La intervención cambia el perfil del terreno situando la rasante del terreno donde se construyen las casas (línea roja) a una cota menor que la del terreno original

Dado que la cota actual del terreno ha quedado mas baja el talud se ve expuesto al flujo de las napas antes subterráneas, tal como se muestra en el esquema.

# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

SECTOR DE CONJUNTO HABITACIONAL VILLA MICHELLE BACHELET

## INFORME DE SERNAGEOMIN

Profesionales de SERNAGEOMIN de la oficina de Puerto Varas, realizaron dos visitas técnicas los días 01 y 06 de diciembre a la zona del Talud en estudio.

Para el análisis y posterior informe emitido por el organismo se consideraron los siguientes puntos:

- toma de fotografías y videos aéreos mediante drones
- observaciones geológicas detalladas.
- Caracterización geológica y evaluación de posibilidad de ocurrencia de remociones en masa.
- revisión de imágenes satelitales de Google Earth.
- Revisión de información de prensa relativa la edificación de la población y peligro por remoción en masa.
- Conclusiones.



**Arriba:** Polígono que representa zona del talud, en amarillo zona cubierta de vegetación baja, en rojo zona desprovista de vegetación, en línea azul la vía férrea.



**Izquierda:** Fotografía en que se observa composición del talud construido en depósito de 'till', que incluye clastos centimétricos y presenta buena compactación.

(extractado desde el informe de Sernageomin)

# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## SECTOR DE CONJUNTO HABITACIONAL VILLA MICHELLE BACHELET

### CONCLUSIONES DEL INFORME DE SERNAGEOMIN

Las conclusiones del informe se resumen en los siguientes puntos:

- **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA:** El talud que forma parte del terraplén ferroviario colindante a la población Michelle Bachelet está formado por depósitos de la glaciación Llanquihue de tipo 'till' o morrénicos que, en general, presentan alta consolidación.
- **CONDICIONES DE ESTABILIDAD DEL TALUD:** Existen condiciones desfavorables para la estabilidad del talud, entre las que se puede mencionar el alto ángulo, y presencia de agua en las estructuras de hormigón proyectado. La condición favorable para la estabilidad es el tipo de depósito (till) que constituye el terreno, que presenta alta consolidación.
- **NUEVO SERVICIO DE TRENES:** durante la habilitación del funcionamiento del tren, se podrían generar cargas y vibraciones en la parte superior del talud, con el consiguiente riesgo de desestabilización. Dado que actualmente existen condiciones de inestabilidad y posibilidades de su incremento, **resulta necesario llevar a cabo una evaluación geotécnica detallada que aborde la estabilidad del talud y proponga medidas de contención y mitigación adecuadas.**



# PLAN 30-30

## Desarrollo Estudio Geotécnico

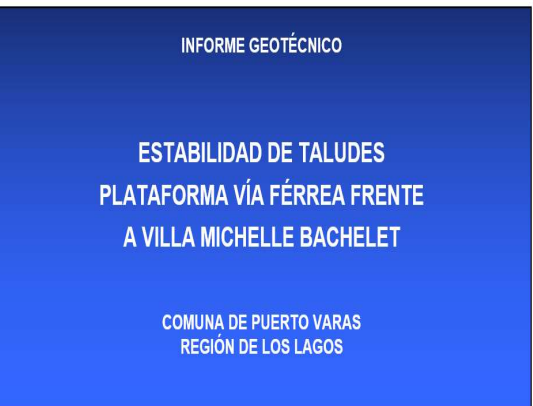
SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS  
(PK 1.050 a PK 1.051)

# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

**REALIZACIÓN DE ESTUDIO  
GEOTÉCNICO- PROCESO**



petrus





# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)



Empresa Servicios Clientes Publicaciones Obras realizadas **Contáctenos**

Usted está en: Inicio > Clientes

## Clientes



Empresa Servicios Clientes Publicaciones Obras realizadas **Contáctenos**

Usted está en: Inicio > Historia

Historia Directorio Experiencia Políticas de calidad

## Historia

### Breve Reseña De La Empresa

La firma ha operado en Chile en el campo de la Mecánica de Suelos y Especialidades desde fines del año 1965 como la firma del Ingeniero Sr. Eugenio Retamál; a partir del año 1972 como PETRUS INGENIEROS LTDA.

Los profesionales asociados que la integran son ingenieros civiles chilenos, con vasta experiencia en consultoría especializada en proyectos para CENTRALES GENERADORAS, INDUSTRIA, MINERÍA, EDIFICIOS, VIVIENDAS, PRESAS, OBRAS VIALES, DRENAJES, etc.

En el campo académico socios de PETRUS INGENIEROS LTDA. han publicado más de 30 artículos científicos en revistas especializadas chilenas y de los EEUU, así como en Congresos Internacionales de la especialidad de INGENIERÍA GEOTÉCNICA.

Los mismos socios de PETRUS INGENIEROS LTDA. integran la sociedad PETRUS INGENIEROS S.A. y PETRUS CONSULTORES GEOTÉCNICOS LTDA. El representante legal de PETRUS INGENIEROS es el Ing. Claudio Gottschalk S., quien ocupa el cargo de Gerente General.

PETRUS INGENIEROS ha elaborado más de 3500 informes en la especialidad de ingeniería geotécnica y de fundaciones.

Más de 40 años  
de experiencia en  
Macánica de Suelos

# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## REALIZACIÓN DE ESTUDIO GEOTÉCNICO

Dada la situación en análisis EFE ha encargado a la Empresa PETRUS INGENIEROS S.A. la realización de un estudio geotécnico para evaluar la estabilidad de los taludes bajo las condiciones actuales y en un escenario futuro con tránsito de trenes de pasajeros.



# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## Definición de Sectores para el estudio.

El análisis de estabilidad se llevó a cabo utilizando el software Slide de RocScience aplicando el método del equilibrio límite general. Para ello, se seleccionaron seis perfiles transversales que representan tramos con características geotécnicas distintas entre sí, ubicados según se muestra en la figura lateral.



# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## REALIZACIÓN DE ESTUDIO GEOTÉCNICO

Se ha llevado a cabo una campaña geotécnica que incluye:

- 3 sondajes
- 5 sondajes geofísicos sismo eléctrico
- 4 calicatas sobre la plataforma
- 3 calicatas auxiliares bajo la plataforma
- 4 perfiles geofísicos,
- 1 tomografía de resistividad eléctrica

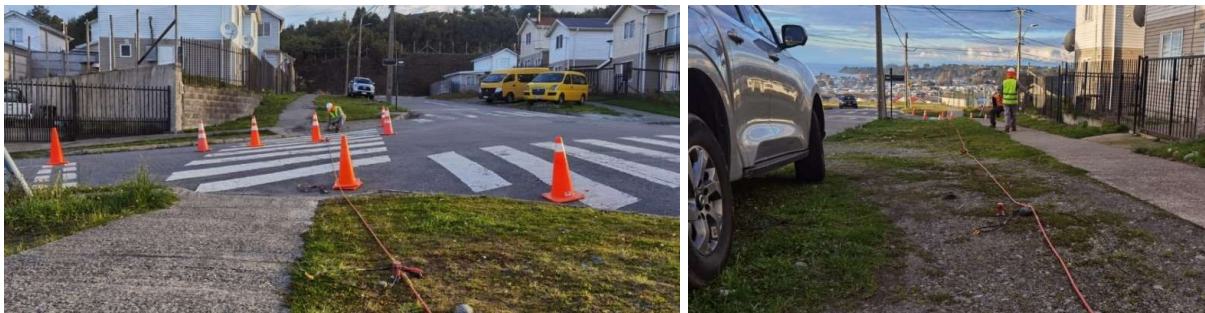
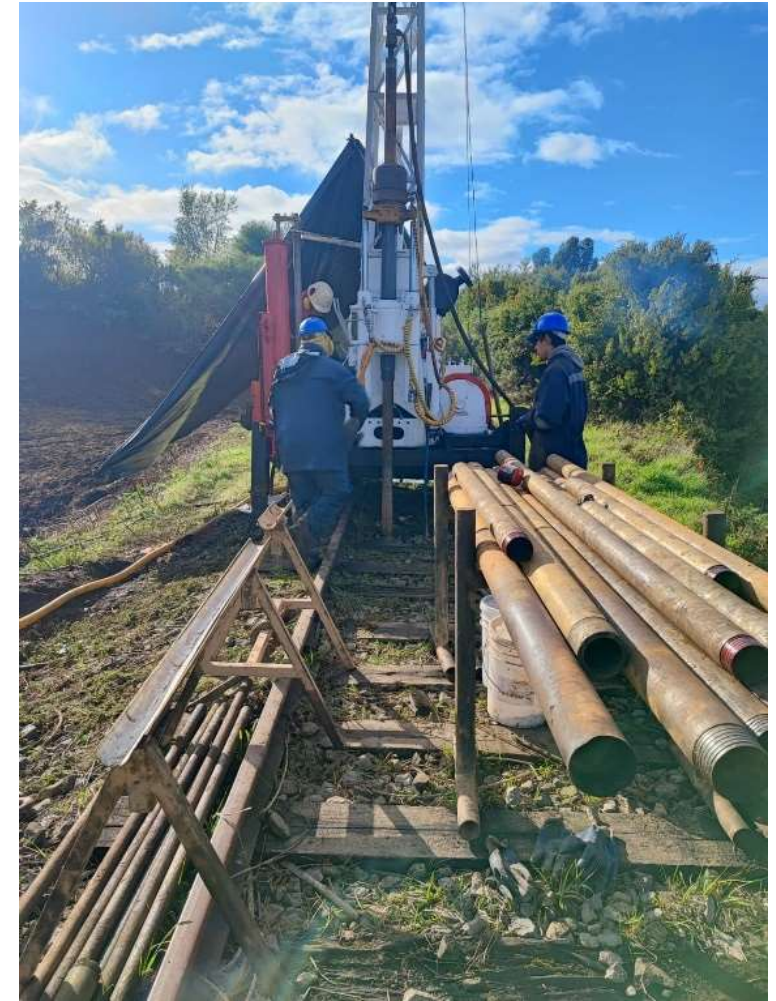


# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## REALIZACIÓN DE ESTUDIO GEOTÉCNICO - ALCANCES

Este informe ofrece una evaluación geológico-geotécnica del subsuelo en la zona de estudio, abarcando tanto los análisis de pruebas efectuadas in situ como aquellas realizadas en laboratorio.

A partir de los datos disponibles, se derivan parámetros para el análisis de estabilidad de taludes. En base a estos análisis, se proponen recomendaciones relativas a medidas de mitigación y soluciones definitivas, si resultan necesarias.



# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## CAMPAÑA DE TERRENO



- 4 calicatas sobre la plataforma.
- 3 calicatas auxiliares bajo la plataforma.



- 3 Sondajes de 20 metros de profundidad



- 4 perfiles geofísicos
- 1 tomografía de resistividad eléctrica
- 5 sondajes geofísicos sismo eléctrico



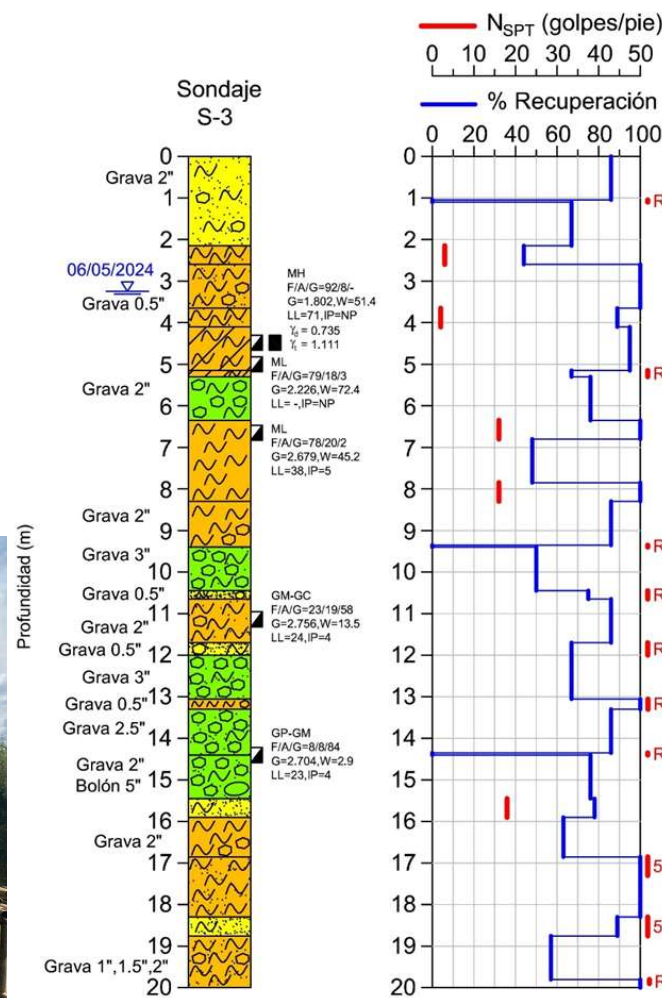
# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

- SONDAJES GEOTÉCNICOS

Se ejecutaron 3 sondajes geotécnicos (S-1 a S-3) de diámetro HQ3 de 20 m profundidad cada uno, con recuperación de testigos y realización de ensayos de Penetración Estándar (SPT), además de la ejecución de ensayos de permeabilidad tipo Lefranc Mandell.



Resultados de la estratigrafía para el sondaje S3 con los resultados de los ensayos de laboratorio.

**Simbología**

- Grava
- Bolones
- Limo
- Arcilla
- Arena
- Arenisca
- Raíces y raicillas
- Relleno
- Lagrimo
- Suelo vegetal
- Napa freática
- Denota lugar de extracción de muestra alterada
- Denota lugar de extracción de muestra inalterada

GW-GM, ML, SM,..... Clasificación según sistema U.S.C.S.

F/A/G Porcentaje de Fino/Arena/Grava

G Peso específico

W Porcentaje de humedad (%)

LL Límite líquido (%)

IP Índice de plasticidad (%)

NP No plástico

$\gamma_d$  Densidad seca en (g/cm<sup>3</sup>)

$\gamma$  Densidad húmeda en (g/cm<sup>3</sup>)

q<sub>u</sub> Resistencia a la compresión simple (kPa)

S<sub>u</sub> Resistencia al corte no drenada (kPa)

S Grado de saturación (%)

H = Humedad

C = Compacidad o Consistencia

P = Plasticidad

A = Alta

M = Media

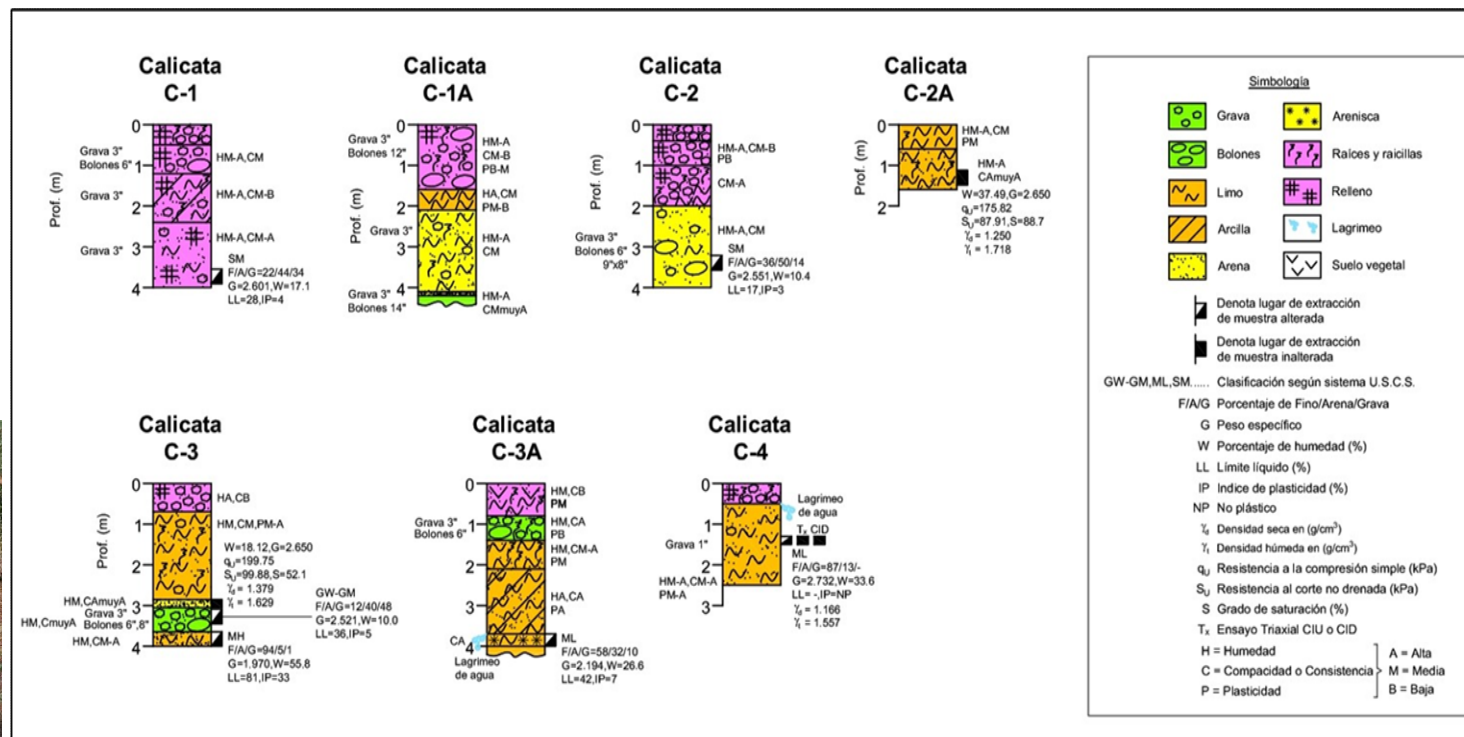
B = Baja

# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### • Calicatas

Se realizaron 7 calicatas de profundidad máxima 4m, con extracción de muestras alteradas y no perturbadas (bloques de suelo). En la figura lateral se muestra la estratigrafía de las calicatas con los resultados de los ensayos de laboratorio.



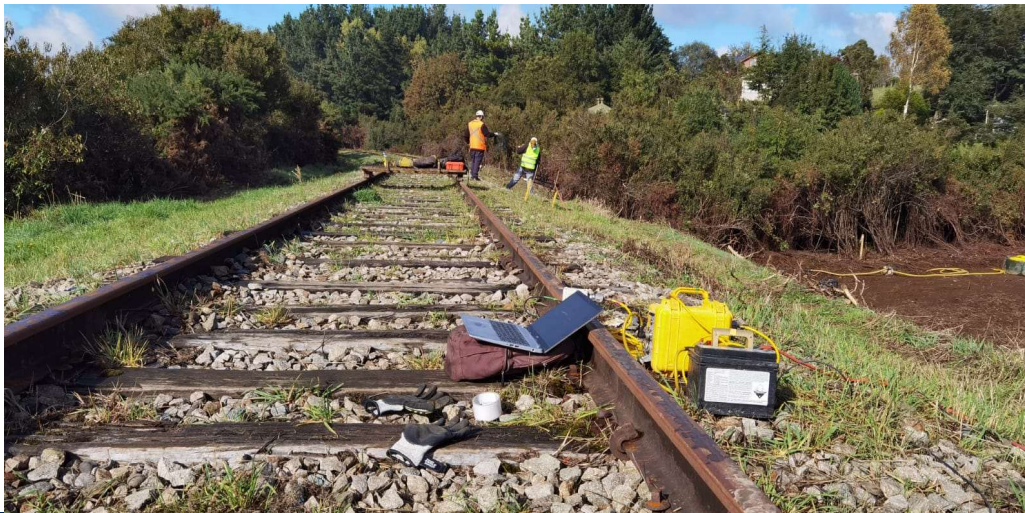


# SITUACIÓN TALUD INTERVENIDO EN PUERTO VARAS (PK 1.050 a PK 1.051)

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

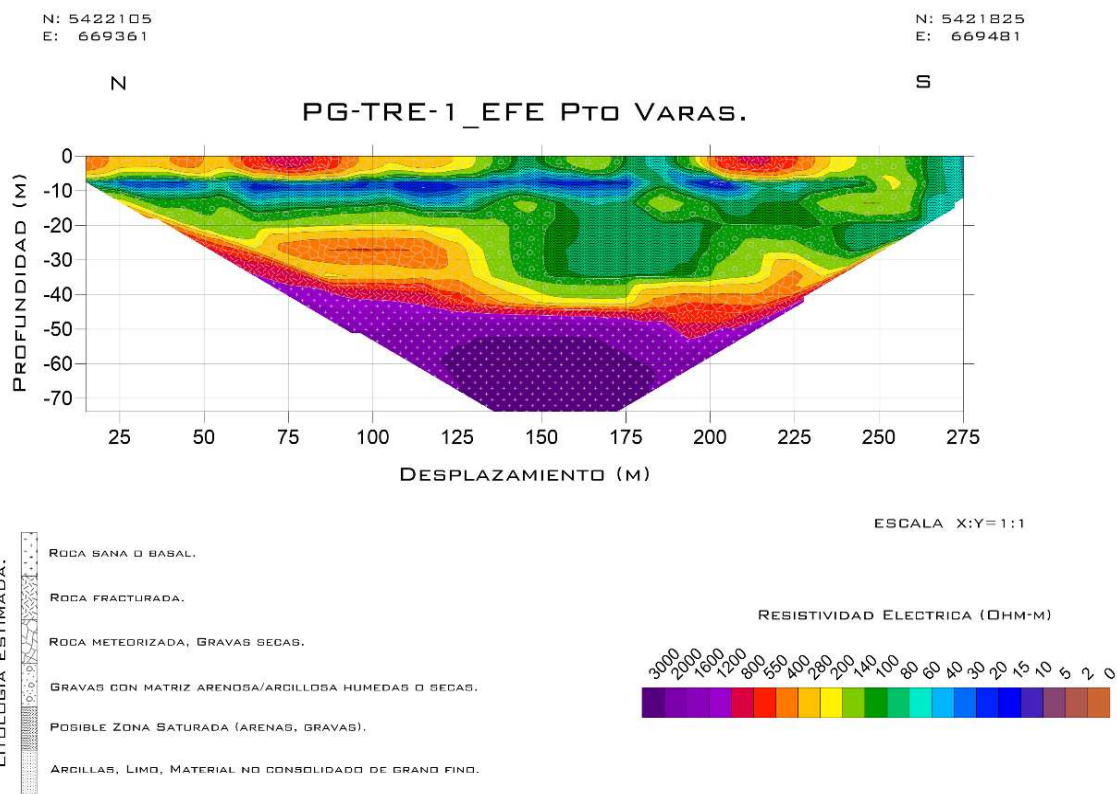
- Ensayos Geofísicos

Se ejecutaron Ensayos Geofísicos, consistentes en la ejecución de 4 perfiles sísmicos de entre 92 y 115 m de longitud cada uno, 5 sondajes sismo-eléctricos y 1 perfil de tomografía de resistividad eléctrica.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Ensayos Geofísicos



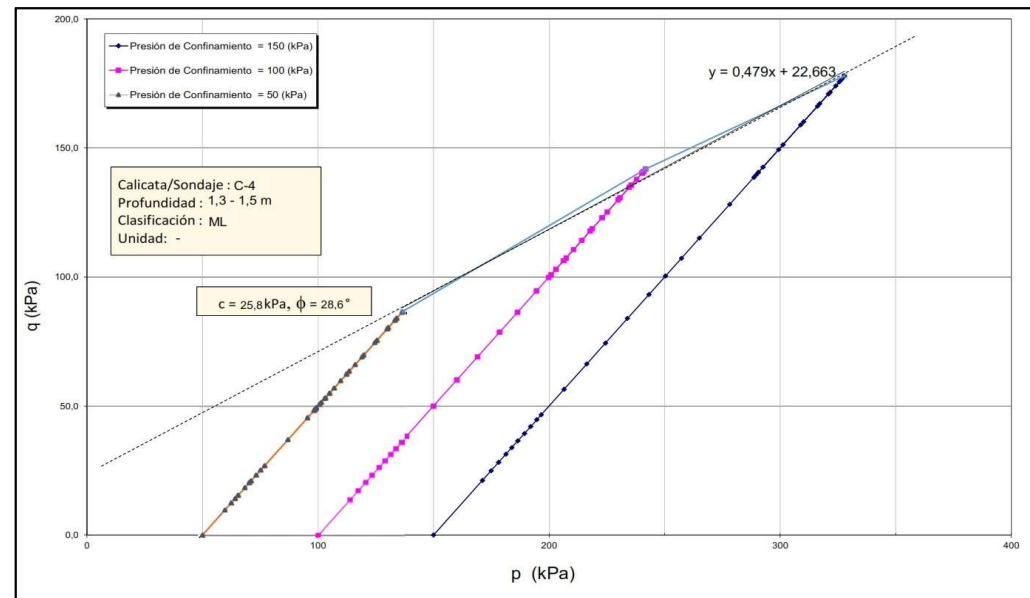
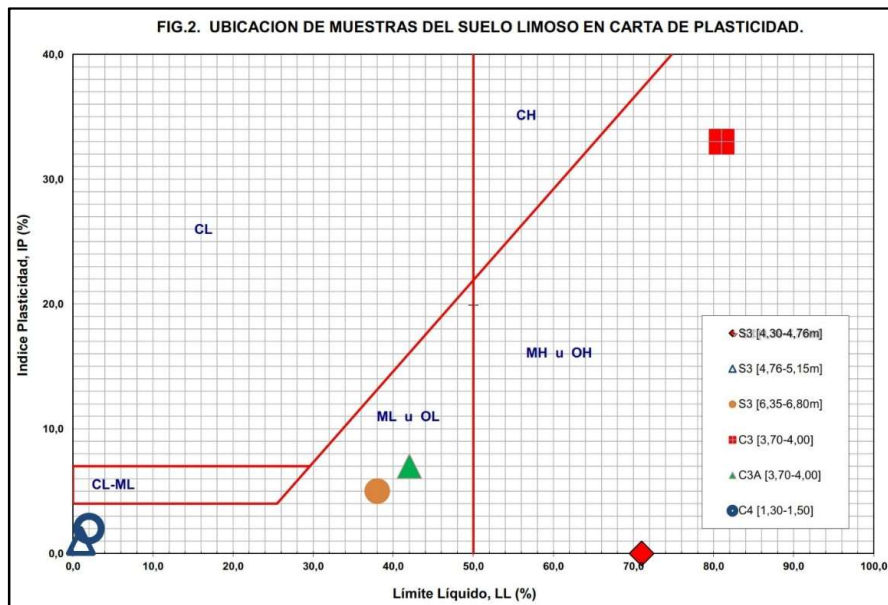
Se analizan los datos preliminares de un perfil de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE), que descubre una zona saturada, ubicada a 5m de profundidad según se muestra en la figura lateral. Esta profundidad esta sobre el nivel del patio de las casas vecinas y explicaría la alta humedad de los taludes de corte (con puntuales filtraciones).



- Tubificaciones y afloramientos en pie del Talud

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Ensayos de laboratorio (ejemplos del análisis)



En esta figura se muestra los límites de plasticidad obtenidos de los suelos finos, principalmente limosos.

Los ensayos de compresión no confinada entregan valores de carga última superior o igual a 132 kPa y mediante el ensayo triaxial CID se obtiene una cohesión  $c = 25.5 \text{ kPa}$  y un ángulo de fricción  $f = 28.5^\circ$

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Inspecciones de terreno / Hallazgos

Se detectó que el sector que corresponde a terraplén de la vía férrea, fue alterado por terceros, excavando el talud o pie de la plataforma del lado este. Esto produce un desconfinamiento del talud y por supuesto aumenta la verticalidad de este.



También se detectó un ducto de agua tapado (sellado en uno de sus extremos) que permitía el cruce del agua de lluvias de un lado del terraplén al otro. Este ducto fue sellado con shotcrete por el lado de los taludes de la población lo que se traduce en que toda el agua de lluvias del lado oeste del terraplén (y de los terrenos cercanos del lado oeste) no pueden evacuar el agua e inundan el terraplén en su base, con el consecuente humedecimiento del subsuelo y escurrimientos por el lado de la población.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Inspecciones de terreno / Hallazgos

En suelo natural gravoso (sector que corresponde a cortes en suelo natural y no el terraplén) se visualizaron cortes cercanos a la población, estables y sin agrietamientos.

Sí, con desprendimientos puntuales de gravas y bolones que ruedan en su superficie.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Análisis de Estabilidad

El análisis de estabilidad se llevó a cabo utilizando el software Slide de RocScience aplicando el método del equilibrio límite general. Para ello, se seleccionaron seis perfiles transversales que representan tramos con características geotécnicas distintas entre sí, ubicados según se muestra en la figura lateral.

Con los resultados preliminares de la campaña de exploración geotécnica se estimó las estratigrafías de los perfiles y la caracterización geotécnica de cada estrato.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Análisis de Estabilidad

En la tabla 1 se detallan los perfiles transversales que consideran inclinaciones variables y además se muestran los resultados de los factores de seguridad estáticos (FSE), valor mínimo 1,5 y factores de seguridad sísmicos, es 1.

Perfil	FSE	FSS	Inclinación media (aprox.)
1: Terraplén cercano a S-1	1.157 (Fig. 11)	0.814 (Fig. 12)	50° - 63°
2: Cercano a S-2	1.524 (Fig. 13)	1.102 (Fig. 14)	50° - 69°
3: Grava en sector norte	1.567 (Fig. 15)	1.136 (Fig. 16)	58° - 74°
4: Grava en sector sur	1.618 (Fig. 17)	1.246 (Fig. 18)	68°
5: Cercano a S-3			
Caso no drenado	1.693 (Fig. 19)	1.375 (Fig. 20)	63° - 65°
Caso Drenado	1.696 (Fig. 21)	1.270 (Fig. 22)	
6: Entre S-3 y C-4			
Caso no drenado	1.572 (Fig. 23)	1.194 (Fig. 24)	77° - 80°
Caso Drenado	1.542 (Fig. 25)	1.111 (Fig. 26)	

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Análisis de Estabilidad de Taludes

Para el caso del perfil 1 los resultados que muestra la tabla 1 indican que el factor de seguridad estático (FSE) es inferior a 1.5 y el factor de seguridad sísmico (FSS) es inferior a 1.0, por lo cual el talud de este tramo debe ser reforzado o su geometría modificada.

Los taludes de los tramos de suelo natural fino (perfil 2), grava natural (perfiles 3 y 4), el sector cercano a S-3 (perfil 5) y el perfil entre S-3 y C-4 (perfil 6), todos presentan factores de seguridad FSE superior a 1.5 y FSS superior a 1.0, es decir se encuentran estables.

Perfil	FSE	FSS	Inclinación media (aprox.)
1: Terraplén cercano a S-1	1.157 (Fig. 11)	0.814 (Fig. 12)	50° - 63°
2: Cercano a S-2	1.524 (Fig. 13)	1.102 (Fig. 14)	50° - 69°
3: Grava en sector norte	1.567 (Fig. 15)	1.136 (Fig. 16)	58° - 74°
4: Grava en sector sur	1.618 (Fig. 17)	1.246 (Fig. 18)	68°
5: Cercano a S-3			
Caso no drenado	1.693 (Fig. 19)	1.375 (Fig. 20)	63° - 65°
Caso Drenado	1.696 (Fig. 21)	1.270 (Fig. 22)	
6: Entre S-3 y C-4			
Caso no drenado	1.572 (Fig. 23)	1.194 (Fig. 24)	77° - 80°
Caso Drenado	1.542 (Fig. 25)	1.111 (Fig. 26)	



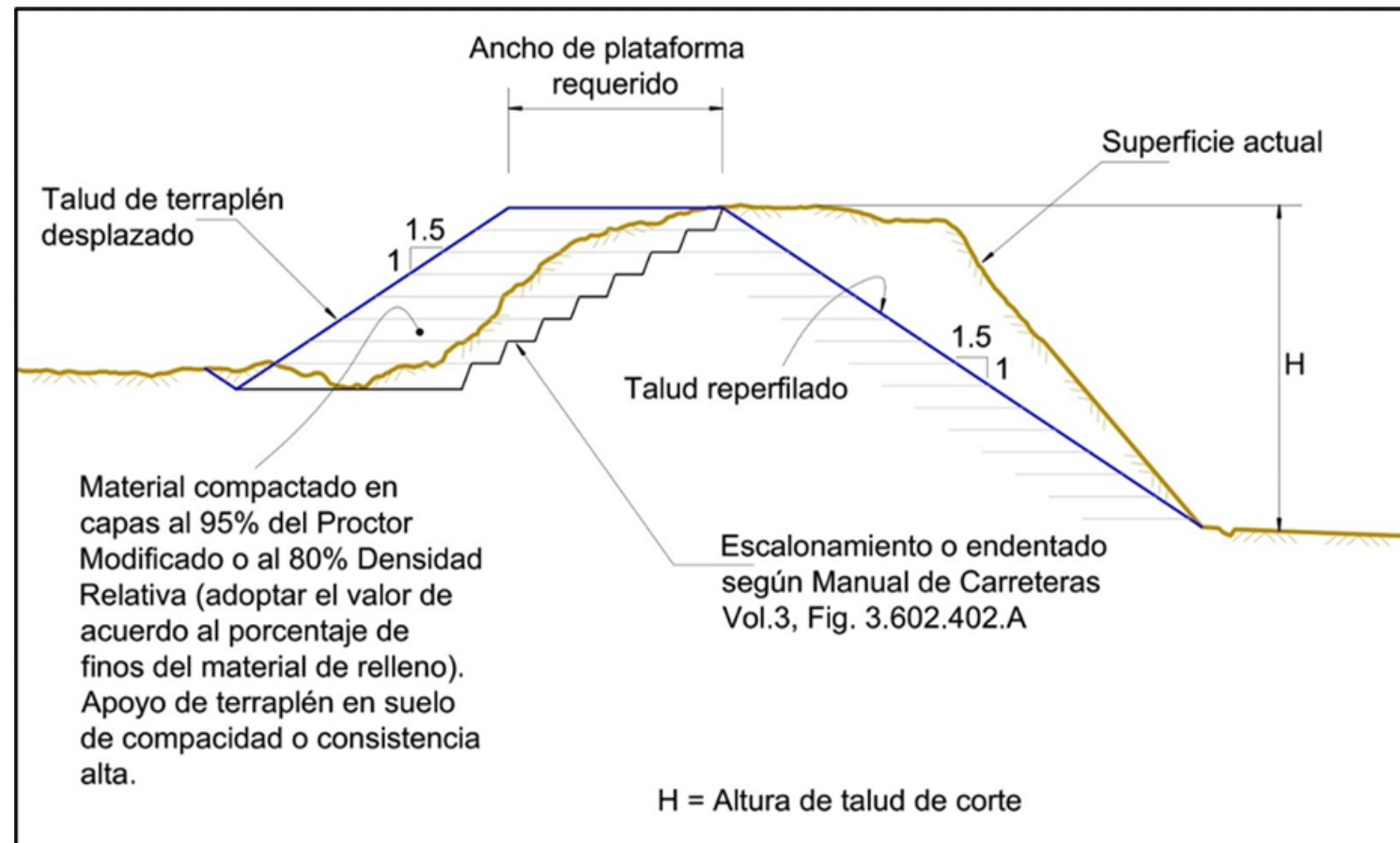
**CONCLUSIONES ACERCA DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD PERFIL 1**

Se realizó un análisis de estabilidad de los taludes del sector del terraplén (Perfil 1, 300 mts. lineales aprox) donde se encuentra el hormigón proyectado, que concluye la necesidad de efectuar obras de aseguramiento, de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos geotécnicos.



## CONCLUSIONES ACERCA DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD PERFIL 1

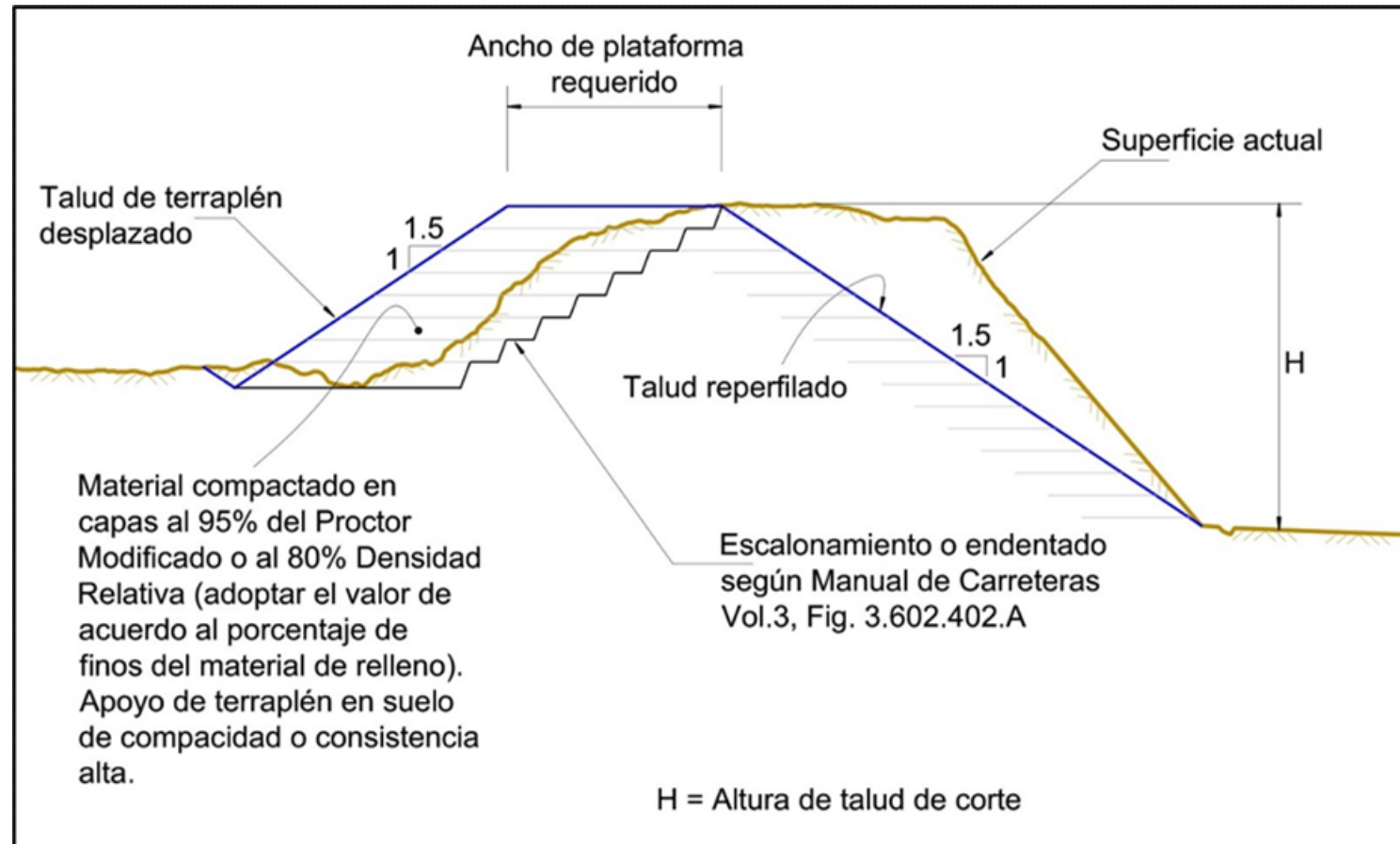
Según el punto anterior, es necesario cambiar la geometría del terraplén para tender sus taludes este y oeste (acostar los taludes) y por lo tanto que sean más estables, y así aumentar su factor de seguridad. Se propone utilizar taludes de acuerdo con el Manual de Carreteras según la siguiente figura.



## CONCLUSIONES ACERCA DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD PERFIL 1

Para poder realizar el restablecimiento del Terraplen como indica la recomendación será necesario desplazar el eje de la vía férrea se estima de 2 a 3 metros.

El proyecto de corrimiento en detalle será desarrollado y ejecutado como parte de las obras de mitigación en los próximos meses.



### CONCLUSIONES ACERCA DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD RESTO DE PERFILES

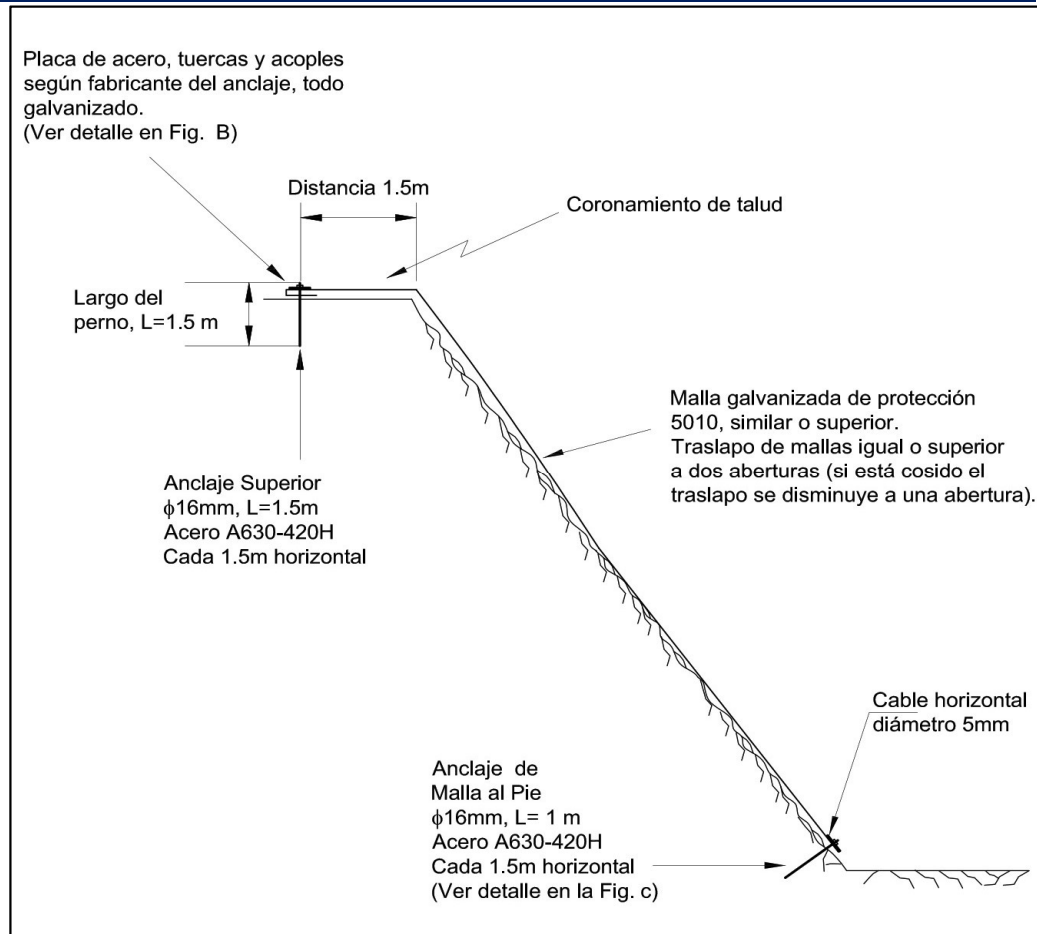
Se realizó un análisis de estabilidad de los taludes del sector de cortes en terreno natural (sector sur, que no es terraplén) donde se concluye que estos taludes en grava compacta y densa y limos de consistencia alta cumplen con los factores mínimos de seguridad para este tipo de obra.



## CONCLUSIONES ACERCA DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD RESTO DE PERFILES

De acuerdo con lo anterior, estos taludes no requieren ser excavados o modificar su geometría, sí requieren de una protección superficial para evitar que gravas o clastos rueden cuesta abajo.

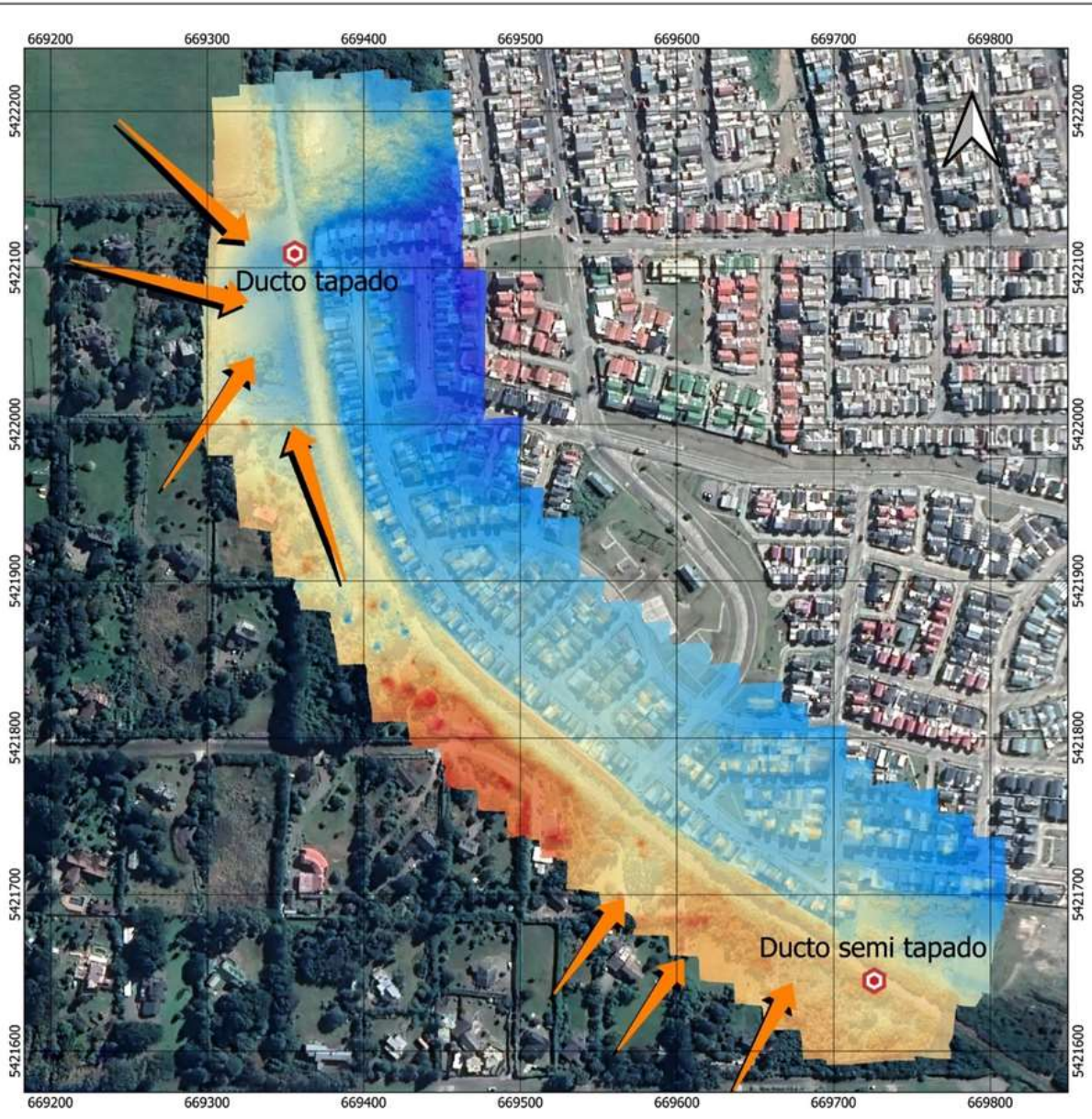
Para esto se propone una malla de acero galvanizada en su superficie, al igual que se utilizan en caminos carreteros (Manual de Carreteras). Las siguientes figuras muestra un esquema de lo propuesto.





## CONCLUSIONES ACERCA DEL LA PRESENCIA DE AGUA EN EL TALUD

Para el buen funcionamiento hidráulico del sistema es fundamental recuperar las alcantarillas que fueron tapadas para que permitan el paso de agua del lado oeste al lado este del terraplén. Las obras recomendadas las indicadas como "Obras Tipo" que aparecen en el Manual de Carreteras.

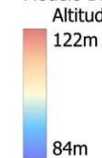
Otro punto crítico es revisar el funcionamiento actual del dren que según los antecedentes recogidos con vecinos implemento la constructora de las viviendas en su momento.



### Simbología

-  Dirección de flujos de aguas superficiales
-  Ductos de aguas superficiales

Modelo Digital de Terreno



0 50 100  
Escala  
1:2.500  
WGS 84 / UTM Zona 18S

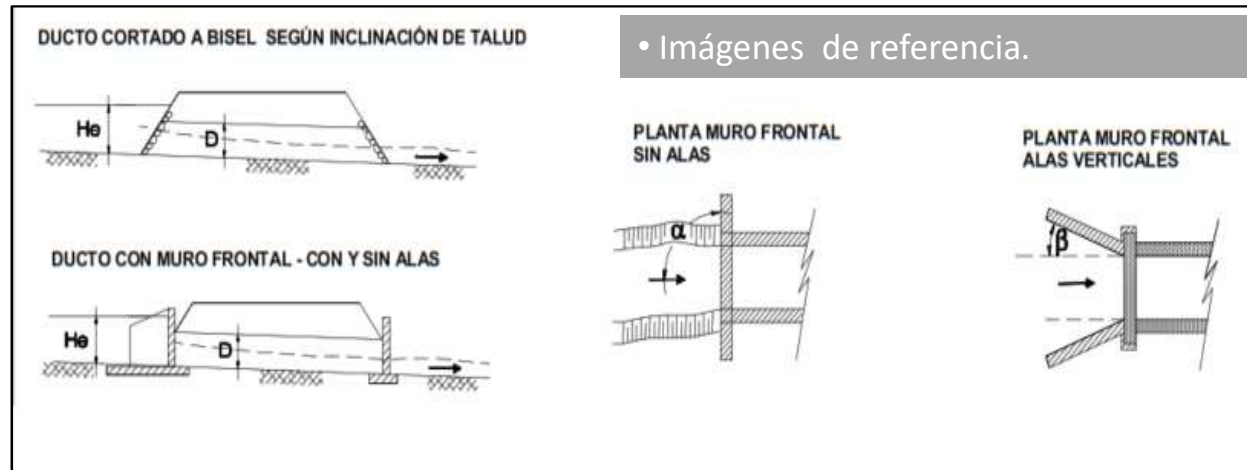


Realizado por Jorge Peña  
Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES ACERCA DEL LA PRESENCIA DE AGUA EN EL TALUD

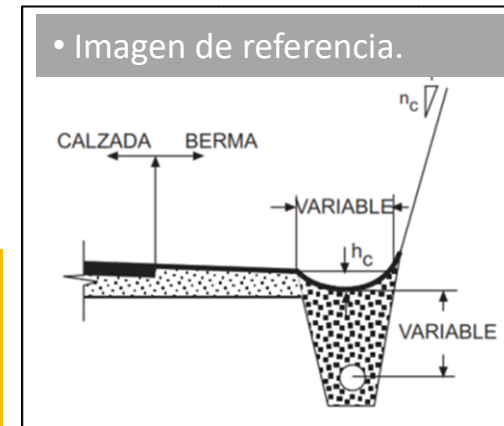
El agua de todo el sector debe ser capturada y conducida debidamente fuera del área (saneamiento de aguas lluvia).

Para esto se proponen zanjas de recolección de aguas y sus respectivas cámaras de recolección, más un dren.



Para el buen funcionamiento hidráulico del sistema es fundamental recuperar las alcantarillas que fueron tapadas. Las obras recomendadas las indicadas como “Obras Tipo” que aparecen en el Manual de Carreteras.

Otro punto crítico es revisar el funcionamiento actual del dren que según los antecedentes recogidos con vecinos implementó la constructora de las viviendas en su momento.



## CONCLUSIONES FINALES

- ✓ Estudio Geotécnico confirma que no hay riesgos a nivel talud hoy para las viviendas colindantes a este.
- ✓ Para el tráfico ferroviario se deben efectuar obras en la zona del perfil 1 (Zona de hormigón proyectado), retranqueado la vía en sentido opuesto y relleno terraplén ferroviario en esa zona específica.
- ✓ Se debe efectuar obras de contención superficial del talud (malla de acuerdo a recomendación).
- ✓ Se debe reactivar sistema de recolección y decantación de aguas lluvias. Si bien estas no afectan el talud, están conducidas originalmente hacia el sector de la villa. Para lo cual se tiene previsto durante el desarrollo de las obras de mitigación efectuar las coordinaciones correspondientes.
- ✓ Obras pueden ser realizadas sin riesgo a los vecinos y **dentro de los plazos del proyecto.**
- ✓ El tráfico ferroviario se mantendrá detenido en el sector, hasta el término de las obras comentadas precedentemente.
- ✓ Finalmente el proyecto se puede realizar y operar con garantías de seguridad para las personas y su entorno.



# NUEVOS SERVICIOS DE CERCANÍAS Y REGIONALES

**PLAN 30-30**