

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Los parámetros de resistencia: ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo en el deslizamiento de taludes, en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta-Huayllay – 2022**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor:**

**Bach. Jerson Víctor HINOSTROZA LAUREANO**

**Asesor:**

**Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO**

**Cerro de Pasco – Perú - 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Los parámetros de resistencia: ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo en el deslizamiento de taludes, en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta-Huayllay – 2022**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO  
**PRESIDENTE**

---

Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI  
**MIEMBRO**

---

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides

Carrión Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

### **INFORME DE ORIGINALIDAD N° 257-2025-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23º del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**"Los parámetros de resistencia: ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo  
en el deslizamiento de taludes, en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial**

**Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay – 2022"**

Apellidos y nombres del tesista:

**Bach. HINOSTROZA LAUREANO, Jerson Victor**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Dr. ARIAS ARZAPALO, Tito Marcial**

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

16 %

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 14 de abril del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO  
GILERO Rubén Edgar FAU  
201546005646.pdf  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 14.04.2025 18:59:00 -05:00

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis a mis padres especialmente a ti madrecita linda, pues sin ti no lo habría podido lograr. Tu apoyo incondicional, paciencia y esfuerzo diario a lo largo de mi vida me protegiste y me llevaste por buen camino del bien.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme brindado los conocimientos para culminar mis estudios.

A mis padres por el sacrificio que han hecho para culminar mis estudios profesionales.

A mi familia por haberme brindado su apoyo moral durante mis estudios universitarios.

A los ingenieros de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión carrera ingeniería geológica, por los conocimientos brindados en los diferentes cursos.

A mi asesor por su paciencia y orientación para culminar satisfactoriamente la tesis.

A la empresa china road and bridge corporation, por haberme brindado la oportunidad de aprender y desarrollar los conocimientos en la rama de la Geotecnia.

## RESUMEN

La presente tesis titulada “Los parámetros de resistencia: ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo en el deslizamiento de taludes, en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022”, la zona investigada se encuentra ubicado en la provincia de Junín, es afectada por fenómenos geodinámicos externos como deslizamientos, derrumbes y suelos condicionados por la infiltración de aguas, los objetivos específicos de la presente tesis se basan principalmente en obtener los parámetros de resistencia del suelo de los taludes inestables, cuantificar la inestabilidad de los taludes,

El método descriptivo-correlacional, se realizó mediante un programa de trabajo que consiste en la recopilación de información, evaluación y observación en campo (taludes), describir los taludes, ensayos de muestra en laboratorio y trabajo de gabinete (modelamiento de taludes), con los resultados de cohesión y ángulo de fricción interna, los resultados de los ensayos de corte directo para la obtención de la cohesión y ángulo de fricción interna, se han correlacionado de acuerdo a la distancia los valores fueron alimentados al software Rocscience Slide 6.0 el cual procesa la información, permitió precisar la relación H: V de 1.3:1 en los taludes recomendado para su estabilización, se llega a la conclusión inclinar el talud recomendado H: V; 1:3.1, a partir de los resultados de cohesión y ángulo de fricción interna aumenta el FS, a mayor de 1, estableciéndose que el talud es estable, asegurara la estabilidad del talud en toda la zona de estudio que corresponde en el tramo Km 81+690 - Km 83+460.

**Palabra clave.** Ensayos, factor de seguridad, cohesión, Angulo de fricción, estabilización de talud.

## **ABSTRACT**

The present thesis entitled "The resistance parameters: internal friction angle and soil cohesion in slope sliding, in the section Km 81 + 690 - Km 83 + 460 of the Lima - Cochamarca road corridor, Canta - Huayllay section", the investigated area is located in the province of Junín, is affected by external geodynamic phenomena such as landslides, collapses and soils conditioned by water infiltration, the specific objectives of this thesis are mainly based on obtaining the soil resistance parameters of unstable slopes and quantifying the instability of the slopes,

The descriptive-correlational method was carried out through a work program consisting of information gathering, evaluation and field observation (slopes), describing the slopes, sample tests in the laboratory and office work (slope modeling), with the results of cohesion and internal friction angle, the results of direct shear tests to obtain the cohesion and internal friction angle, have been correlated according to the distance the values were fed to the Rocscience Slide 6.0 software which processes the information, allowed to specify the H: V ratio of 1.3: 1 on the slopes recommended for their stabilization, the conclusion is reached to incline the recommended slope H: V; 1:3.1, based on the results of cohesion and internal friction angle, the FS increases to greater than 1, establishing that the slope is stable, ensuring the stability of the slope throughout the study area corresponding to the section Km 81+690 - Km 83+460.

**Keyword.** Tests, safety factor, cohesion, friction angle, slope stabilization.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis está basada en la evaluación de la estabilidad de taludes debido a procesos geodinámicos externos que producen deslizamientos, derrumbes en la construcción de la carretera en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay 2022.

La tesis se centra principalmente en obtener los parámetros de resistencia del suelo de los taludes inestables, cuantificar la inestabilidad de los taludes, la presente investigación geológica y geotécnica, se basa a partir de la obtención de los parámetros de resistencia: ángulo de fricción interna y cohesión de los suelos, como influyen en la determinación de la estabilidad de los taludes, en base a los parámetros de modelamiento y factor de seguridad para la reconformación y posterior inclinación de los taludes para su estabilidad, es un factor muy importante determinar los tramos donde se producen deslizamientos, derrumbes, la estabilidad de cada uno de ellos, la falla de los mismos ocasiona interrupción del transporte carga y pasajeros, con grandes pérdidas económicas.

Cada tipo de suelo tiene un ángulo de fricción y cohesión característico, destacando que los suelos conformados por material grueso tienen un alto ángulo de fricción y un bajo o nada de cohesión. El suelo conformado por material fino tiene un valor alto de cohesión y bajo o nada de ángulo de fricción.

La influencia de cada uno de ellos en la estabilidad de taludes está determinada por el factor de seguridad que nos permite determinar si el talud es estable o no. Por lo que conocer el factor de seguridad nos brinda la oportunidad de analizar las probabilidades de mejorar un talud.

## **INDICE**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

### **CAPITULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la Investigación.....	1
1.3.	Formulación del Problema .....	2
1.3.1.	Problema general .....	2
1.3.2.	Problemas Específicos .....	2
1.4.	Formulación de objetivos .....	3
1.4.1.	Objetivo general .....	3
1.4.2.	Objetivos específicos.....	3
1.5.	Justificación de la Investigación.....	3
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	3

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEORICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	5
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2.	Antecedentes nacionales .....	6
2.2.	Bases teóricas – científicas.....	8
2.2.1.	Movimiento de Taludes Naturales .....	8
2.2.2.	Tipos de Deslizamientos en Taludes Naturales .....	9
2.3.	Definición de términos básicos .....	23

2.4. Formulación de hipótesis .....	24
2.4.1. Hipótesis general.....	24
2.4.2. Hipótesis específica.....	24
2.5. Identificación de Variables .....	24
2.5.1. Variable Independiente.....	24
2.5.2. Variable dependiente.....	25
2.5.3. Variable Interviniente.....	25
2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores .....	25

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

3.1. Tipo de Investigación .....	27
3.2. Nivel de investigación .....	27
3.3. Método de Investigación .....	27
3.4. Diseño de la Investigación .....	28
3.5. Población y Muestra .....	28
3.5.1. Población: .....	28
3.5.2. Muestra .....	28
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.6.1. Técnicas.....	28
3.6.2. Los instrumentos .....	30
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	30
3.8. Tratamiento estadístico.....	30
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	31

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	32
4.1.1. Ubicación .....	32
4.1.2. Geomorfología.....	35

4.1.3. Geología.....	37
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	40
4.2.1. Perfil Geotécnico .....	40
4.2.2. Clasificación de Materiales en Corte .....	45
4.2.3. Muestreo .....	45
4.2.4. Resultados .....	46
4.2.5. Análisis de la Estabilidad de Taludes .....	46
4.2.6. Factor de Seguridad .....	47
4.2.7. Angulo de Fricción y Cohesión de los Taludes a Estabilizar .....	52
4.3. Prueba de hipótesis .....	53
4.4. Discusión de resultados.....	55

## CONCLUSIONES

## RECOMENDACIONES

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## ANEXOS

## **INDICE DE TABLA**

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2 Resultados de los ensayos realizados. (ver anexo-estudio de suelos)59. ....	46
Tabla 3 Análisis de estabilidad Con Factor de Seguridad menor a 1 (inestable). .....	47
Tabla 4 Factor de seguridad con relación de H:V.....	50
Tabla 5 Sectores a estabilizar.....	53
Tabla 6 N° de muestras tomadas, resultados de ensayos.....	56

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de deslizamientos en taludes naturales.....	9
Figura 2 Factores geotécnicos que afectan los deslizamientos.....	13
Figura 3 Resistencias Pico y residual.....	18
Figura 4 Procesos de erosión. ....	20
Figura 5 Plano de Ubicación del Proyecto. ....	33
Figura 6 Plano Topográfico del Proyecto. ....	34
Figura 7 Plano Geomorfológico del lugar de investigación.....	36
Figura 8 Plano Geológico del lugar de investigación.....	38
Figura 9 Talud 1: km 81+750 - 82+035 lado derecho (vista Canta – Huayllay) .....	40
Figura 10 Talud 2: km 82+180 – 82+380 lado derecho (vista Canta – Huayllay).....	41
Figura 11 Talud 3: km 82+370 – 82+600 lado derecho (vista Canta – Huayllay).....	42
Figura 12 Talud 4: km 83+000 – 83+035 lado derecho (vista Canta – Huayllay).....	43
Figura 13 Talud 5: km 83+000 + 83+460 lado derecho (vista Canta – Huayllay).....	44
Figura 14 Acta de clasificación de materiales de corte.....	45
Figura 15 Análisis de estabilidad / Expediente Técnico Km 81+790 – FS:0.6 (Inestable).....	48
Figura 16 Análisis de estabilidad / Expediente Técnico Km 82+230. FS:0.7 (Inestable). .....	48
Figura 17 Análisis de estabilidad / Expediente Técnico Km 83+030. FS:0.8 (Inestable) .....	49
Figura 18 Análisis de estabilidad / Expediente Técnico Km 83+400. FS:0.7 (Inestable) .....	49
Figura 19 Análisis de estabilidad Taludes Recomendado Km 81+790 – FS:1.1 (Estable) .....	50
Figura 20 Análisis para estabilidad de Taludes Recomendado Km 82+230. FS:1.1 (Estable) .....	51

Figura 21 Análisis de estabilidad de Taludes Recomendado Km 83+030. FS:1.1 (Estable) .....	51
Figura 22 Análisis de estabilidad de Taludes Recomendado Km 83+400. FS:1.2 (Estable) .....	52

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En el corredor vial Lima- Cochamarca, específicamente en el tramo Km 81+690 al Km 83+460, es necesario realizar una evaluación geotécnica de la estabilidad de taludes, por presentar zonas de deslizamientos en forma continua, la zona mencionada es interrumpida por una serie de deslizamientos de taludes perjudicando la libre circulación de los vehículos y transeúntes.

Para conocer la estabilidad de los taludes en la zona, este estudio propone verificar la influencia de los parámetros de resistencia obtenidos en los ensayos realizados en muestras de suelos obtenidas en cada talud.

Una vez conocidos los parámetros de resistencia se determina el factor de seguridad que nos permitirá conocer la estabilidad del talud.

El resultado de este estudio nos permitirá tomar decisiones en realizar el mejoramiento de los taludes.

#### **1.2. Delimitación de la Investigación**

- Área de interés: El área de interés queda delimitado espacialmente en el tramo Km 81+690 al Km 83+460 del corredor vial Lima- Cochamarca, específicamente en la provincia de Junín, distrito de carhuacayan. En

cuanto a la delimitación temporal la investigación duro desde diciembre del 2020 hasta septiembre del 2022 y para la delimitación teórica se basa en la teoría de la ingeniería geotécnica y finalmente el estudio duro un año y nueve meses.

- Alcance: Los resultados del estudio servirán para realizar el mejoramiento de los taludes en el tramo mencionado.
- Límite: La evaluación de los taludes solo se realizan en el tramo del corredor vial.

### **1.3. Formulación del Problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo los parámetros de resistencia: ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo influyen en el origen de los deslizamientos de taludes, en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022?

#### **1.3.2. Problemas Específicos**

- a. ¿Cómo las ocurrencias de procesos geodinámicos externos de deslizamientos y derrumbes afectan en su totalidad la vía de tránsito y como influyen el ángulo de fricción interna y la cohesión para determinar la estabilidad de los taludes en el km 81+690 – km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022, en qué medida mejorara la reconformación e inclinación de los taludes?
- b. ¿De qué manera el factor de seguridad determina si el talud es inestable en el tramo Km 81+690 Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar cómo los parámetros de resistencia: ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo influyen para que se originen deslizamientos de taludes, en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Obtener la influencia de los parámetros de resistencia del suelo ángulo de fricción interna y cohesión de los taludes el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022, para determinar la estabilidad, reconformación e inclinación de los taludes.
- b. Cuantificar la inestabilidad de los taludes en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022.

## **1.5. Justificación de la Investigación**

Este presente trabajo de tesis se justifica porque es necesario determinar si un talud presenta estabilidad o inestabilidad es sumamente necesario en la construcción o mejoramiento de una vía terrestre, porque posteriormente aumentará el costo de ejecución de la misma si ocurriera por diversas razones deslizamientos hacia la vía, afectación en el avance de su ejecución.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

Como todo trabajo de investigación ha tenido una limitación importante, que la investigación y los datos obtenidos solo se limita a la zona de trabajo, los resultados solo son aplicados a la zona de trabajo el cual afecto bastante el avance en su ejecución.

La presente tesis tuvo limitaciones en la recolección de datos, ensayos insitu de campo no se tiene mucha información, ya que el proyecto se inició de cortes cero, estas muestras se tuvieron que llevar a un laboratorio acreditado UNI (Facultad de Ingeniería Civil – laboratorio N.<sup>o</sup> 2 Mecánica de suelos).

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

González. G. (2014) en su trabajo, “Determinación del parámetro de resistencia, ángulo de fricción Interna ( $\emptyset$ ) y su relación con los parámetros densidad relativa (Dr) y relación de vacíos (e) en suelos granulares”, llegaron a la conclusión que la influencia de la relación de vacíos (e) y la densidad relativa (Dr) en el parámetro de resistencia ( $\phi$ ) se pudo comprobar que el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) aumenta cuando la relación de vacíos (e) disminuye y la densidad relativa aumenta.

Suarez (1998), refiere el autor que el comportamiento de cualquier talud induce a la obtención de un factor de seguridad mediante el usos de los modelamientos matemáticos, teniendo en cuenta que los factores que aquejan a la estabilización de los taludes, considerando mínimamente a los productos de factores de movimientos sismos, fluidificación del suelo, cargas estáticas y dinámicas, caracterización geotécnica y geológica, presencia de grietas internas debido a esfuerzos, es importante que no debemos de dejar de considerar la geometría del talud. Así mismo refiere que los cálculos matemáticos no son óptimos para todos los casos debido a que no obtendremos resultados reales,

por tanto, que en manos del proyectista o ingeniero encargado del estudio. En su investigación estudio a las superficies de áreas planas, superficies logarítmicas, superficies circulares, y parabólicas, considerando las combinaciones de las mencionadas. El desarrollo se basa para fallas no simétricas de superficies, y para suelos aluviales y coluviales isotrópicas que significa que en un análisis tridimensional las características del suelo son la misma en todas las direcciones de los ejes de análisis.

Valverde (2010), En su descripción enfatiza analizar el factor de seguridad, para analizar la influencia de las precipitaciones según el objetivo del talud en cuanto a la succión y estabilidad, definir como uno de los factores desencadenantes de su país de México, específicamente de un poblado las Nubles en la provincia de San José. Según el análisis del suelo saturado y para su determinación de esfuerzos de succión, para usos específicos de la ingeniería geotécnica en obras civiles.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Breña. C (2019). En su tesis “ Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chipile, Cajamarca-Perú”, llega a la conclusión que los climas extremos de bajas temperaturas 5°C - 10°C, congelan las aguas de infiltración y generan expansiones del material arcilloso produciendo fracturas, fallas y diversos desplazamientos, El problema principal es la cohesión de suelo uno de los parámetros geotécnicos más determinantes, ello interrumpiendo el paso de la transitabilidad vehicular. Siendo el objetivo principal evaluar la caracterización geotécnica de los pesos unitarios, el ángulo de fricción interna del suelo, la cohesión, y los límites de Atterberg, para que realice la interacción de presencia suelo-roca para ver la afectación de los taludes; además considera un estudio completo de geológico, geomecánica de rocas, agua y geofísica. Los análisis para la determinación de los factores de seguridad fueron determinados según el análisis seudo estático y simplemente

estático, con la única finalidad de la estabilizar de los taludes en la progresiva 61 de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chipile. Según los cálculos obtiene factor de seguridad mínima es de 1.0 aplicando software Slide que es un indicador de colapso, teniendo en consideración el mapa de isoaceleraciones obteniendo valor de 0.30 g. Por tanto, el estudio trata de analizar su desempeño del talud para un factor de 1.5 mínimamente (para estabilizar el talud para seguridad estáticamente) considerando los factores que aquejan en cuanto a filtraciones que fractura las rocas, analiza las líneas equipotenciales, líneas de máxima saturación, capa freática.

Huallpa D. (2019). en su exploración: Localización y análisis de elementos geotécnicos que ocasionan la inestabilidad de ladera en la quebrada de Golcohuaycco, distrito de San Sebastián-Cusco, urbanización Santa Rosa, tuvo como resultado de que la clase de suelo, los cambios de los parámetros de resistencia al corte por saturación del suelo, la erosión pluvial a la base de la ladera y la permeabilidad son elementos que repercuten y es capaz de ocasionar en la quebrada de Golcohuaycco la inestabilidad de la ladera.

Huamán R. W, (2014). En la investigación “ Análisis de la variación del ángulo de fricción y cohesión en la resistencia a los esfuerzos de corte en los suelos del centro poblado de Alto Qosqo, Cusco” realizar el análisis de la variación del ángulo de fricción y cohesión en la resistencia al esfuerzo cortante con el ensayo corte directo en el laboratorio (ASTM D3080) y en campo con una sola muestra (ensayo experimental) en el suelo del centro poblado Alto Qosqo del distrito de San Sebastián, no existe mucha variación con los datos establecidos en laboratorio y en campo.

Sackschewski (2017), el autor describe que, la investigación fue llevada a cabo en la provincia de Canta, Departamento de Lima, la tesis fue desarrollada en la UNMSM. El problema principal fue la solución a la estabilidad de los

taludes de la vía Canta-Huayllay en sectores propensos de fenómenos de geodinámica externa con riesgo medio a muy elevado.

El objetivo fue brindar las soluciones seguras en cuenta a geotecnia segura, eficiente, económica optima, garantizando la funcionalidad. La investigación fue del tipo experimental demostrándolo haber investigado en cuanto a información bibliográfica y trabajos de ensayos en laboratorio.

Que le sirvió para los análisis de la estabilidad de taludes mediante los métodos de equilibrio límite utilizando Bishop Simplificado y Spencer para deslizamiento de forma circular.

Finalmente, ha obtenido los resultados de factor de seguridad a nivel de análisis estáticos y dinámicos (sísmico), resultando aplicar medidas correctivas para lograr una estabilidad de cortes de taludes en el Km. 102+780 al km 103+020. En los Km. 104+920 al km. 105+010, obtuvo resultados del tipo de suelos SC-SM y ML y subdrenes, de la misma manera los resultados fueron modelos con los análisis sísmicos pseudo-estáticos.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

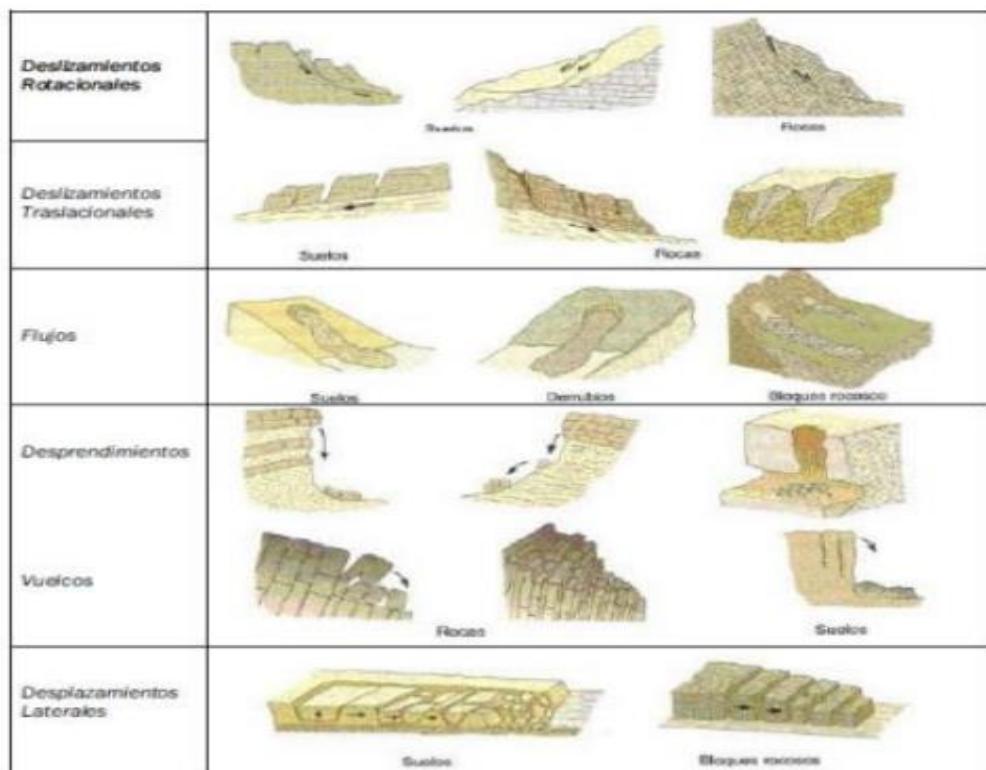
### **2.2.1. Movimiento de Taludes Naturales**

Según el autor (Varnes, 1978), se entiende como movimiento de ladera “slope movement” al movimiento de una masa de roca, suelo o derrubios, de una ladera en sentido descendente. La Commission of Landslides que pertenecen a la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica (IAEG). Soeters y van Westen (1996) determinan la tipificación, precisan los movimientos de ladera y actividades, como también plantearon que el procesamiento de inestabilidad de laderas hidrológicas geológicas y geomorfológicas son los resultados de las situaciones locales, por lo que podrían ser cambiadas por los procedimientos geodinámicos, actividades humanas, explotación del suelo y flora, como también por ser zona sísmica y por la intensidad de frecuencia de las precipitaciones.

## 2.2.2. Tipos de Deslizamientos en Taludes Naturales

Desarrollar la tipificación de los distintos movimientos de masas presentes en una ladera facultara la identidad y caracterización de los cuerpos o masas que permanecen relativamente en movimiento. conforme Varnes (1978) La tipificación una de las más usadas y completas que actualmente existen, por lo que primordialmente se fundamenta en descripciones geomorfológicas. Por consiguiente, describiremos su contenido y clasificación cada tipo.

**Figura 1** Tipos de deslizamientos en taludes naturales.



Tomado. (González de Vallejo, L. (2002)

### Deslizamientos

En este tipo de desplazamientos de ladera, el movimiento del terreno se origina tras una o varias superficies con fracturas muy evidentes. Normalmente la masa realiza movimientos en grupo, actuando como una unidad, básicamente sin deformidad interna en su trayecto. Es cambiante la velocidad y

frecuentemente acarrea desplazamientos de volúmenes enormes. La superficie de rotura depende de la geometría por lo que se dividen en:

Deslizamiento o movimiento rotacional: el terreno de rotura es de tipo cóncava y normalmente se producen en macizos rocosos o en materiales homogéneos bastante quebrados y son distinguidos por su propensión contrapendiente de la cabecera. Movimiento traslacional: el terreno es un plano con un declive casi continuo y estas se producen en torno de materiales diversos con terrenos de interrupción muy establecidos. Movimientos compuestos: son deslizamientos de ladera formando una geometría mixta en terrenos fracturados.

**Flujos:** Estas se originan en una superficie de rotura o de falla que concierne a desplazamientos de bloques pequeños o de partículas, al interior de una masa en movimiento. En función a Varnes (1978), frecuentemente estos desplazamientos tienen carencia de un área libre de movimientos y deformidad interior y constante del contenido, un área de falla o ruptura se logre absorber totalmente una franja de alteración. La disparidad reside en la implicación de los materiales, su capacidad en agua y la rapidez de acrecentamiento, de lentitud (reptación) a rapidez (flujos de rocas). Por lo general son: flujos en suelo: movimientos de barro o tierra. Flujos de derrubios (debris flow): desplazamientos que incluyen a porciones de rocas, cantos, bloques erráticos, y partículas en una red fina de arcilla, limo y arena, (generalmente el grosor equivale a mayor del 50% de porcentaje). Esta forma de desplazamientos está en zonas de pendientes tapadas por sedimentos sueltos y por lo cual la humedad del terreno puede ser la razón fundamental del comienzo del procesamiento. Como se sabe son desplazamientos con mucha velocidad.

**Movimientos laterales:** Son desplazamientos de masas de suelo o bloques de rocas muy consistentes sobre un material suave y modificable. El resultado de esta distinción entre el material que está sobre (suprayacente) y

los que están por debajo (infrayacente), son las que causan en la capa superior la fragmentación. Los movimientos de los bloques son laterales y lentos, favoreciendo a las más bajas pendientes. No son constantes sus desplazamientos y pueden prolongarse demasiado.

**Desplazamientos complejos:** Estos movimientos adquieren usualmente gran volumen, en ocasiones perjudicando en su totalidad a las pendientes. Que son el resultado de la mezcla de dos o más formas de desplazamientos fundamentales, expuesto antes.

***Elementos que inciden de un talud su inestabilidad.***

Se tiene que saber las razones o causas que ocasionan esta problemática y Para ello se tiene que elaborar un diagnóstico de la inestabilidad de un talud por la ocurrencia de una falla. En la publicación, Inestabilidad de laderas naturales (Alcántara Ayala Irasema, 2001), afirma también que:" Los procesos que ocasionan la inestabilidad de las laderas están determinados por dos tipos de factores; externos e internos. Las causas exteriores originan un aumento en los impulsos o actos que se realizan en una pendiente, o sea, ocasionan una gran focalización de las fuerzas motoras o funcionado, mientras que las causas interiores disminuyen la resistencia del material, es decir, la concentración se reduce. Los factores que influyen en la inestabilidad de taludes se pueden separar, según el autor (Ochoa Quispe, 2016, pág. 22), en dos grandes grupos los factores internos y factores externos.

Los elementos internos, influyen en los distintos tipos de desprendimientos, en los procesos y diseños de ruptura. A través de estas se hallan peculiaridades propias, referente a las características y solidez del material, las propiedades extrínsecas referentes con la morfología y situaciones del medio ambiente por lo que está sujeta el talud y las causas externas ejercen hacia el material y favorecen a los cambios de la situación inicial de la pendiente, estimulando o produciendo las rupturas en la fase de equilibrio que actúan a

causa de las modificaciones. Tres tipos de acciones se incluyen: la infiltración de agua en el terreno, las vibraciones, entre otros. (Ochoa Quispe, 2016, pág. 23) Según el libro de (Suárez Díaz, 1998) nos dice: La ocurrencia de una falla obedece a un proceso, el cual comprende una gran cantidad de factores que incluyen:

- **Las condiciones originales de la ladera.**

Dichas situaciones fijan una vulnerabilidad en degradación, el acto de las causas de fallas desencadenantes; serían: La geología, propiedades de perfiles y materiales, la topografía, como también la capa vegetal y el panorama integral del medio ambiente.

- **Factor de deterioro.**

Este factor cambia las situaciones desde el origen en forma gradual, por consiguiente, el efecto de la resistencia al cortante del material, es la reducción.

- **Factor detonante**

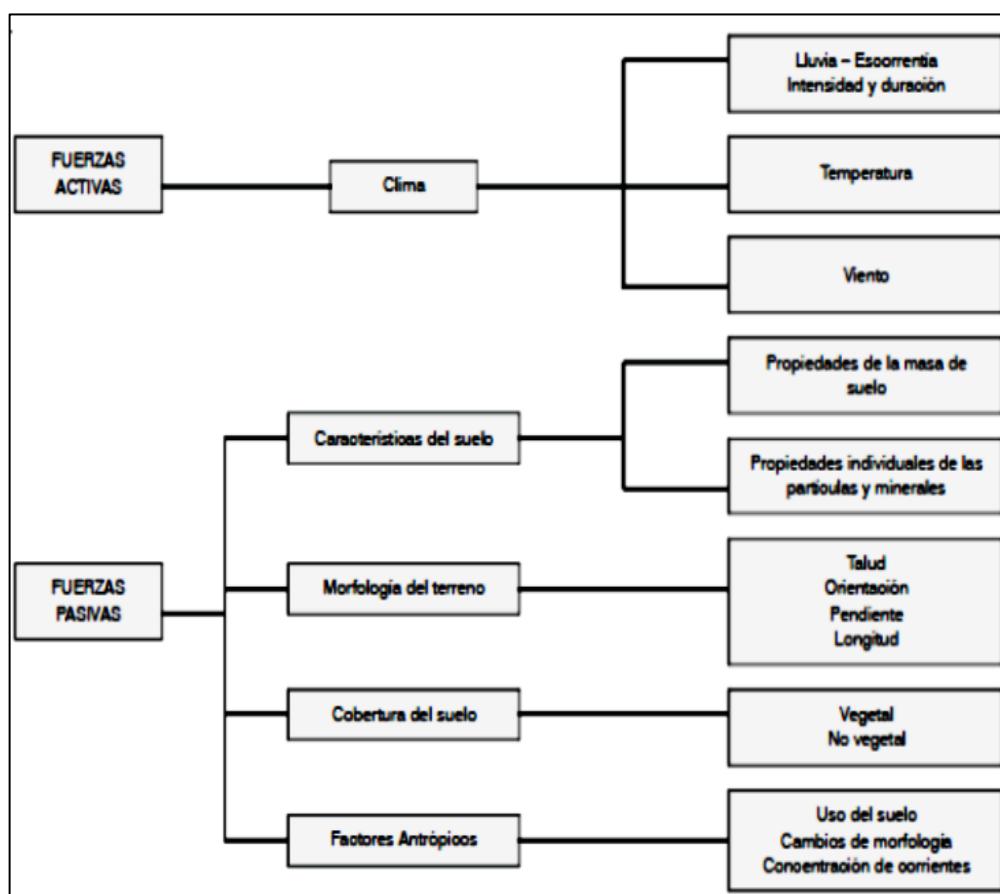
En los sucesos de detonación intervienen una gama complicada de causas por lo que, a veces, coinciden con el factor de deterioro. El efecto es un incremento en los esfuerzos de cortante. Estos esfuerzos crecen en toda la extensión de la superficie de fallamiento mientras que suceda el desplazamiento.

### ***Las Fallas o fracturas***

El desarrollo de fallas, luego de que actúa el factor detonante es un problema comúnmente tangible, por lo tanto, las situaciones de deformidad y de esfuerzo desempeñan un papel predominante. Las fallas en la mayoría de los casos no ocurren en forma repentina, sino que toman un tiempo, el cual puede durar de minutos a años. (Suárez Díaz, 1998, pág. 12). Las lluvias provocan los desplazamientos de ladera que son relativos con la intensidad, el volumen, y la

repartición de tal precipitación. En momento que las precipitaciones desciendan por una ladera, una cantidad de esta es aprovechado por la vegetación, otra cantidad se depositan en los declives para que después penetren o se impregnen en el suelo. Incluso cuando finalizan las lluvias, el desarrollo de infiltración prosigue y en cualquier instante podrían originar situaciones complicadas, se incrementan la presión de poros debido a la humedad del terreno y el aumento de la situación del nivel freático reduciendo los esfuerzos eficaces, por ello, la resistencia al esfuerzo cortante. Así es como se obtienen los límites de inestabilidad que lanzan el desplazamiento del total o una parte de la pendiente.

**Figura 2** Factores geotécnicos que afectan los deslizamientos.



Tomado. (Suarez Díaz Jaime (2001).

Aspectos que perjudican la sensibilidad a la degradación de laderas y taludes.

Elementos geotécnicos que alteran la permanencia de un talud.

En varias situaciones la problemática de estabilidad de una ladera es distinta de lo que se muestra en taludes. La divergencia primordial es dada a su índole de los materiales (factor geotécnico de suelo), también el ser humano a influenciado realizando encima de estas (desmonte, deformación al utilizar los suelos, tala para edificación de construcciones, etc.)

Los factores internos (factores geotécnicos del suelo) son diversos los que participan en la falta de estabilidad de un terreno; señalaremos, a los que constantemente participan en los estudios de un talud estabilizado.

Resistencia al corte de suelo, donde la problemática de deslizamiento ejerce la modelización física. Determinan los parámetros de ángulo de fricción y cohesión a los factores de seguridad al desprendimiento definido dentro del área del terreno. Los ángulos de cohesión cambian de cero en limpias masas granulares, mayor a diez kilogramos por cm<sup>2</sup> en tierras muy consolidados y valores altos en rocas enormes.

Los ángulos de fricción cambian de cero en masas muy suaves, a cincuenta grados en arenillas angulosas o capa de granos de arena.

La erosionabilidad es la accesibilidad por donde el suelo logre ser arrancado y acarreado por fuerza del agua. Estos factores pueden desestabilizar perjudicando un talud estable, cuando ocurre modificaciones topográficas con desestabilización y originar vías de erosión internamente. La permeabilidad mide internamente la resistencia de los materiales al fluido del agua y podría precisar el sistema de agua en subsuelo, focalización de flujos y otros. La cifra del coeficiente de permeabilidad cambia de 100 cm/seg., en roca con falla o tierras formado por gravas y arenas, hasta 10-10 cm/seg., en pizarras, granitos sanos y arcillas impermeables. La expansibilidad se expande en suelo arcilloso al tacto con el agua, ocasionando desplazamientos de extensión expandiendo dentro de la masa del suelo su volumen. En suelos sensibles podría ocasionar

pérdida de resistencia al corte por el procedimiento expansivo, acto del remoldeo provocado.

Para determinar los parámetros geotécnicos de los estratos de suelos que componen el talud (humedad, peso específico, cohesión, Angulo de fricción, entre otros), se realizan sondeos y calicatas en la parte baja, media y alta de la ladera si es que fuera posible. (Gallardo Amaya, Guerrero Barbosa, & Macgregor Torrado, 2013, pág. 6).

Al esfuerzo de resistencia al corte de un suelo.

La representación o modelación matemática del problema de fallamiento al cortante se desarrolla empleando las hipótesis de la resistencia de materiales en un desprendimiento. Las rocas y los suelos al fallar al corte se comportan de acuerdo a la teoría tradicional de fricción y cohesión, según la ecuación generalizada de Coulomb (Suárez Díaz, 1998)

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \operatorname{Tan} \varphi' \quad (\text{Para suelos saturados})$$

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \operatorname{Tan} \varphi' + (\mu - \mu_a) \operatorname{Tan} \varphi' \quad (\text{para suelos parcialmente saturados})$$

Donde:

- $\varphi'$  = Angulo de fricción no saturado del material.
- $\varphi'$  = Angulo interno de fricción del material.
- $\mu_a$  = Presión del aire intersticial.
- $\mu$  = Presión del agua de poros o intersticial.
- $\tau$  = Esfuerzo de resistencia al corte.
- $c'$  = Cementación efectiva o cohesión.
- $\sigma$  = Total normal esfuerzo.

Necesita determinar el estudio de la ecuación de Coulomb los parámetros del ángulo de cohesión y el ángulo de fricción, por lo que se contemplan como características intrínsecas del suelo. La existencia del agua

disminuye la valoración de la resistencia del suelo en función a los poros o la presión interna, en la que el factor  $u$  está restando al valor de la presión normal, según a la ecuación de Coulomb. La presión resultante se le conoce con el nombre de presión efectiva  $\sigma'$ . (Suárez Díaz, 1998, pág. 81). •  $c'$  = Angulo de cohesión para presiones efectivas.

- $\phi'$  = Angulo de fricción para presiones efectivas.
- $\sigma'$  (Presión efectiva) =  $\sigma - u$

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física:

Coeficiente de rozamiento = Tan  $\phi$

El ángulo de fricción depende de varios factores, entre ellos algunos de los más importantes son (Suárez Díaz, 1998, pág. 82):

Tamaño de los granos

Forma de los granos

Distribución de los tamaños de granos

Densidad

La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. Para plantear la resistencia al cortante generado por la cementación se hace uso de la cohesión en mecánica de suelos, entre tanto en la física esta expresión es empleado para ejercer la tensión en suelos básicamente granulares por lo tanto no hay otra clase de material o cementante que logre generar adherencia, se les califica Suelos no Cohesivos cuando la cohesión implica igual a 0.

En los suelos no saturados en la Cohesión aparente el agua origina un problema de consistencia en los poros por fuerza capilar o presión negativa. Esta cohesión aparente desaparece con la saturación. (Suárez Díaz, 1998, pág. 82)

La noción de esfuerzo efectivo de suelo en una masa completamente cargada consta de dos aspectos diferentes: los poros por partículas cubiertos de agua y el armazón de partículas. Ningún esfuerzo aplicado sobre el suelo es resistido por la presión en el agua y el esqueleto o armazón de partículas. comúnmente, el esqueleto es capaz de remitir esfuerzos normales y de corte con los puntos de conexión por partículas y el agua por su parte permite en ejercer presión hidrostática, por lo que es la misma en cada una de las direcciones. Se entiende como esfuerzos efectivos, únicamente a los esfuerzos realizados por el esqueleto, y se indica presión de poros a los esfuerzos hidrostáticos del agua. Los que limitan la conducta del suelo son los esfuerzos efectivos y no el esfuerzo total. En problemas prácticos el análisis con esfuerzos totales podría utilizarse en problemas de estabilidad a corto plazo y las presiones efectivas para analizar la estabilidad a largo plazo. (Suárez Díaz, 1998, pág. 82) En la estabilidad de taludes respecto a la referencia esfuerzo – deformidad, se tiene dos clases de resistencia a considerar:

#### ***Resistencia máxima o resistencia pico***

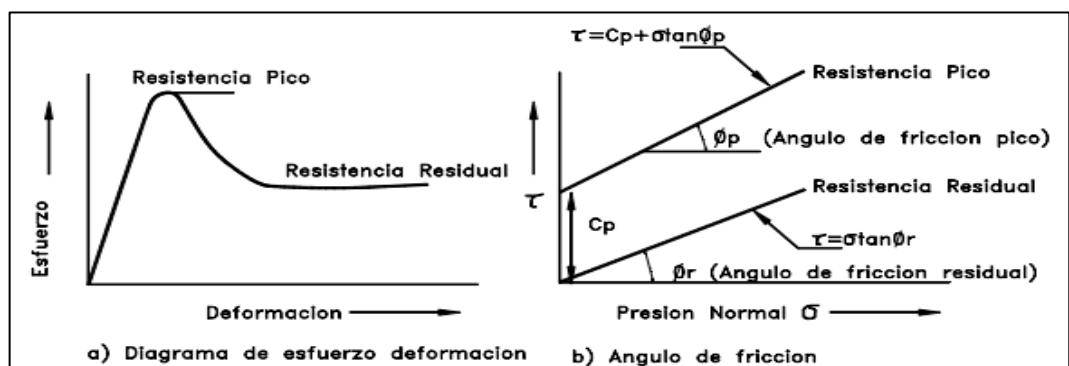
Al conservar el material que no ha fallado anteriormente, es la resistencia al corte máximo, por lo tanto, pertenece al punto máximo en la curva esfuerzo - deformación. La aplicación de la resistencia pico en los estudios de estabilidad admite que la resistencia pico se adquiere al mismo tiempo en toda su extensión del área de fractura. Sin embargo, algunos puntos en la superficie de falla han alcanzado deformaciones mayores que otros, en un fenómeno de falla progresiva y asumir que la resistencia pico actúa simultáneamente en toda la superficie de falla puede producir errores en el análisis. (Suárez Díaz, 1998, pág. 82)

#### ***Resistencia residual***

Es la resistencia al corte que posee el material después de haber ocurrido la falla (figura 3). Skempton (1964) observó que, en arcillas sobre

consolidadas, la resistencia calculada del análisis de deslizamientos después de ocurridos, correspondía al valor de la resistencia residual y recomendó utilizar para el cálculo de factores de seguridad, los valores de los parámetros obtenidos para la resistencia residual  $\phi_r$  y  $c_r$ . No obstante, en la resistencia residual es usualmente, muy parecido a la resistencia pico. Otro factor que determina las diferencias entre la resistencia pico y residual es la sensibilidad, la cual está relacionada con la perdida de resistencia por el remoldeo o la reorientación de las partículas de arcilla. (Suárez Díaz, 1998, pág. 83)

**Figura 3 Resistencias Pico y residual.**



Tomado. (Suárez Díaz, 1998, pág. 83).

#### **Permeabilidad de un suelo**

La publicación conforme el autor (Angelone Silvia, 2006) explica: "La permeabilidad de un suelo es la facultad con la que el agua pasa a través de los poros y que un material es permeable cuando contiene vacíos continuos, estos vacíos existen en todos los suelos, incluyendo las arcillas más compactas". En una masa de suelo los poros-canales en su sección transversal son muy delgados, torcidos y desiguales y son complicados en su subdivisión e intersección, que los estudios de flujo dentro del total de los poros individuales no podrían ser factibles. pero, estos inconvenientes de ingeniería que implican la filtración por medio del suelo, no es pertinente el flujo que ocurre en todos los poros. Por el contrario, el flujo que se desea conocer es el flujo combinado a través de todos los poros de un elemento cuyo volumen sea suficientemente

grande para dar una representación típica de toda la masa de suelo que se trate.

(Angelone Silvia, 2006, pág. 9)

La permeabilidad se ve afectada por diversos factores inherentes tanto al suelo como a características del fluido circulante. (Angelone Silvia, 2006, pág.

12) Los más importantes son:

- La porosidad.
- Relación de vacíos del suelo.
- Tortuosidad de los vacíos del suelo.
- Humedad del suelo.
- Estructuración del suelo.
- Viscosidad del fluido en movimiento
- Fuerzas de superficie.
- Temperatura del fluido y suelo

### **Erosión.**

La erosión hídrica es un fenómeno ocasionado por acción de fuerzas hidráulicas, las cuales actúan sobre las partículas de suelo produciendo su desprendimiento y posterior transporte (Suárez Díaz, 1998, pág. 263).

Implica un conjunto de procedimientos la erosión, en los cuales injieren considerablemente cantidad de elementos y por lo mismo se basan de cuatro variables fundamentales y son los siguientes:

Erosión = f (R.G. S.V) Dónde:

R = Factor que depende de la intensidad y cantidad de la lluvia.

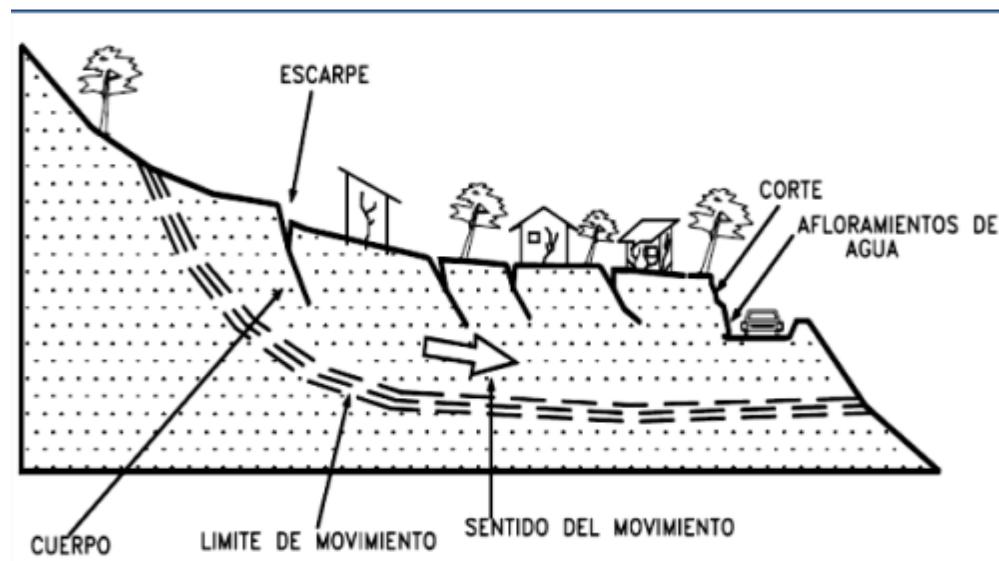
G = Factor que depende de la topografía del terreno y la Pendiente.

S = Factor que depende de las características químicas y físicas del suelo.

V = Factor que depende de los aspectos de la capa vegetal.

Sufren grandes daños por erosión las regiones con suelos bastante desgastadas, clima seco, pero con lluvias intensas casuales, pendiente alta, e intensos vientos.

**Figura 4** Procesos de erosión.



Tomado (Suárez Díaz, 1998).

Se presenta la erosión fluvial en las corrientes de agua (quebradas y ríos). La fuerza tractiva o fuerza de arrastre del agua supera la resistencia de los materiales, surgiendo procedimientos de debilitamiento de fondo y lateral. Dicho proceso desplaza aparte de limos y arcillas, materiales diversos como bloques, cantos, arenas y gravas, en modos de suspensión, acarreo de fondo, acarreo y disolución. Los cauces formados por erosión fluvial los volúmenes en desplazamiento son elevados. Según (Suárez Díaz, 1998, pág. 98), existen varios tipos de erosión; sin embargo, los que suelen suceder comúnmente en quebradas, son aquellos tipos que son generados por la escorrentía y la concentración de agua de las precipitaciones pluviales; así tenemos:

- Erosión en surcos.
- Erosión cárcavas.
- Erosión en lecho de agua (erosión con profundización y lateral).

La Erosión fluvial se muestra en la circulación de agua (ríos y quebradas).

Esfuerzo tangencial o fuerza tractiva del agua supera la resistencia de los materiales, generando procesos de socavación lateral y profundización. La erosión cárcava procede como lechos de acumulación y circulación de agua y depósitos. En dicho proceso en cárcava con cauce en tipo de "V" capta a los aledaños (surcos) y va convirtiendo su sección de una "V" aumentada a una sección forma "U". Las cárcavas son cauces o canales más extensos que los surcos que acarrean flujos acumuladas de agua después y durante las lluvias y van continuando o volviendo hacia arriba generando de una a más gradas o cambios de impacto de pendiente. Después de que se inicie la cárcava es complicado detener el proceso erosivo. Las zonas más vulnerables a erosión en cárcavas son estas en topografía de alta pendiente y capas de suelo de gran espesor. Los que recogen altas cifras de volumen de aguas de escurreimiento son las mesetas semi-planas y por otra parte poseen taludes de pendiente fuerte lateral quien muestra particular vulnerabilidad a la creación de cárcavas, principalmente las cárcavas anchas. Las áreas más afectadas por carcavamientos son aquellas que tienen suelos dispersivos o altamente erosionables. (Suárez Díaz, 1998, pág. 103) La Erosión En Cauces De Agua; basado en el investigador (Suárez Díaz, 1998): "se da debido a que la fuerza tractiva del agua en las corrientes y ríos produce una ampliación lateral de los cauces profundización y dinámica general de la corriente"

#### Factor de seguridad

Es un factor que indica las probabilidades de que talud falle en las cuales las condiciones son las peores, con el cuál se diseña el talud. Fellenius (1922) nos dice que el factor de seguridad es relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte que producen la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla.

El software Slide en el estudio de Estabilidad de Talud.

El programa Slide 6.0 un software, empleado para los estudios de estabilidad de taludes, cuenta con una herramienta muy beneficioso que nos proporciona ingresar diseños de CAD, por lo mismo es adaptable para producir los modelos a llevar a cabo el análisis de estabilidad, El software Slide desarrolla los estudios en 2D utilizando procedimientos para el cálculo de la estabilidad de equilibrio límite. Su campo de ejecución en obra civil y minería son tan diversos, que nos permite determinar infinidad de problemas geotécnicas, entre ellos tenemos efectos de cargas externas, presas, taludes en excavaciones mineras o en construcciones, estabilidad de terraplenes, eficiencia de elementos de refuerzo, sísmicas, etc. Asimismo, es capaz en determinar en taludes de rocas y suelos la estabilidad de falla no circular y circular. El software Slide 6.0, utiliza procedimientos de equilibrio límite con rodajas verticales examinando la estabilidad en zonas de desprendimientos. Evalúa áreas de desprendimientos aislados o los procedimientos pueden ser utilizados para identificar y ubicar la zona critica de deslizamiento en caso de presentarse un talud. El sistema de evaluación que utiliza el programa son GLE /Morgenstern-Price, Bishop, Spencer, Janbu y diversos sistemas de estudios. La relevancia de usar este software es que actualmente hay un aumento progresivo de diversos softwares de modelización geotécnica en forma global, y lo mismo en referencia a la estabilidad de taludes. Aunque, no todos los programas se consideran con la aptitud de fiabilidad y cálculo de Slide. El que más resalta, dentro de otros softwares del mercado, es el programa ya mencionado previamente. por su versatilidad muy perceptivo, por su diversidad de capacidad que los menús de análisis proporcionan y por una interface transparente y simple.

## 2.3. Definición de términos básicos

- **Geomorfología**

Brusden (2002) define la geomorfología como el estudio de las formas de la superficie de la tierra, su origen, los procesos relacionados con su desarrollo y las propiedades de los materiales, con lo cual se puede predecir el comportamiento y el futuro estado (pág. 40).

- **Talud:**

Jaime Suarez (2012) menciona que un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura (pág. 03).

- **Deslizamiento:**

Cruden (1991) indica que los deslizamientos consisten en “movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud”.

- **Ensayos de laboratorio**

Cornforth (2005) indica para obtener los parámetros de resistencia al cortante, se pueden realizar ensayos de resistencia de laboratorio. Los ensayos de laboratorio más comunes para el análisis de estabilidad de taludes, son los ensayos de compresión triaxial y de corte directo (pág. 90).

- **Ensayos de corte directo**

Jaime Suarez (2012) En el ensayo de corte directo en caja, se coloca una muestra dentro de una caja de forma rectangular, cuadrada o circular, partida por la mitad. Para realizar el ensayo, una de las dos mitades se mueve con respecto a la otra mitad y el suelo se rompe a lo largo del plano entre los dos elementos de la caja. Es el ensayo más común para obtener la resistencia de los suelos en los estudios de deslizamientos (pág. 96).

- **Cohesión:**

Jaime Suarez (2012) La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en la mecánica de

suelos, es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación entre las partículas, mientras que en la física (pág. 77).

- **Angulo de fricción:**

Jaime Suarez (2012) El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento (pág. 76), se obtiene en ensayos triaxiales o de corte directo no saturados (Huat y otros, 2005).

## 2.4. Formulación de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

Los parámetros de resistencia del suelo influyen en el origen deslizamientos de taludes, en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay.

### 2.4.2. Hipótesis específica

- a. La obtención de los parámetros de resistencia: ángulo de fricción interna y cohesión del suelo influyen en la estabilidad de los taludes en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022, la reconformación a partir del modelamiento para la determinación y posterior inclinación de los taludes para su estabilidad natural.
- b. El cálculo del Factor de seguridad determina si el talud es inestable o estable en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022.

## 2.5. Identificación de Variables

### 2.5.1. Variable Independiente

Los parámetros de resistencia del suelo:

- Angulo de fricción interna.
- Cohesión del suelo

### 2.5.2. Variable dependiente

El origen de los deslizamientos de taludes, en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay.

### 2.5.3. Variable Interviniente

- Litología
- Porcentaje de finos

## 2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

**Tabla 1** Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador
<b>Independiente:</b> Los parámetros de resistencia. - ángulo de fricción interna - cohesión del suelo.	Son parámetros mecánicos que determinan la resistencia de un suelo al corte. Breña. C (2019).  Fase de estudio recolección de muestras geotécnicas para el reconocimiento de los materiales (suelos, rocas). Fuente propia.	Son las caracterizaciones mediante análisis de suelos a través de muestras y cálculos (Ensayos de corte directo – Referencia ASTM D3080-1972 -- 2004), es el diseño de los taludes mediante levantamientos topográficos, posterior modelamiento geotécnico con el software geotécnicos (slide V6), para su diseño de taludes y sentido de inclinación de la misma.	Ángulo de fricción (°)  Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	FS. mayor a 1
<b>Dependiente:</b> El origen de los deslizamientos de taludes, en el tramo Km 81+690 - Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca,	Proceso que ocurre cuando las fuerzas que producen movimiento cuesta abajo en una ladera son mayores a las fuerzas de	La caracterización dependerá del modelamiento geotécnico para su estabilidad natural del talud	Parámetros físicos mecánicas de los taludes (suelos).	Deslizamientos, derrumbes. Altura de los taludes.

tramo Canta-Huayllay.	resistencia de un suelo.			
-----------------------	--------------------------	--	--	--

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Es una investigación del tipo de Técnico Aplicativo, por la forma como se utilizó la investigación se utilizó la búsqueda de información, luego se adquiere el conocimiento, y luego se puede actuar, construir y modificar. Todo esto se realizó en base a los parámetros de resistencia. Las conclusiones a los que se arriba en esta investigación fueron aplicadas en forma inmediata.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Descriptivo - correlacional

#### **3.3. Método de Investigación**

En la investigación se utilizó el método descriptivo-correlacional, con el objetivo de realizar un programa de trabajo que consiste en la recopilación de información, evaluación y observación en campo, describir los taludes, ensayos de muestra en laboratorio y trabajo de gabinete (modelamiento de taludes), con los resultados de cohesión y ángulo de fricción interna.

El objetivo principal de la investigación descriptiva es crear una instantánea de la situación actual, mientras que la investigación correlacional ayuda a comparar dos o más entidades o variables.

### **3.4. Diseño de la Investigación**

Este diseño de la Investigación es del tipo descriptivo, el cual se realizó siguiendo un programa de trabajo persistente en la recopilación de información, evaluaciones de campo, ensayos de laboratorio y trabajo de gabinete respectivamente para la reconformación e inclinación de los taludes.

### **3.5. Población y Muestra**

#### **3.5.1. Población:**

La población está representada por cinco taludes que se exponen en el trayecto del corredor vial.

#### **3.5.2. Muestra**

Son cinco (5) muestras obtenidas de los taludes que se encuentran en el tramo Km 81+690 al Km 83+460 del corredor Vial Lima – Cochamarca, tramo Canta- Huayllay - 2022.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La metodología aplicada está relacionada al procedimiento de la toma de datos insi-tu. Estos incluyen la recolección bibliográfica, toma de datos en campo, muestreo, resultados e interpretación.

#### **3.6.1. Técnicas**

Se comprende por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de recabar los datos o información.

#### **Recolección y Análisis de Datos Existentes**

Para la recopilación de la información se utilizó los siguientes instrumentos:

- Fuentes de información académica comprendiendo medios bibliográficos y electrónicos.
- Inspección de campo.

- Inspección visual: se evaluó la zona del proyecto para realizar las calicatas y posteriores ensayos en laboratorio.
- Inspección de campo: se realizó las siguientes calicatas.
  - ✓ Recolección de cinco (5) muestras representativas o exploración geotécnica para su ejecución de los ensayos de laboratorio que fueron remitidas al laboratorio de mecánica de suelos.
  - ✓ El equipo técnico para la extracción de muestras fue fundamental para adquirir información geológica de los diferentes taludes.

➤ Ensayos de laboratorio

Con las muestras obtenidas en campo, posterior a la inspección de campo se realizó los ensayos de laboratorio en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA – Laboratorio N° 2 Mecánica de Suelos.

Ensayos estándar: clasificación de suelos y propiedades físicas que consistió en: análisis granulométrico por tamizado de atterberg (líquido y plástico), contenido de humedad. Los ensayos se realizaron según las normas de la American Society For Testing and Materials (ASTM), las normas para estos ensayos fueron las siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado – referencia ASTM D6913/D6913M.
- Límite de consistencia ASTM D4318.
- Clasificación SUCS ASTM D2487.
- Ensayos de corte directo – referencia ASTM D3080.
- Ensayos de Proctor estándar – referencia ASTM D 698

Todos estos ensayos se realizaron con la finalidad de obtener los resultados de:

- Angulo de fricción.
- Cohesión.

### **3.6.2. Los instrumentos**

- Libreta de campo.
- GPS.
- Picota geológica.
- Guía documental.
- Planos topográficos y secciones transversales.
- Cámara fotográfica.

## **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

### **Técnicas**

Se analizaron los reportes de la toma de datos en campo y los resultados del laboratorio de mecánica de suelos para su procesamiento y posterior modelamiento de taludes.

La técnica para el procesamiento de datos comprende la entrada, el proceso y la salida. Ya teniendo considerado los datos topográficos, 5 muestras representativas de los taludes entre los tramos comprendidos del km 81+690 al km 83+460, resultados de los ensayos de corte directo de las muestras de los taludes, para luego seleccionar el software geotécnico adecuado (slide V6), procesarlo y finalmente presentar los modelamientos con la adecuada inclinación de taludes, tablas y figuras.

## **3.8. Tratamiento estadístico**

Para describir la investigación se utilizó la técnica de la estadística descriptiva que implica la recolección de información, el orden y su clasificación teniendo en consideración los objetivos de la investigación. Luego de ello, se realizará la descripción de los hallazgos a fin de que se explique con tablas y figuras.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

La publicación de este proyecto de investigación ayuda a garantizar un componente esencial en el desarrollo de conocimientos, es un reflejo de trabajo del autor en este proyecto de investigación que respeta la propiedad intelectual de los autores y de las instituciones que la respaldan, fue necesario contar con autores reconocidos tanto internacionales y nacionales que permitieron tener un respaldo teórico. Por eso fue fundamental citar a cada autor cuyas ideas contribuyeron con el trabajo de este estudio.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Ubicación**

La zona investigada se encuentra en la provincia de Junín entre las siguientes coordenadas:

Zona UTM:18L

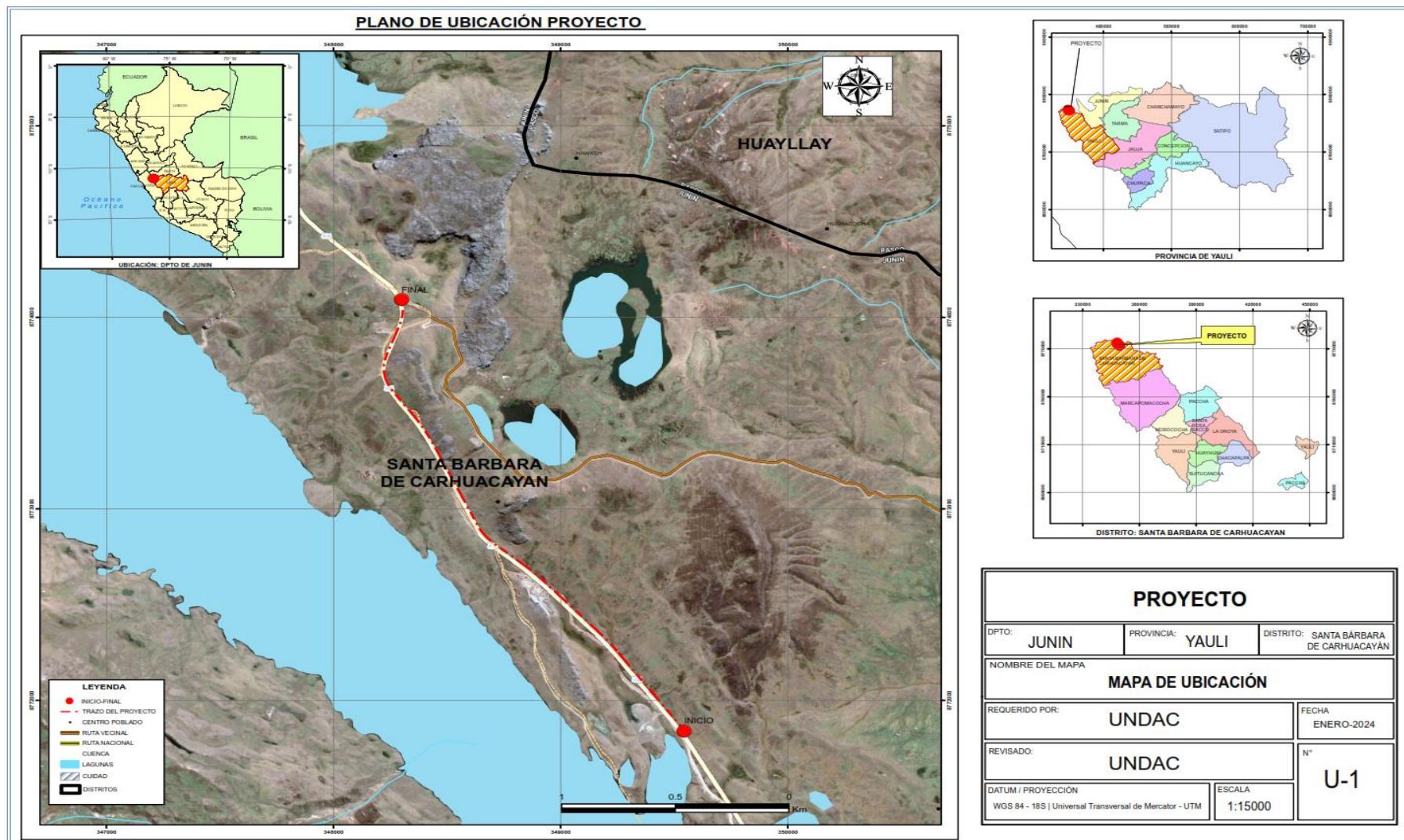
Inicio KM 81+790 Este: 349788m,

Norte: 8771278m, Altitud: 4499 m.s.n.m,

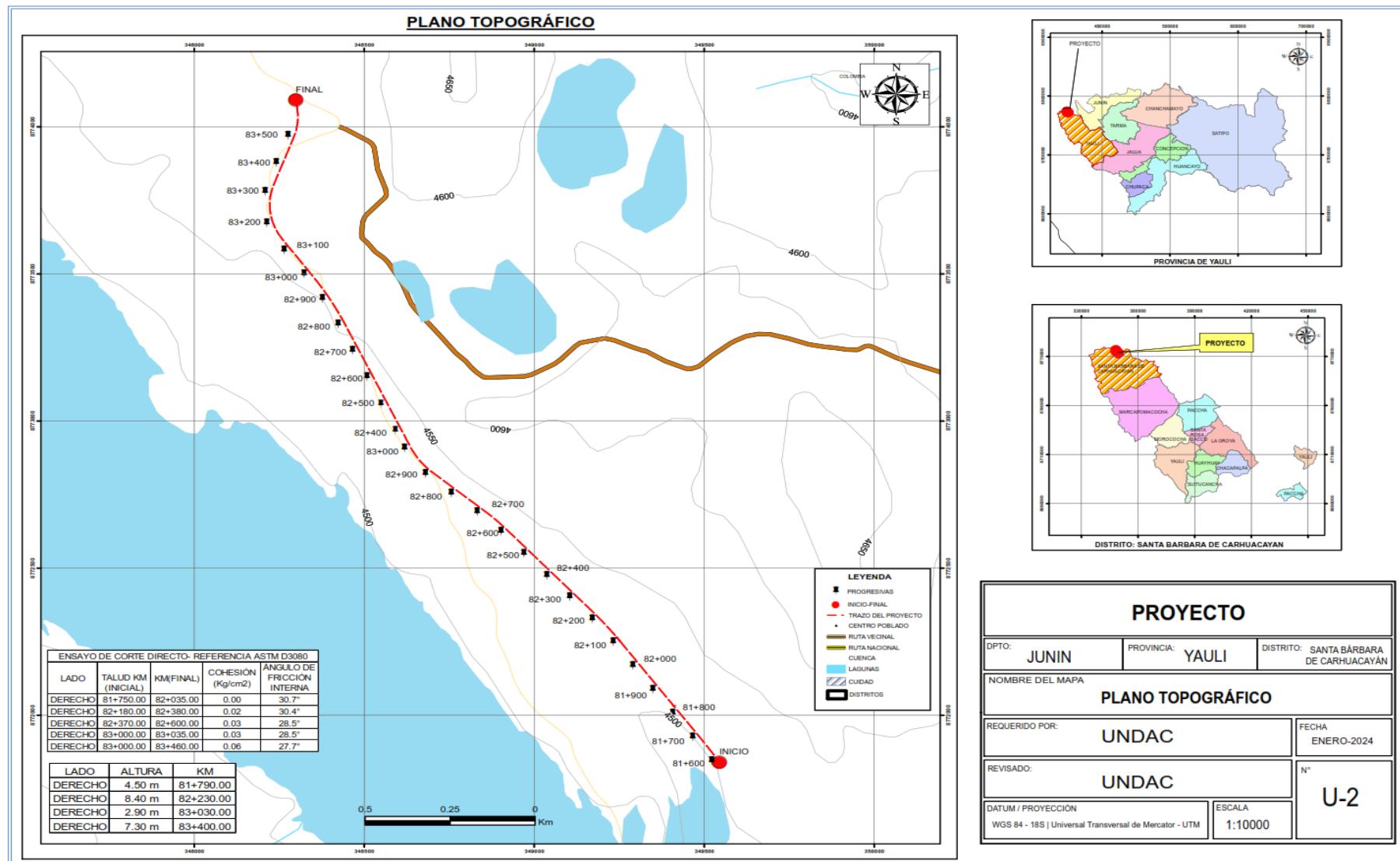
Final KM 83+430 Este:348356m,

Norte: 8774016, Altitud:4575 m.s.n.m.

**Figura 5 Plano de Ubicación del Proyecto.**



**Figura 6 Plano Topográfico del Proyecto.**

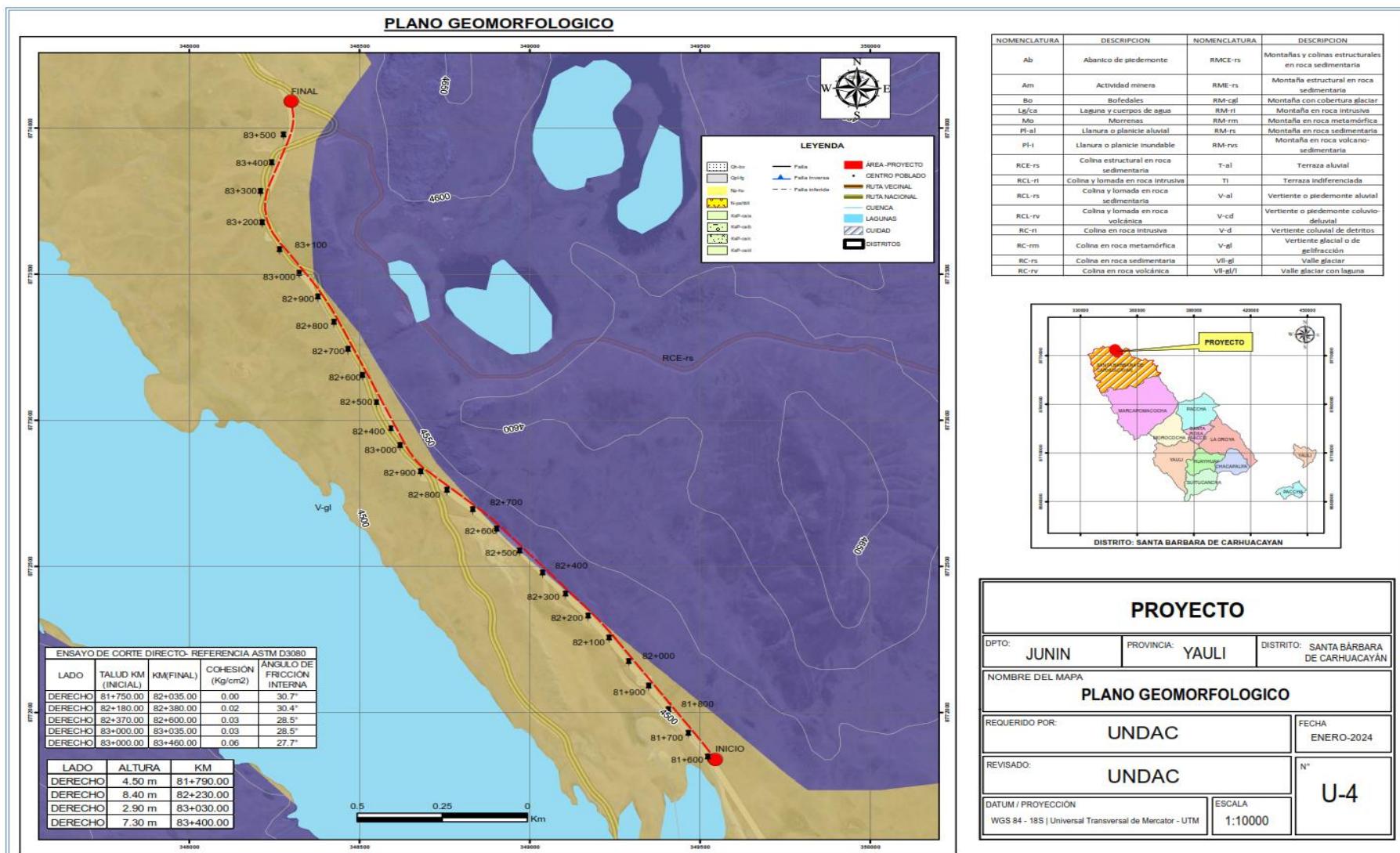


#### **4.1.2. Geomorfología**

La zona se encuentra en el límite de los dominios geomorfológicos definidos por la acción de los fenómenos erosivos sobre material de diferente litología y configuración estructural. Así, por un lado, se define la unidad geomorfológica y estructural ocupada por sedimentos volcánicos fundamentalmente cenozoico (a los que pertenece la litología de los materiales sueltos que se presentan).

- V-g-f depósitos glacial-fluvial
- RCE-RS-depósitos sedimentarios en rocas sedimentarias.

**Figura 7 Plano Geomorfológico del lugar de investigación**



#### **4.1.3. Geología**

De acuerdo al mapa geológico de escala 1:100.000 y reconocimiento insit, la zona se caracteriza por la presencia de las unidades geológicas que se describen a continuación:

- **Mesozoico**

##### **Formación Jumasha (Ks-J) Cretácico superior.**

La Formación Jumasha es una unidad litoestratigráfica principalmente calcárea formada durante el Albiano - Turoniano (110 - 90 Ma aproximadamente), se extiende ampliamente en la cordillera occidental del centro del Perú entre Ancash y el norte de Huancavelica, fue definida por McLauhglin (1924) en el poblado de Jumasha y en la laguna Purún (Pasco) y estudiada por diversos autores (Romani, 1982; Jaillard, 1986 y Bussel et al., 1990; entre otros) ya que es un importante metalotecto que alberga depósitos polimetálicos de Au, Ag, Cu, Zn entre otros. Los trabajos de actualización de la Carta Geológica Nacional a escala 1:50,000 en el cuadrángulo de Matucana 24k, permitieron caracterizar y dividir a la Formación Jumasha en cuatro miembros esto se logró gracias al levantamiento de columnas estratigráficas detalladas en la Laguna Lacsacocha (NE de la hoja 24k2 de Matucana).

En la zona en estudio se encuentran infrayaciendo a la Formación Casapalca. Muchas veces no aflora.

##### **Formación Casapalca (ksP-C)**

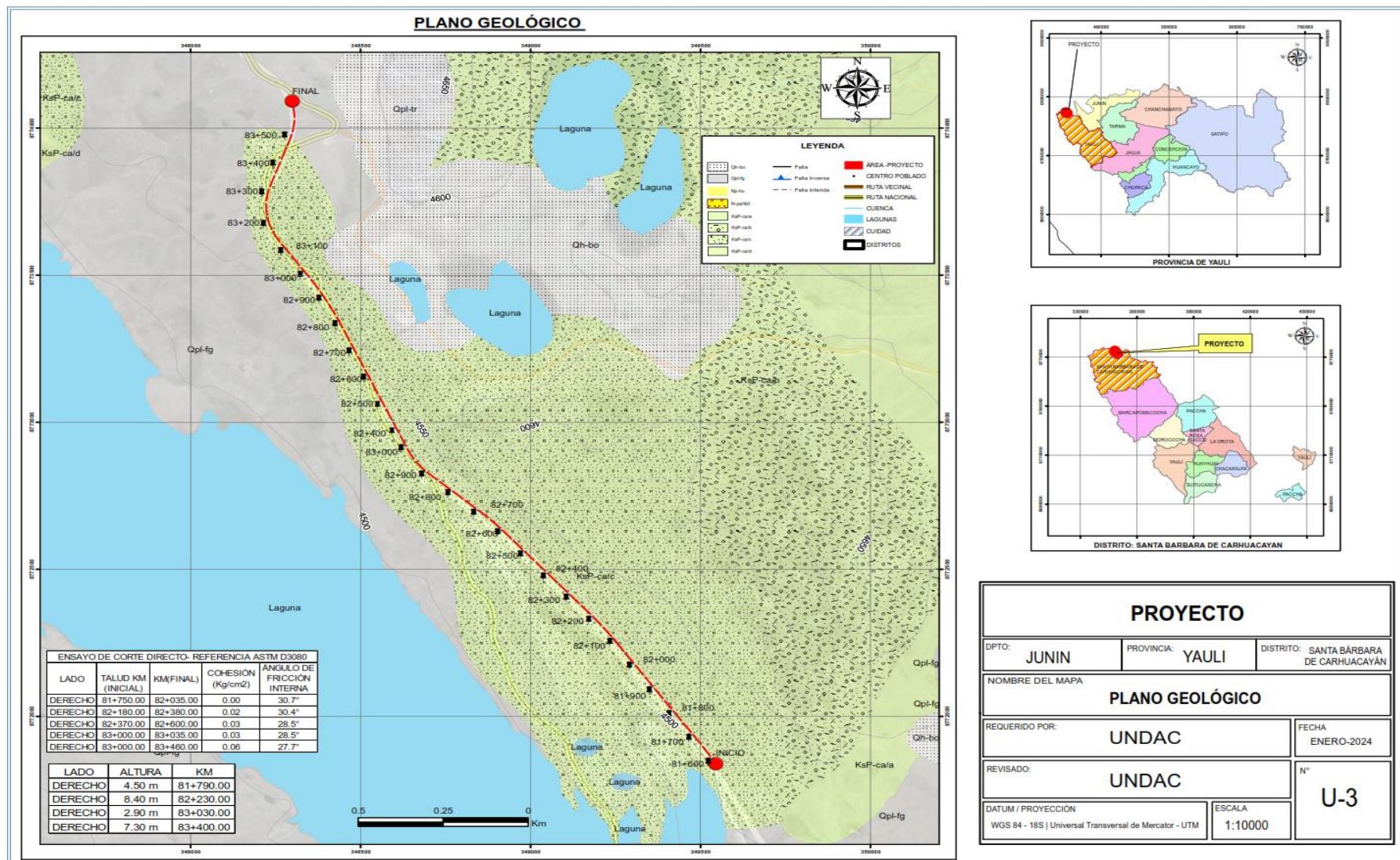
Se le ha dividido en cuatro miembros: A, B, C y D, de acuerdo a la similitud de sus facies estratigráficas. Así se tiene: Miembro A, corresponde a la base de la formación, cubre discordantemente e indistintamente a las formaciones Celendín (Ks-ce) y Jumasha (Ks-ju), consiste de intercalaciones de areniscas finas con laminación cruzada, limonitas, iodolitas, lutitas de coloraciones rojizas, algunos horizontes de

conglomerados y lentes calcáreos. Se le puede correlacionar con el denominado miembro Cacuán, que aflora en Cerro de Pasco (ÁNGELES, 1999). Miembro B, constituido esencialmente por conglomerados polimícticos (calizas, areniscas cuarzosas) en matriz calcárea, así mismo se reconocen algunos horizontes pelíticos rojizos. Correlacionable con el miembro Shuco de Cerro de Pasco (ÁNGELES, C., 1999; COBBING, E.J. et al., 1996). Miembro C, constituido esencialmente por horizontes de calizas micríticas con nódulos de chert, subordinadamente horizontes de pelitas. Correlacionable con el miembro Calera de Cerro de Pasco (ÁNGELES, C., 1999; COBBING , E.J. et al., 1996). Miembro D, Es la que aflora en la zona en estudio, y son intercalaciones de pelitas rojo violáceas, areniscas conglomerádicas, horizontes conglomerádicos polimícticos y lentes calcáreos.

- **Cenozoico**

**Depósitos glacial - aluviales (Qh-al)** Es un depósito glaciofluvial, recientemente formados de arena, limoarcillas, material residual no consolidado diferente composición mismos que esta se encuentra sobre la formación Jumasha o en otros sectores en contacto con la formación Jumasha.

**Figura 8** Plano Geológico del lugar de investigación.



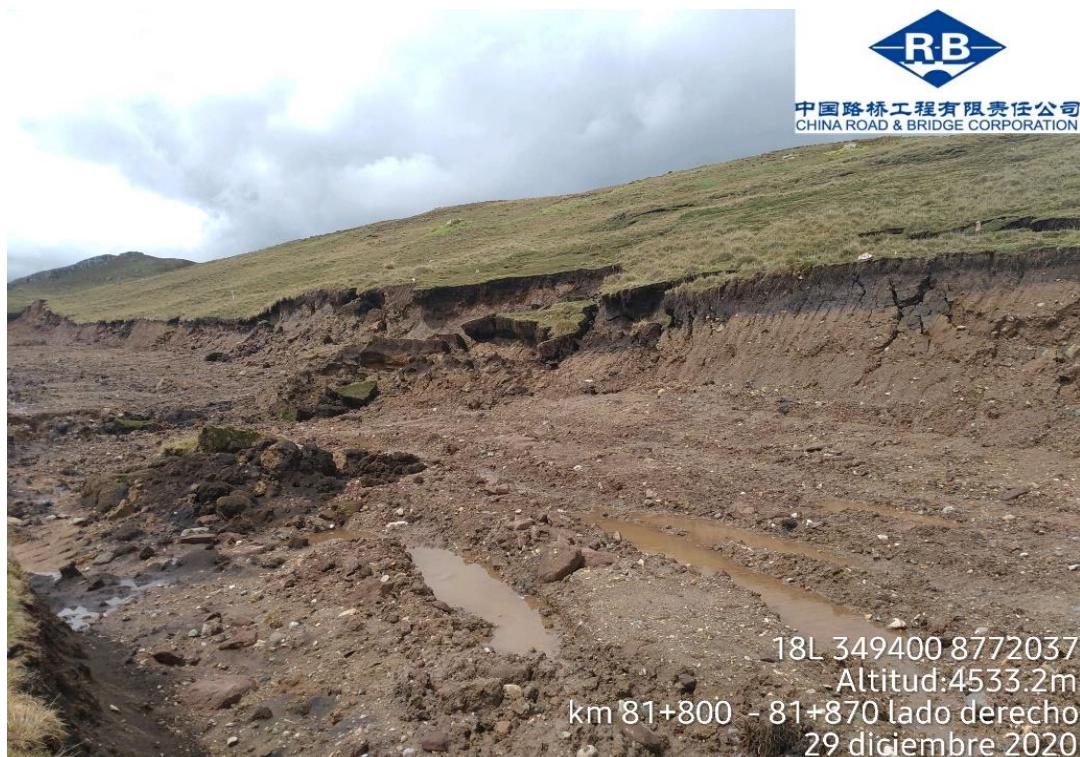
## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### Toma de Datos Geotécnicos – Etapa trabajos de campo

#### 4.2.1. Perfil Geotécnico

En la zona de estudio se identificaron los perfiles estratigráficos en los taludes inestables, las cuales se pueden corroborar en las imágenes de trabajo de campo mediante las ejecuciones de exploraciones geotécnicas.

**Figura 9** Talud 1: km 81+750 - 82+035 lado derecho (vista Canta – Huayllay)



*Nota.* Fotografía tomada insitu de los deslizamientos de taludes corresponde al talud 1.

Tomado, Elaboración propia

Los estratos del perfil tienen la siguiente descripción:

Estrato 1:

De 0,00 a 0:1.50 m, están compuestos de suelos de tipo glacio-fluvial y material orgánico, de una consistencia suelta de alta plasticidad, con un 2% de bolos, con 15% de arenas y 65% de limos y 5% de arcillas, las partículas son subangulosas.

Estrato 2:

1,50 – indeterminado: Suelo residual compuesto de partículas rocosas de areniscas rojas y calizas grises, con un 5% de bolos, 45% de arenas y 40% de limos y 5% de arcillas, clasificados como roca suelta, se observa de manera puntual y en menor volumen.

**Figura 10** Talud 2: km 82+180 – 82+380 lado derecho (vista Canta – Huayllay).



Nota. Fotografía tomada insitu de los deslizamientos de taludes corresponde al talud 2.

Tomado, Elaboración propia

Los estratos del perfil tienen la siguiente descripción:

Estrato 1:

De 0,00 a 0:1.20 m, están compuestos de suelos de tipo glacio-fluvial y material orgánico, de una consistencia suelta de alta plasticidad, con un 5% de bolos, con 20% de arenas y 70% de limos y 5% de arcillas, las partículas son subangulosas a angulosas.

Estrato 2:

1,20 – indeterminado: Suelo residual compuesto de partículas rocosas de areniscas rojas y calizas grises, con un 2% de bolos, 40% de arenas y 45 %

de limos y 5% de arcillas, clasificados como roca suelta, se observa de manera puntual y en menor volumen.

**Figura 11 Talud 3: km 82+370 – 82+600 lado derecho (vista Canta – Huayllay).**



*Nota.* Fotografía tomada insitu de los deslizamientos de taludes corresponde al talud 3.

Tomado, Elaboración propia

Los estratos del perfil tienen la siguiente descripción:

Estrato 1:

De 0,00 a 0:1,80 m, están compuestos de suelos de tipo glacio-fluvial y material orgánico, de una consistencia suelta de alta plasticidad, con un 10% de bolos, con 20% de arenas y 55 % de limos y 5% de arcillas. las partículas son subangulosas.

Estrato 2:

1,80 – indeterminado: Suelo residual compuesto de partículas rocosas de areniscas rojas y calizas grises, con un 8% de bolos, 50% de arenas y 30%

de limos y 5% de arcillas, clasificados como roca suelta, se observa de manera puntual y en menor volumen.

**Figura 12** Talud 4: km 83+000 – 83+035 lado derecho (vista Canta – Huayllay).



Nota. Fotografía tomada insitu de los deslizamientos de taludes corresponde al talud 4.

Tomado, Elaboración propia

Los estratos del perfil tienen la siguiente descripción:

Estrato 1:

De 0,00 a 0:1.40 m, están compuestos de suelos de tipo glacio-fluvial y material orgánico, de una consistencia suelta de alta plasticidad, con un 4% de bolos, con 25% de arenas y 60% de limos y 5 % de arcillas las partículas son subangulosas.

Estrato 2:

1,40 – indeterminado: Suelo residual compuesto de partículas rocosas de areniscas rojas y calizas grises, con un 8% de bolos, 35% de arenas y 35%

de limos y 5% de arcillas, clasificados como roca suelta, se observa de manera puntual y en menor volumen.

**Figura 13** Talud 5: km 83+000 + 83+460 lado derecho (vista Canta – Huayllay)



Nota. Fotografía tomada insitu de los deslizamientos de taludes corresponde al talud 5.

Tomado, Elaboración propia

Los estratos del perfil tienen la siguiente descripción:

Estrato 1:

De 0,00 a 0:1.70 m, están compuestos de suelos de tipo glacio-fluvial y material orgánico, de una consistencia suelta de alta plasticidad, con un 3% de bolos, con 20% de arenas y 60% de limos y 5% de arcillas las partículas son subangulosas.

Estrato 2:

1,70 – indeterminado: Suelo residual compuesto de partículas rocosas de areniscas rojas y calizas grises, con un 9% de bolos, 55% de arenas y 25%

Limos y 5% de arcillas, clasificados como roca suelta, se observa de manera puntual y en menor volumen.

#### 4.2.2. Clasificación de Materiales en Corte

En el sector en estudio del Km. 81+690 al Km. 83+460 lado derecho, se clasificaron el material en porcentajes en la que se determina los siguientes, es de roca fija 20%, roca suelta 20% y 50% de material común, donde se verifica que predomina el material común o suelto. Que tiene relación a los perfiles mencionados anteriormente.

**Figura 14 Acta de clasificación de materiales de corte**

CLASIFICACION DE MATERIALES DE CORTE - 23/10/20				
Progresiva	(Km)	205.B1	205.B2	205.C
Incial	Final	% ROCA FIJA	% ROCA SUELTA	% MATERIAL COMUN
77+540.00	77+560.00	50%		50%
77+570.00	77+590.00	90%		10%
77+600.00	77+610.00	100%		
77+620.00	77+650.00	100%		
77+660.00	77+670.00	80%	20%	
77+680.00	78+000.00			100%
78+010.00	79+000.00			100%
79+010.00	79+820.00			100%
79+830.00	79+840.00		90%	10%
79+850.00	80+000.00			100%
80+010.00	80+670.00			100%
80+680.00	80+730.00		80%	20%
80+740.00	81+000.00			100%
81+010.00	81+020.00			100%
81+030.00	81+120.00		60%	40%
81+130.00	81+360.00			100%
81+370.00	81+510.00		10%	90%
81+520.00	81+930.00			100%
81+940.00	82+000.00		30%	70%
82+010.00	82+090.00		30%	70%
82+100.00	82+160.00			100%
82+170.00	82+390.00		70%	30%
82+400.00	82+740.00			100%
82+750.00	82+770.00		50%	50%
82+780.00	82+860.00		90%	10%
82+870.00	82+890.00		50%	50%
82+900.00	82+990.00		10%	90%
83+000.00	83+010.00		70%	30%
83+010.00	82+600.00		10%	90%
82+610.00	82+650.00			100%
82+660.00	82+710.00	70%	10%	20%
82+720.00	82+750.00			100%
82+760.00	82+790.00		90%	10%
82+800.00	82+810.00			100%
82+810.00	82+880.00		60%	40%
82+890.00	83+020.00			100%
83+030.00	83+220.00		40%	60%
83+230.00	83+320.00		20%	80%
83+330.00	83+430.00		90%	10%
83+440.00	83+480.00		20%	80%
83+490.00	84+000.00			100%
84+010.00	84+080.00			100%
84+090.00	84+190.00		80%	20%
84+200.00	84+320.00		20%	80%
84+330.00	84+360.00	60%	20%	20%
84+370.00	85+000.00			100%
85+010.00	85+230.00			100%
85+240.00	85+300.00	50%	30%	20%
85+310.00	85+510.00		40%	60%
85+320.00	85+610.00	20%	30%	50%
85+620.00	85+790.00		70%	30%
85+800.00	85+810.00	40%	30%	30%
85+820.00	85+870.00			100%
85+880.00	85+950.00	10%	40%	50%
85+960.00	86+000.00			100%
86+010.00	86+050.00			100%
86+060.00	86+150.00	80%	10%	10%
86+160.00	86+210.00			100%
86+220.00	86+250.00	80%	10%	10%

*Nota.* El acta de clasificación de materiales muestra en % materiales de corte existente que se tiene. Tomado. Elaboración propia

#### 4.2.3. Muestreo

Se realizaron la toma de 5 muestras en los taludes inestables.



El muestreo se realizó de la siguiente manera:

- Se identificó la zona de deslizamiento.
- Se sacó la muestra inalterada registrando la parte superior e inferior.
- Se envió la muestra al laboratorio, para realizar el ensayo de corte directo (ver planos anteriores).

#### 4.2.4. Resultados

##### Resultados de Laboratorio – ensayos de corte directo

Los ensayos de Corte Directo - ASTM D3080, realizados en la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Laboratorio N° 2 Mecánica de Suelos reportaron el siguiente resultado:

*Tabla 2 Resultados de los ensayos realizados. (ver anexo-estudio de suelos)59.*

RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO- REFERENCIA ASTM D3080					
LADO	TALUD Km (inicial)	TALUD Km (final)	COHESIO N (kg/cm2)	ANGULO DE FRICCION INTERNA	DE
DERECHO	81+750.00	82+03500	0.00	30.7°	
DERECHO	82+180.00	82+380.00	0.02	30.4°	
DERECHO	82+370.00	82+600.00	0.03	28.5°	
DERECHO	83+000.00	83+035.00	0.03	28.5°	
DERECHO	83+000.00	83+460.00	0.06	27.7°	

#### 4.2.5. Análisis de la Estabilidad de Taludes

En la zona de estudio se encuentran deslizamientos, con los datos de los suelos que constituyen el talud y para sustentar técnicamente la necesidad

de estabilizar los actuales cortes de talud, se ha procedido a analizar la estabilidad de taludes, utilizando el software geotécnico Slide V6.0,

Para iniciar con el análisis de estabilidad se procedió a realizar 04 secciones típicas ubicadas entre las progresivas del Km 81+750 al Km 83+460 en el lado derecho y que se ubican dentro de los tramos donde se realizaron la toma de muestras para realizar el ensayo de corte directo.

#### 4.2.6. Factor de Seguridad

Después de realizar la introducción de parámetros macroestructurales al Slide V6.0 para determinar su estabilidad física, los factores de seguridad (FS), determinado por el ensayo de resistencia al corte se arrojaron los siguientes resultados:

**Tabla 3** Análisis de estabilidad Con Factor de Seguridad menor a 1 (inestable).

LADO	ALTURA	Km.	H:V	FS
Derecho	4.5m	81+790.00	1:2	0.6
Derecho	8.4m	82+230.00	1.2	0.7
Derecho	2.9m	83+030.00	1:7	0.8
Derecho	7.3m	83+400.00	1:7	0.7

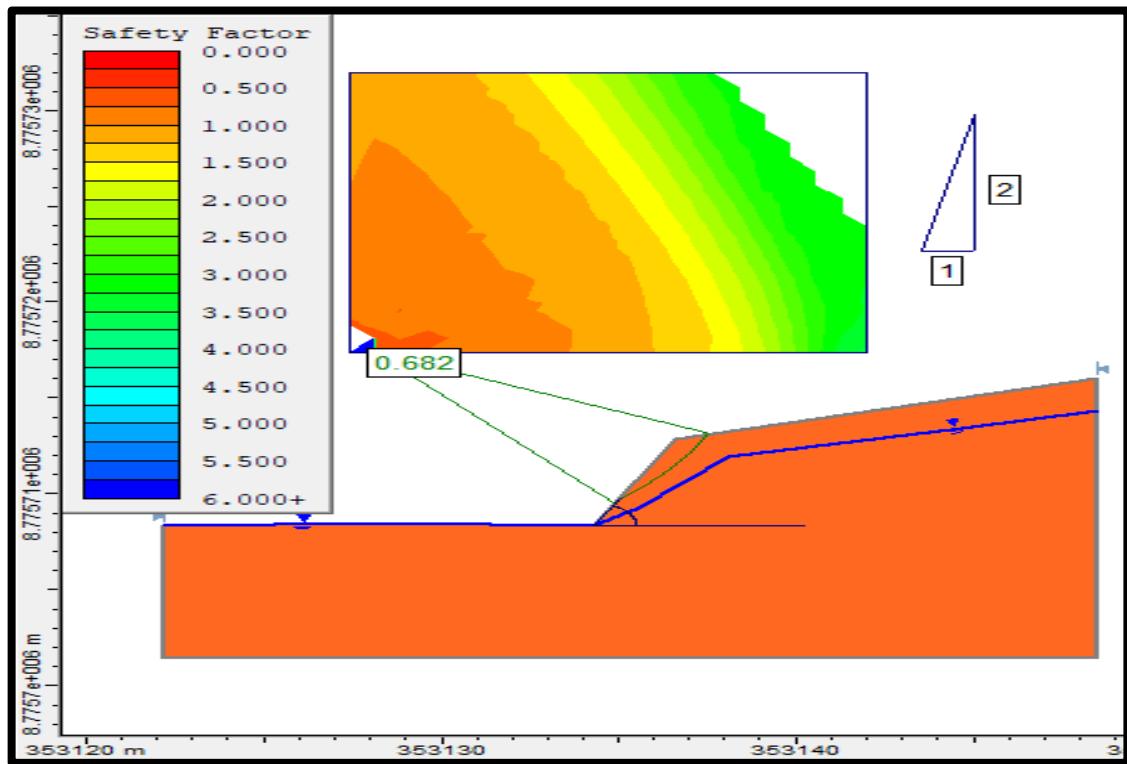
El Cuadro 03 es un resumen del análisis en Slide 6.0, donde se visualiza que la actual relación Horizontal: Vertical excavada en los taludes presentan un Factor de Seguridad inferior a uno FS<1, que concuerda con la inestabilidad de los taludes en la zona en estudio.

Los materiales de corte o suelos de los taludes tienen alta plasticidad, que al existir precipitaciones pluviales y ángulo de talud que no está de acuerdo al ángulo de fricción del suelo son los causantes de los deslizamientos que ocurren.

## Modelamiento análisis de estabilidad según expediente

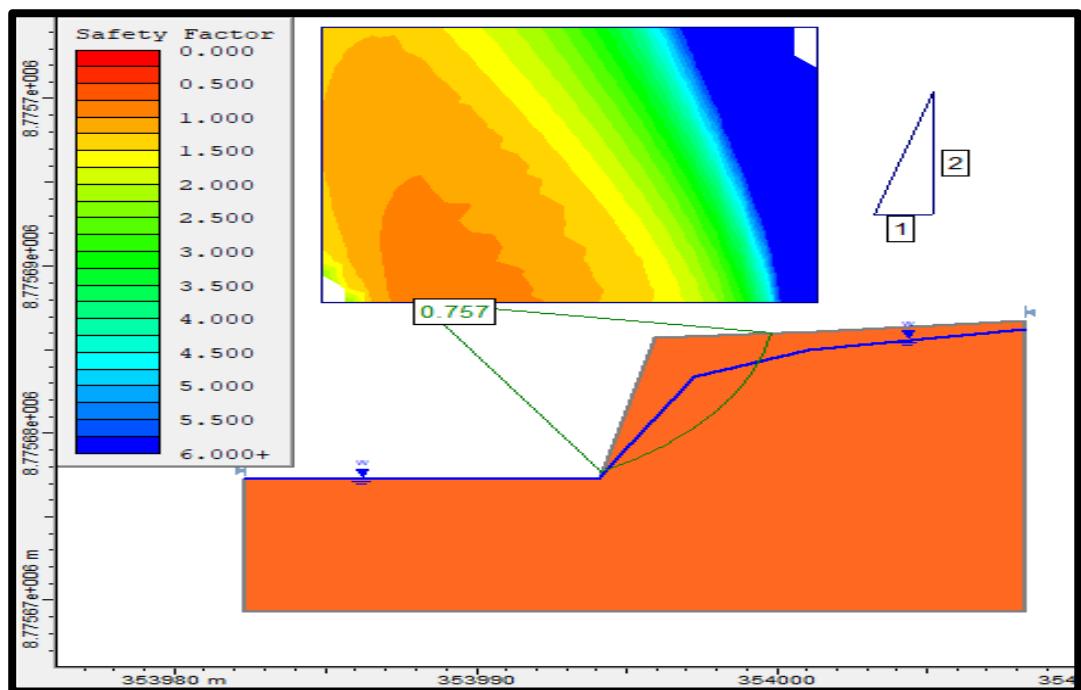
**Figura 15 Análisis de estabilidad / Expediente Técnico Km 81+790 – FS:0.6**

(Inestable)

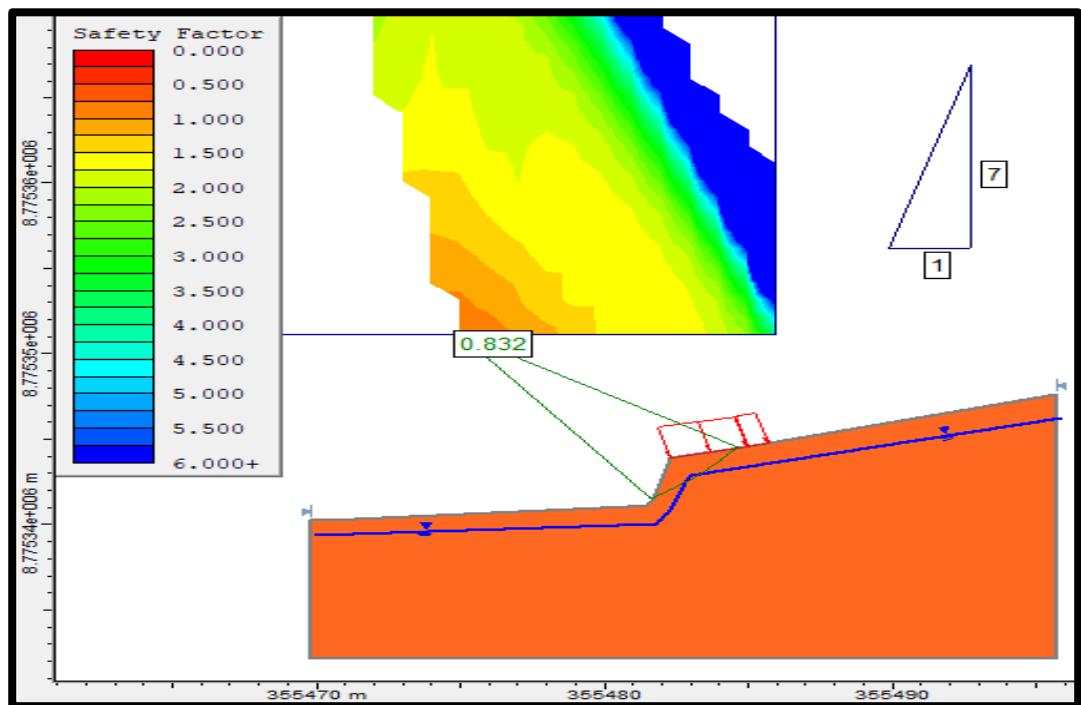


**Figura 16 Análisis de estabilidad / Expediente Técnico Km 82+230. FS:0.7**

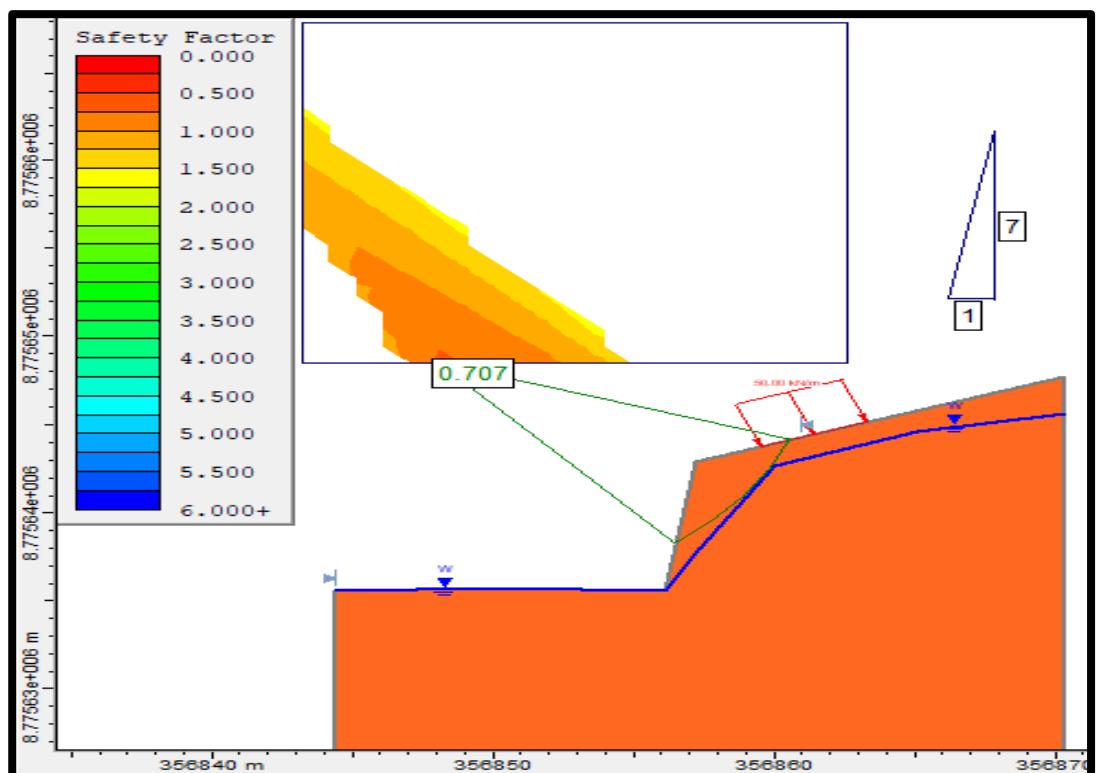
(Inestable).



**Figura 17** Análisis de estabilidad / Expediente Técnico Km 83+030. FS:0.8  
(Inestable)



**Figura 18** Análisis de estabilidad / Expediente Técnico Km 83+400. FS:0.7  
(Inestable)



## Modelamiento análisis de estabilidad H: V recomendado.

**Tabla 4 Factor de seguridad con relación de H:V**

LADO	Km.	H: V	FS
DERECHO	81+790.00	1.3:1	1.1
DERECHO	82+230.00	1.3:1	1.1
DERECHO	83+030.00	1.3:1	1.1
DERECHO	83+400.00	1.3:1	1.2

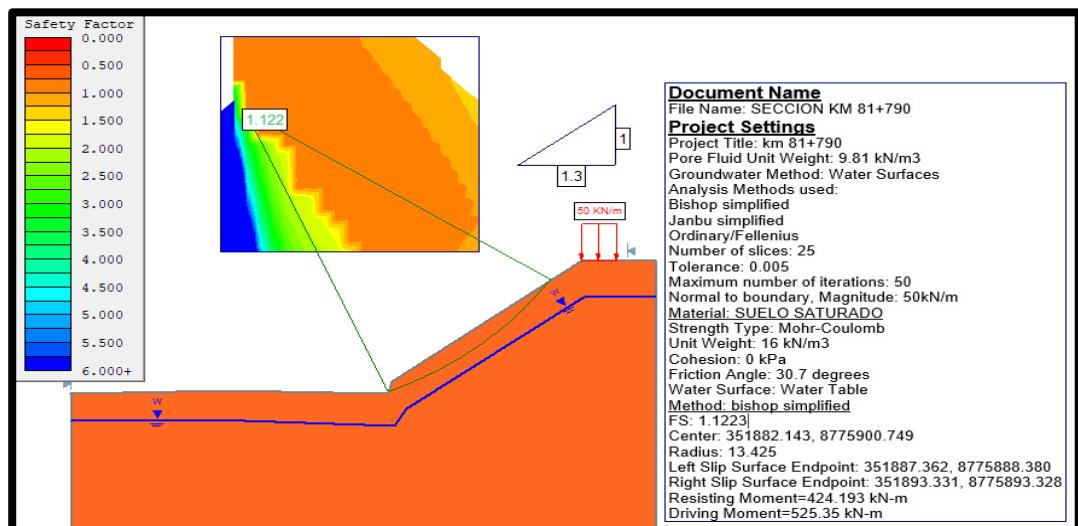
El Cuadro 04 muestra el resumen del análisis de la estabilidad de los taludes para una relación Horizontal: Vertical a 1.3:1 para alcanzar un factor de seguridad aceptable mayores a 1, que nos demuestra que el talud necesita mejoramiento, para alcanzar el factor de seguridad recomendado por el MTC.

### Condiciones de análisis

- ✓ En taludes inestables, considerar bancos de seguridad entre 5 a 7,0 m de altura;
- ✓ Condición estática (sin considerar la acción del sismo), Factor de Seguridad (FS = 1,3); y
- ✓ Condición sísmica (considerando la acción del sismo), Factor de Seguridad (FS = 1,0).

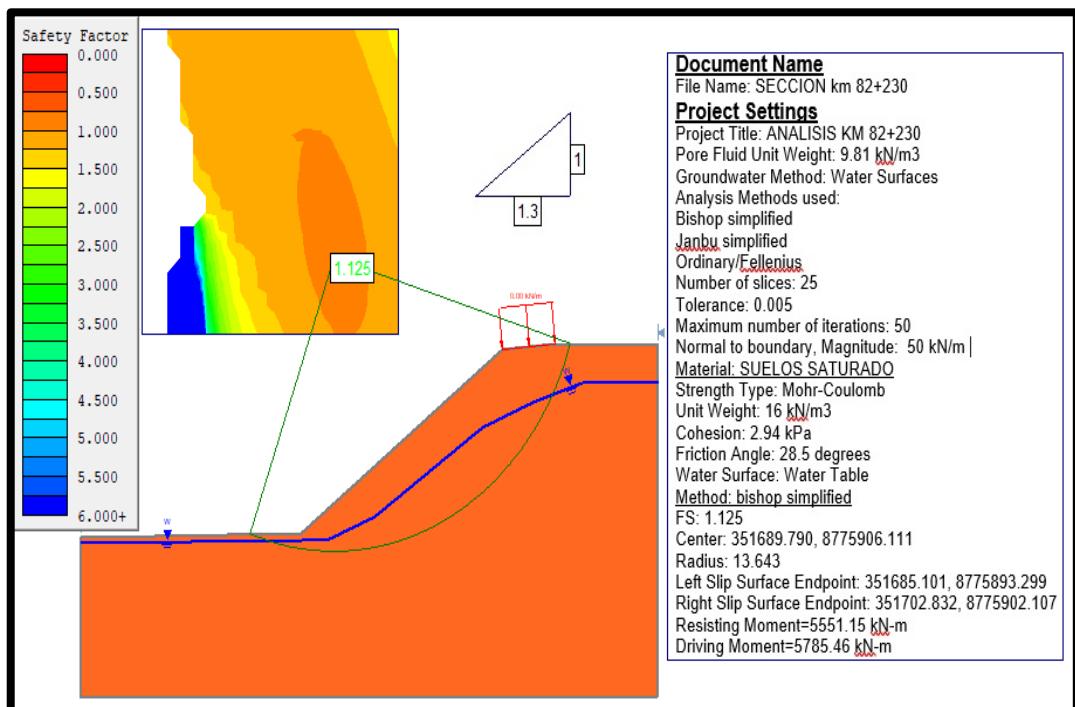
**Figura 19 Análisis de estabilidad Taludes Recomendado Km 81+790 – FS:1.1**

(Estable)



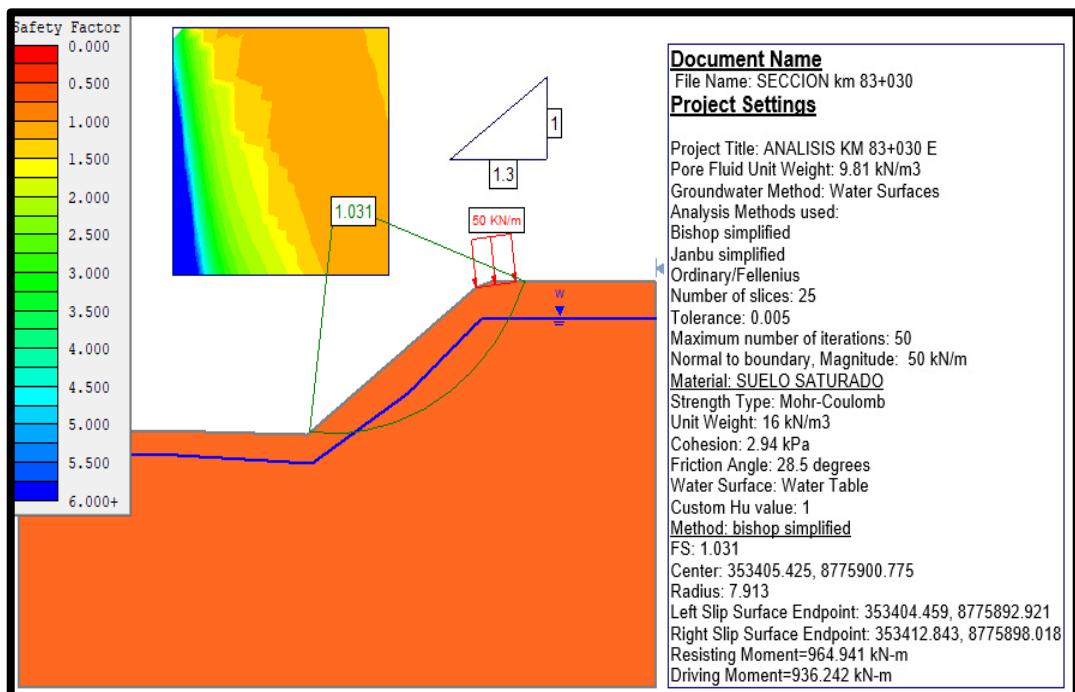
**Figura 20 Análisis para estabilidad de Taludes Recomendado Km 82+230.**

FS:1.1 (Estable)



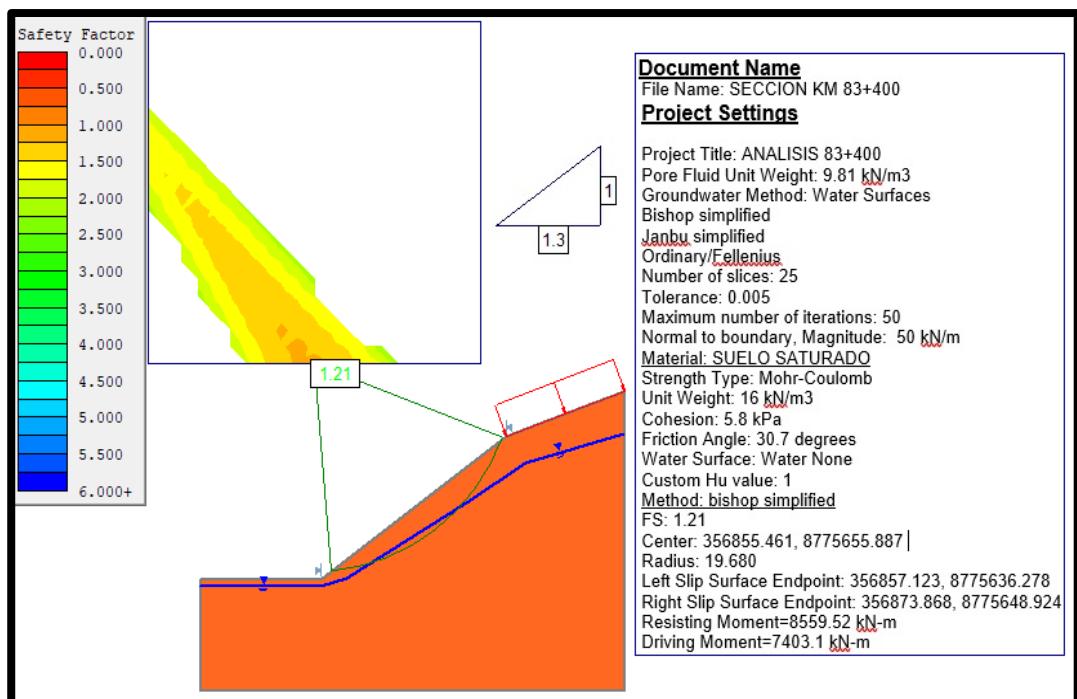
**Figura 21 Análisis de estabilidad de Taludes Recomendado Km 83+030.**

FS:1.1 (Estable)



**Figura 22 Análisis de estabilidad de Taludes Recomendado Km 83+400.**

FS:1.2 (Estable)



#### 4.2.7. Ángulo de Fricción y Cohesión de los Taludes a Estabilizar

Los resultados de los ensayos de corte directo para la obtención de la cohesión y ángulo de fricción interna, de los materiales o suelos constituyentes de los taludes se han correlacionado de acuerdo a la distancia y componentes similares que se observan en campo, valores que fueron alimentados al software Rocscience Slide 6.0 el cual procesa información que permitió precisar la relación H: V de 1.3:1 en los taludes.

**Tabla 5 Sectores a estabilizar.**

Lado	Km. (Inicial)	Km. (Final)	Cohesió n (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de fricción	Factor de seguridad	Talud Recomendad o (H: V)
Derecho	81+690.00	82+080.00	0.00	30.7°	0.6	1.3:1
Derecho	82+170.00	82+260.00	0.02	30.4°	0.7	1.3:1
Derecho	82+260.00	82+330.00	0.03	28.5°	0.8	1.3:1
Derecho	82+330.00	82+380.00	0.03	28.5°	0.8	1.3:1
Derecho	82+840.00	82+880.00	0.06	27.7°	0.7	1.3:1
Derecho	82+010.00	82+600.00	0.06	27.7°	0.7	1.3:1
Derecho	83+020.00	83+320.00	0.06	27.7°	0.7	1.3:1
Derecho	83+400.00	83+460.00	0.06	27.7°	0.7	1.3:1

Nota: La tabla 5 muestra los sectores potenciales de taludes inestables que requieren ser estabilizados de forma natural de acuerdo al ángulo de talud recomendado.

#### 4.3. Prueba de hipótesis

Se elaboró un estudio que consistió en la recolección de datos geológicos geotécnicos de la zona de estudio, se obtuvo resultados geotécnicos para la estabilización de taludes tales como:

Ángulo de fricción interna.

Cohesión de suelo.

Las cuales se utilizaron para su modelamiento geotécnico y posterior modificación de taludes, por lo tanto, se demuestra que se cumplió con la hipótesis planteada.

Con relación al ángulo de fricción y la cohesión en el origen de los deslizamientos de los taludes, podemos analizar de acuerdo a la tabla 6:

Para el tramo 81+690.00 al 82+080.00, los suelos no tienen cohesión y su ángulo de fricción es de 30.7° y el factor de seguridad es de 0,6, podemos verificar el material de granulometría gruesa sin material fino, posee un bajo Factor de seguridad.

La cohesión influye en el origen de los deslizamientos, cuando un suelo posee cohesión, las probabilidades de que ocurra un deslizamiento es mínima.

En el tramo 82+170.00 al 82+260.00 la cohesión del suelo es 0,02 y tiene un ángulo de fricción 30,4° se tiene un factor de seguridad de 0,7. El aumento de la cohesión en el suelo hace que se incremente el factor de seguridad.

Luego en el tramo 82+260.00 al 82+330.00, se tiene una cohesión de 0.03 y un ángulo de fricción de 28.5° con un factor de seguridad de 0.8, se puede verificar que, a pesar de disminuir el ángulo de fricción, aumenta el factor de seguridad, la cohesión proporciona elevar el factor de seguridad.

Para el tramo 83+400.00 al 83+460.00, se tiene una cohesión de 0.06 y un ángulo de fricción de 27. 7° que proporciona un factor de seguridad de 0.7, en este sector se puede comprobar que el ángulo de fricción contribuye a disminuir el factor de seguridad a pesar que la cohesión aumenta.

Según Suárez Díaz el ángulo de fricción depende de factores como tamaño y forma de las partículas del suelo y la cohesión depende de la humedad y del contenido de arcilla. En el estudio se comprueba que el material grueso tiene ángulo de fricción elevada que no necesariamente contribuye a tener un factor de seguridad satisfactorio, pues depende de otros factores que no se toman en cuenta al momento de ser calculados.

Se puede comprobar que la cohesión también contribuye a elevar o disminuir el factor de seguridad, a pesar de estar influenciado por otros factores que se mencionaron anteriormente.

Por lo tanto, podemos concluir que el ángulo de fricción y la cohesión son los valores que influyen en los deslizamientos de taludes, en el tramo de la zona en estudio, por lo que se afirma nuestra hipótesis planteada.

#### **4.4. Discusión de resultados**

De los resultados obtenidos con respectos a las 5 muestras tomadas en campo, según González. G. comprobó que el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) aumenta cuando la relación de vacíos ( $e$ ) disminuye y la densidad relativa aumenta, se puede decir que cuando más compactado se encuentra un suelo mayor será el ángulo de fricción, eso se comprueba en nuestro estudio porque los suelos se encuentran en un estado semi suelto, por lo tanto, el ángulo de fricción es menor y por lo tanto el factor de seguridad será menor y existirán altas probabilidades de que ocurra deslizamiento.

Asimismo, Huallpa D. menciona que los cambios de los parámetros de resistencia al corte por saturación del suelo, la erosión pluvial a la base de la ladera y la permeabilidad son elementos que permiten inestabilidad en una ladera, del mismo modo en nuestro estudio el ángulo de fricción y la cohesión son parámetros que influyen en la estabilidad de un talud.

Para la constatación de la investigación se manifiesta lo siguiente.

Con la determinación y caracterización geotécnica se obtuvo resultados reales en cuanto al laboratorio (ángulo de fricción interna y cohesión), posteriormente el modelamiento en gabinete.

Con el análisis de talud realizados en gabinete y campo, en estado natural se pudo determinar el factor de seguridad real, el factor de seguridad más crítico, de lo cual, con la nueva propuesta, modelamiento de estabilización de taludes se logra mejorar y pronosticar la probabilidad de no fallar los taludes más críticos identificados.

Se pudo verificar en los modelamientos un nuevo factor de seguridad de los taludes a estabilizar. Se puede concluir que si es posible establecer una relación de FS entre el talud natural y el talud estabilizada.

## CONCLUSIONES

1. Se obtuvieron los parámetros de resistencia del suelo de los taludes del tramo km 81+690 – km 83+460 del corredor vial Lima – Cochamarca, tramo Canta - Huayllay; para lo cual se ha considerado 5 muestras teniendo como resultado el ángulo de fricción interna y cohesión de las muestras:

Tabla 6 N° de muestras tomadas, resultados de ensayos

RESUMEN MUESTRAS Y RESULTADOS DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO- REFERENCIA ASTM D3080					
LADO	Nº MUESTRAS	TALUD	TALUD	COHESION (kg/cm2)	ANGULO DE FRICTION INTERNA
		Km (inicial)	Km (final)		
DERECHO	M - 1	81+750.00	82+03500	0.00	30.7°
DERECHO	M - 2	82+180.00	82+380.00	0.02	30.4°
DERECHO	M - 3	82+370.00	82+600.00	0.03	28.5°
DERECHO	M - 4	83+000.00	83+035.00	0.03	28.5°
DERECHO	M - 5	83+000.00	83+460.00	0.06	27.7°

2. Se cuantifico la estabilidad de taludes, los resultados de los ENSAYOS DE CORTE DIRECTO, cohesión, ángulos de fricción interna en el software Slide V6, teniendo como resultado que los taludes son inestables porque tienes un FS menos a 1, se propone modificar la relación Horizontal / Vertical de Expediente Técnico al talud recomendado H: V; 1.3:1 para estabilizar toda la zona afectada con un talud estable y evite la presencia o existencia de futuros derrumbes sobre la plataforma.
3. La inclinación del talud recomendado H: V; 1:3.1, a partir de los resultados de cohesión y ángulo de fricción interna aumenta el FS, a mayor de 1, estableciéndose que el talud es estable, asegurara la estabilidad del talud en toda la zona de estudio que corresponde en el tramo Km 81+690 - Km 83+460.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda mejorar la relación H: V a 1:1.3 de los taludes para que alcancen su estabilidad.
2. Los suelos a utilizarse para el mejoramiento serán los mismos.
3. Se recomienda realizar el mejoramiento en los taludes que tengan la misma composición y consistencia en similares zonas.
4. El mejoramiento debe ser efectuado por un profesional que reúna la experiencia necesaria en mejoramientos de taludes.
5. Se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas necesarias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, I. y otros (2008) *Inestabilidad de laderas. Grupo de Trabajo MILADERA, Centro Nacional de Prevención de Desastres.* México.
- ALVA, J. (s/f) *Soluciones Geotécnicas en Estabilidad de Taludes* (Disponible en [http://www.cismid.uni.edu.pe/labgeo30\\_p](http://www.cismid.uni.edu.pe/labgeo30_p))
- Angelone, S. y otros. (2006) *Permeabilidad de suelos.* Universidad del Rosario. Argentina.
- Gallardo, R. y otros. (2013) *Investigación Geotécnica para la estabilización de las laderas del Barrio San Fermín, municipio de Ocaña, departamento de Norte de Santander Colombia.*
- Gonzales de Vallejo L y otros. (2004). *Ingeniería Geológica.* Prentice Hall.
- Gonzalez de vallejo L. (2002) *Ingeniería Geológica, Parte II Aplicaciones, Capítulo 9. Taludes, 9.5. Análisis de Estabilidad,* págs. 447 – 456. Madrid.
- González, G. y otros (2014) *Determinación del parámetro de resistencia, ángulo de fricción Interna ( $\emptyset$ ) y su relación con los parámetros densidad relativa (Dr) y relación de vacíos (e) en suelos granulares.* Venezuela Universidad de los Andes Mérida. Ciencia e Ingeniería, vol. 35, núm. 3, agosto-noviembre, pp. 135-146.
- Granados, A. (2006) *Estabilización del Talud de la Costa Verde en la Zona del Distrito de Barranco.* Tesis Ing. Civil, PUCP, Fac. Ciencias e Ingeniería.
- Huallpa D. (2019). *Identificación y evaluación de factores geotécnicos que causan la inestabilidad de ladera en la quebrada de Golcohuaycco, urbanización Santa Rosa, distrito de San Sebastián-Cusco.* Tesis Título Profesional de Ingeniero Civil.
- Huaman R. W, (2014). *Análisis de la variación del ángulo de fricción y cohesión en la resistencia a los esfuerzos de corte en los suelos del centro poblado de Alto Qosqo – Cusco.* Tesis Título profesional de Ingeniero Civil. UAP.

ICG (2000) "Manual de Ensayos de Materiales para Obras Viales". Segunda Edición.

Lima.

NORMAS AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials (1998) Guide for Design of Pavement Structures. USA.

Ochoa, L. (2016). *Inestabilidad de taludes en el sector de Santa Bárbara de la ciudad de Huancavelica. Tesis título Ingeniero Civil.*

Sackschewski, C., Carlos Enrique (2017) *Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110.*

Suárez D., J. (2001). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales* Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.

Suarez D., J. (2009) *Deslizamientos, Tomo I: Análisis Geotécnico, Capítulo 7. Comportamiento Sísmico de los Taludes*, págs. 272, 273, 298, 299. Barranquilla.

Terzagui., Ralp B-Peck, (2016) *Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica*, México, Limusa S.A.

Varnes, J. (1978) *Slope Movement Types and Processes.*

WINROD CONTRATISTAS S.A.C. (2012) *Estudio Definitivo Para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lima – Canta – La Viuda – Unish, Tramo: Canta – Huayllay, Vol. N° 01, Tomo 3: 3.1 Estudio Geológico Geotécnico.*

## ANEXOS

### Estudio de suelos (resultados)

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA** **Nº 016176**

**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

**INFORME N° S21 - 010-1-1**

**SOLICITANTE :** CHINA ROAD AND BRIDGE  
**PROYECTO :** REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
**UBICACIÓN :** LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
**FECHA :** KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY  
**28 DE ENERO 2021**

---

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Progresiva : Km. 81+750.0 - 82+035.0  
 Referencia : L/D

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M**  
 Procedimiento interno AT-PR.4 - Método "A"

Tamiz	Abertura (mm)	(% Acumulado)	
		Parcial Retenido	Retenido Pasa
3"	75.000	-	-
2"	50.000	-	-
1 1/2"	37.500	1	1
1"	25.000	3	4
3/4"	19.000	1	5
1/2"	12.500	3	8
3/8"	9.500	3	10
1/4"	6.300	5	15
Nº4	4.750	4	19
Nº10	2.000	15	34
Nº20	0.850	11	45
Nº30	0.600	4	49
Nº40	0.425	4	53
Nº60	0.250	7	60
Nº100	0.150	8	68
Nº140	0.106	5	73
Nº200	0.075	4	77
FONDO		23	

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Procedimiento interno AT-PR.5	
Límite Líquido	: NP
Límite Plástico	: NP
Índice Plástico	: NP

**Clasificación SUCS ASTM D2487** : SM

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

NOTA:  
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.  
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. H. Vallejos D.  
 Aprobación : Ing. L. Shuan L.

Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
 Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos  
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
[www.lms.uni.edu.pe](http://www.lms.uni.edu.pe), e-mail: [lms\\_fic@uni.edu.pe](mailto:lms_fic@uni.edu.pe), [lms.servicios@uni.edu.pe](mailto:lms.servicios@uni.edu.pe)

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
 Engineering  
 Technology  
 Accreditation  
 Commission

ABET



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Nº 016173**

**Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

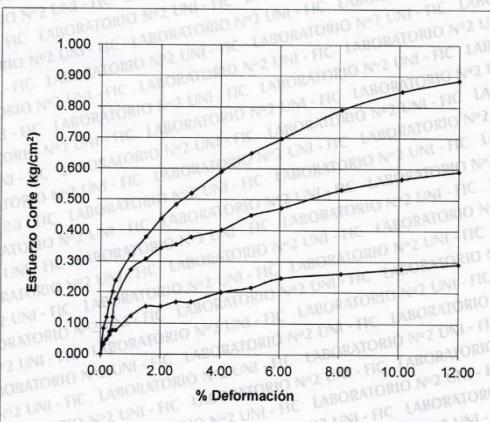
**SOLICITANTE : CHINA ROAD AND BRIDGE  
PROYECTO : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
UBICACIÓN : LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
FECHA : 28 DE ENERO 2021**

**INFORME N° S21 - 010-1-1**

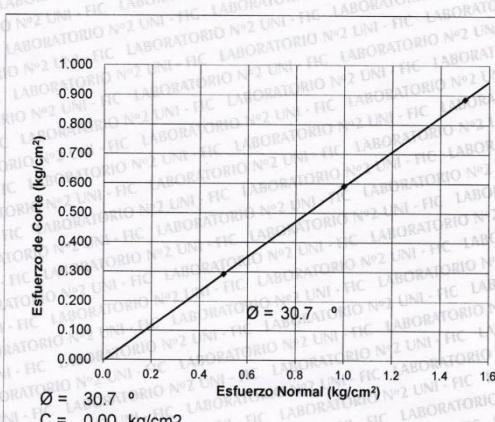
**Procedimiento interno AT-PR.9**

**Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Progresiva : Km. 81+750.0 - 82+035.0  
Referencia : L/D**

**% DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
[www.lms.uni.edu.pe](http://www.lms.uni.edu.pe), e-mail: [lms\\_fic@uni.edu.pe](mailto:lms_fic@uni.edu.pe), [lms.servicios@uni.edu.pe](mailto:lms.servicios@uni.edu.pe)



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016171

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 010-1-2

SOLICITANTE : CHINA ROAD AND BRIDGE  
PROYECTO : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
UBICACIÓN : LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
FECHA : KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY  
28 DE ENERO 2021

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Progresiva : Km. 81+750.0 - 82+035.0  
Referencia : L/D

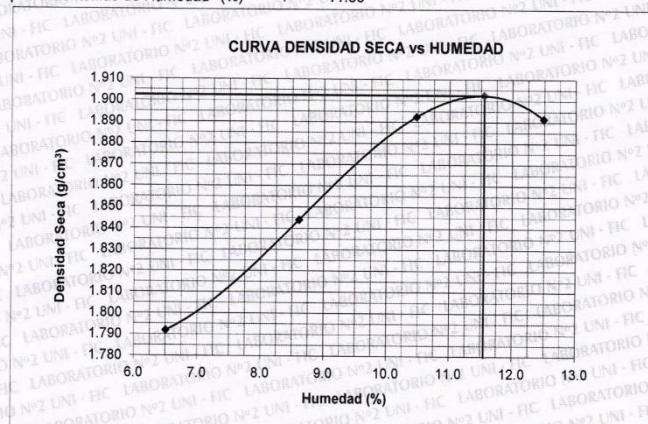
#### ENSAYO PROCTOR ESTANDAR - REFERENCIA ASTM D 698

Procedimiento interno AT-PR.7

#### I. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPACTACIÓN DE LA FRACCIÓN FINA < N°4"

##### MÉTODO DE ENSAYO

Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>) : A 1.903  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 11.55



Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. H. Vallejos D.

Aprobación : Ing. L. Shuan L.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016172

## Facultad de Ingeniería Civil

### Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 010-2-1

SOLICITANTE : CHINA ROAD AND BRIDGE

PROYECTO : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA

LIMA - CANTA - HUAYLLAY

UBICACIÓN : KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY

FECHA : 28 DE ENERO 2021

## REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Progresiva : Km. 82+180.0 - 82+380.0

Referencia : L/D

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M

Procedimiento interno AT-PR.4 - Método "A"

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado
		Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-
2"	50.000	-	-
1 1/2"	37.500	6	6
1"	25.000	5	11
3/4"	19.000	5	16
1/2"	12.500	7	22
3/8"	9.500	4	27
1/4"	6.300	6	32
Nº4	4.750	3	35
Nº10	2.000	6	40
Nº20	0.850	6	47
Nº30	0.600	3	49
Nº40	0.425	3	52
Nº60	0.250	5	57
Nº100	0.150	5	62
Nº140	0.106	4	65
Nº200	0.075	2	67
FONDO	33		33

% Grava :	35
% Arena :	32
% Finos :	33

## LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

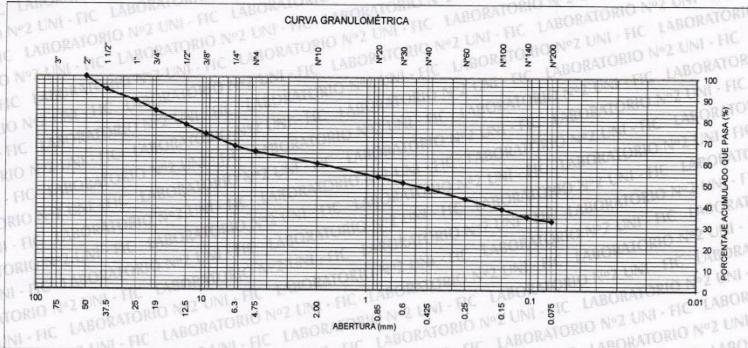
Procedimiento interno AT-PR.5

Límite Líquido : 29

Límite Plástico : 21

Índice Plástico : 8

## Clasificación SUCS ASTM D2487 : GC



## Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos

Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Engineering  
Technology  
Accreditation  
CommissionAv. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016170

## Facultad de Ingeniería Civil

### Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

**SOLICITANTE**  
CHINA ROAD AND BRIDGE  
**PROYECTO**  
REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
**UBICACIÓN**  
LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
**FECHA**  
28 DE ENERO 2021

INFORME N° S21 - 010-2-1

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080

Procedimiento interno AT-PR-9

**Estado** : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
**Progresiva** : Km. 82+180.0 - 82+380.0  
**Referencia** : L/D

## Especimen N°

	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	5.95	5.95	5.95
Altura Inicial de la muestra (cm)	1.96	1.96	1.96
Densidad húmeda inicial ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.829	1.829	1.829
Densidad seca inicial ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.662	1.662	1.662
Cont. de humedad inicial (%)	10.0	10.0	10.0
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.95	1.94	1.93
Altura final de la muestra (cm)	1.94	1.93	1.92
Densidad húmeda final ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.069	2.059	2.054
Densidad seca final ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.679	1.681	1.691
Cont. de humedad final (%)	23.2	22.5	21.4
Esfuerzo normal ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	0.314	0.608	0.900
Angulo de fricción interna :	30.4 °		
Cohesión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) :	0.02		

## Nota:

Los especímenes se remoldearon con la densidad del ensayo Próctor Estándar (90%).

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

## Ejecución

Téc. H. Vallejos D.

## Aprobación

Ing. L. Shuan L.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
 Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos

Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
[www.lms.uni.edu.pe](http://www.lms.uni.edu.pe), e-mail: [lms\\_fic@uni.edu.pe](mailto:lms_fic@uni.edu.pe), [lms.servicios@uni.edu.pe](mailto:lms.servicios@uni.edu.pe)

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
 Technology  
 Accreditation  
 Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016169

**Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

INFORME N° S21 - 010-2-1

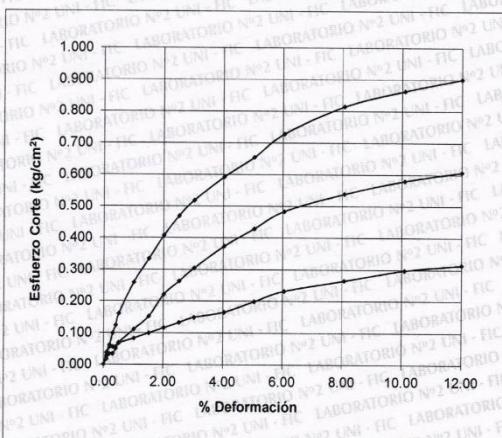
SOLICITANTE : CHINA ROAD AND BRIDGE  
PROYECTO : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
UBICACIÓN : KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY  
FECHA : 28 DE ENERO 2021

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080

Procedimiento interno AT-PR.9

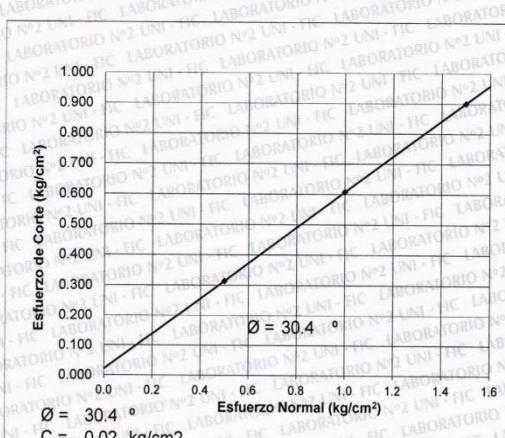
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Progresiva : Km. 82+180.0 - 82+380.0  
Referencia : L/D

% DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



LABORATORIO N°2  
V.B°. UNI  
FIC  
Ing. Luisa  
Shuan Lucas  
JEFATURA

ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016168

## Facultad de Ingeniería Civil

### Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 010-2-2

#### SOLICITANTE

CHINA ROAD AND BRIDGE

#### PROYECTO

REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA

#### UBICACIÓN

LIMA - CANTA - HUAYLLAY

#### FECHA

KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY

28 DE ENERO 2021

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

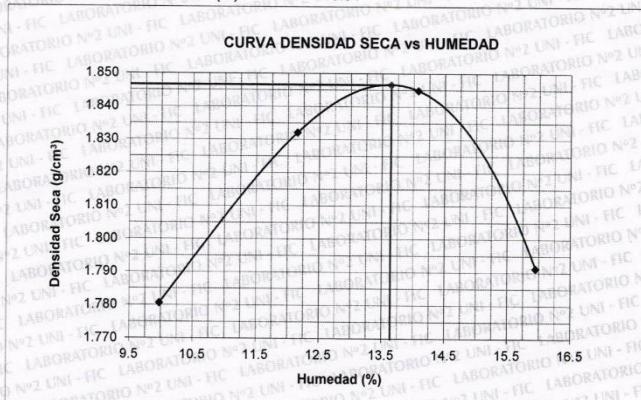
Progresiva : Km. 82+180.00 - 82+380.00  
Referencia : L/D

#### ENSAYO PROCTOR ESTANDAR - REFERENCIA ASTM D 698

Procedimiento interno AT-PR.7

#### I. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPACTACIÓN DE LA FRACCIÓN FINA < N°4"

MÉTODO DE ENSAYO	A
Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.847
Óptimo Contenido de Humedad (%)	13.64



#### Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. H. Vallejos D.

Aprobación : Ing. L. Shuan L.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
[www.lms.uni.edu.pe](http://www.lms.uni.edu.pe), e-mail: [lms\\_fic@uni.edu.pe](mailto:lms_fic@uni.edu.pe), [lms.servicios@uni.edu.pe](mailto:lms.servicios@uni.edu.pe)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Nº 016167**

**Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

**INFORME N° S21 - 010-3-1**

**SOLICITANTE :** CHINA ROAD AND BRIDGE  
**PROYECTO :** REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
**UBICACIÓN :** LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
**FECHA :** KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY  
**28 DE ENERO 2021**

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Progresiva : Km. 82+370.0 - 82+600.0

Km. 83+000.0 - 83+035.0

Referencia : L/D

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M**

Procedimiento interno AT-PR.4 - Método "A"

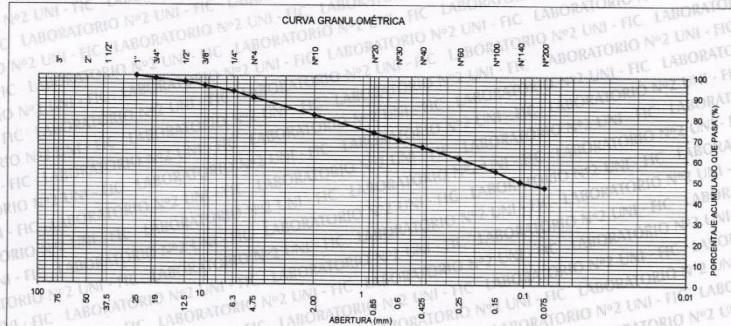
Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado
3"	75.000	-	-
2"	50.000	-	-
1 1/2"	37.500	-	-
1"	25.000	-	100
3/4"	19.000	1	99
1/2"	12.500	2	97
3/8"	9.500	2	95
1/4"	6.300	3	93
Nº4	4.750	3	90
Nº10	2.000	8	81
Nº20	0.850	9	73
Nº30	0.600	3	69
Nº40	0.425	3	66
Nº60	0.250	6	61
Nº100	0.150	6	54
Nº140	0.106	5	49
Nº200	0.075	3	47
FONDO		47	

% Grava :	10
% Arena :	43
% Finos :	47

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Procedimiento interno AT-PR.5	
Límite Líquido :	28
Límite Plástico :	19
Indice Plástico :	9

Clasificación SUCS ASTM D2487

: SC





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016157

## Facultad de Ingeniería Civil

### Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 010-3-1

**SOLICITANTE** : CHINA ROAD AND BRIDGE  
**PROYECTO** : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
**UBICACIÓN** : LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
**FECHA** : KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY  
28 DE ENERO 2021

#### ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080

Procedimiento interno AT-PR.9

**Estado** : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
**Progresiva** : Km. 82+370.0 - 82+600.0  
**Referencia** : Km. 83+000.0 - 83+035.0  
L/D

**Especimen Nº**

	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	5.95	5.95	5.95
Altura Inicial de la muestra (cm)	1.96	1.96	1.96
Densidad húmeda inicial ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.794	1.794	1.794
Densidad seca inicial ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.630	1.630	1.630
Cont. de humedad inicial (%)	10.0	10.0	10.0
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.95	1.94	1.93
Altura final de la muestra (cm)	1.94	1.93	1.92
Densidad húmeda final ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.010	2.006	1.996
Densidad seca final ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1.643	1.654	1.659
Cont. de humedad final (%)	22.4	21.3	20.3
Esfuerzo normal ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	0.306	0.578	0.850

Angulo de fricción interna :

28.5 °

Cohesión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) :

0.03

## Nota:

Los especímenes se remoldearon con la densidad del ensayo Proctor Estándar (87%).

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución :

Téc. H. Vallejos D.

Aprobación :

Ing. L. Shuan L.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos

Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Nº 016156**

**Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos**

**SOLICITANTE : CHINA ROAD AND BRIDGE**

**PROYECTO : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA**

**UBICACIÓN : LIMA - CANTA - HUAYLLAY**

**FECHA : KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY**

**FECHA : 28 DE ENERO 2021**

**INFORME Nº S21 - 010-3-1**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080**

Procedimiento interno AT-PR.9

Estado

Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

Progresiva

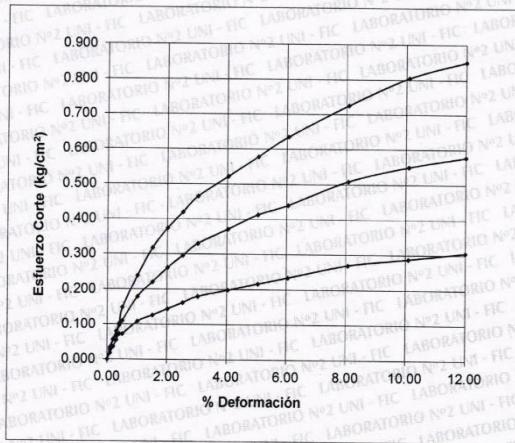
Referencia

Km. 82+370.0 - 82+600.0

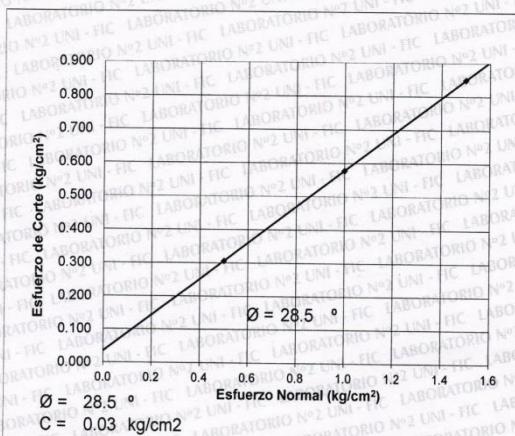
Km. 83+000.0 - 83+035.0

L/D

**% DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016158

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 010-3-2

SOLICITANTE : CHINA ROAD AND BRIDGE  
PROYECTO : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
UBICACIÓN : KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY  
FECHA : 28 DE ENERO 2021

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

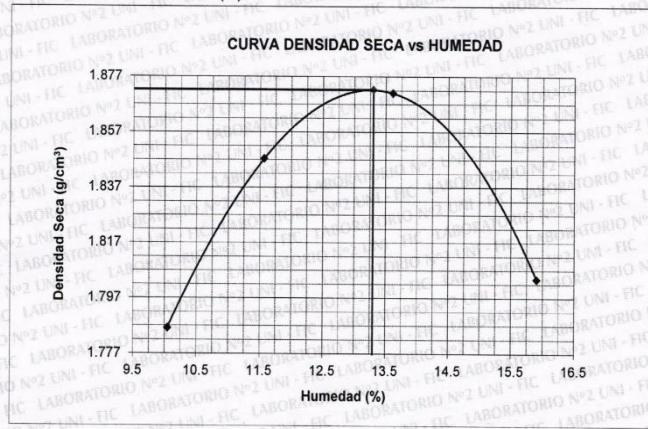
Progresiva : Km. 82+370.0 - 82+600.0  
Km. 83+000.0 - 83+035.0  
Referencia : L/D

#### ENSAYO PROCTOR ESTANDAR - REFERENCIA ASTM D 698

Procedimiento interno AT-PR.7

#### I. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPACTACIÓN DE LA FRACCIÓN FINA < N°4"

MÉTODO DE ENSAYO : A  
Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.872  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.30



Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. H. Vallejos D.

Aprobación : Ing. L. Shuan L.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

ABET

Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016162

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 010-4-1

SOLICITANTE : CHINA ROAD AND BRIDGE

PROYECTO : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA

LIMA - CANTA - HUAYLLAY

UBICACIÓN : KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY

FECHA : 28 DE ENERO 2021

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Progresiva : Km. 83+000.0 - 83+460.0

Referencia : L/D

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M

Procedimiento interno AT-PR.4 - Método "A"

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado
		Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-
2"	50.000	-	100
1 1/2"	37.500	6	94
1"	25.000	3	91
3/4"	19.000	3	89
1/2"	12.500	5	84
3/8"	9.500	2	81
1/4"	6.300	4	78
N°4	4.750	2	76
N°10	2.000	6	70
N°20	0.850	6	64
N°30	0.600	3	61
N°40	0.425	3	58
N°60	0.250	4	54
N°100	0.150	4	50
N°140	0.106	3	47
N°200	0.075	2	45
FONDO		45	

% Grava :	24
% Arena :	31
% Finos :	45

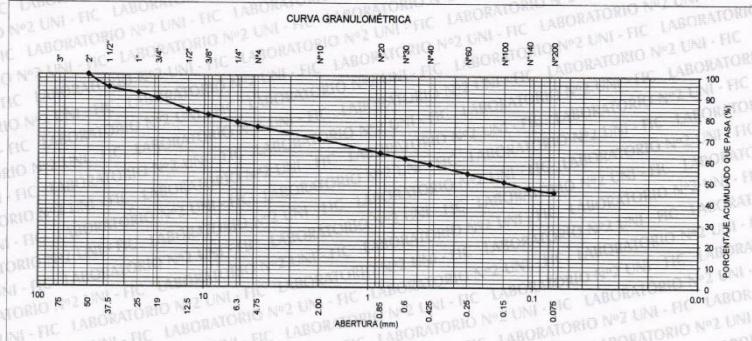
### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

Procedimiento interno AT-PR.5

Límite Líquido :	35
Límite Plástico :	20
Indice Plástico :	15

### Clasificación SUCS ASTM D2487

: SC



#### Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. H. Vallejos D.

Aprobación : Ing. L. Shuan L.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos

Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016161

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 010-4-1

SOLICITANTE : CHINA ROAD AND BRIDGE  
PROYECTO : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
UBICACIÓN : LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
FECHA : KM. 59+000 - 95+200 HUAYLLAY  
28 DE ENERO 2021

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO - REFERENCIA ASTM D3080

Procedimiento interno AT-PR.9

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
Progresiva : Km. 83+000.0 - 83+460.0  
Referencia : L/D

## Especimen N°

	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	5.95	5.95	5.95
Altura Inicial de la muestra (cm)	1.96	1.96	1.96
Densidad húmeda inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.876	1.876	1.876
Densidad seca inicial (g/cm <sup>3</sup> )	1.706	1.706	1.706
Cont. de humedad inicial (%)	10.0	10.0	10.0
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.95	1.95	1.94
Altura final de la muestra (cm)	1.95	1.94	1.93
Densidad húmeda final (g/cm <sup>3</sup> )	2.144	2.137	2.128
Densidad seca final (g/cm <sup>3</sup> )	1.715	1.723	1.730
Cont. de humedad final (%)	25.0	24.0	23.0
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.319	0.580	0.843
Angulo de fricción interna :	27.7 °		
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> ) :	0.06		

## Nota:

Los especímenes se remoldearon con la densidad del ensayo Próctor Estándar (90%).

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. H. Vallejos D.

Aprobación : Ing. L. Shuan L.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos

Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por

Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Nº 016160**

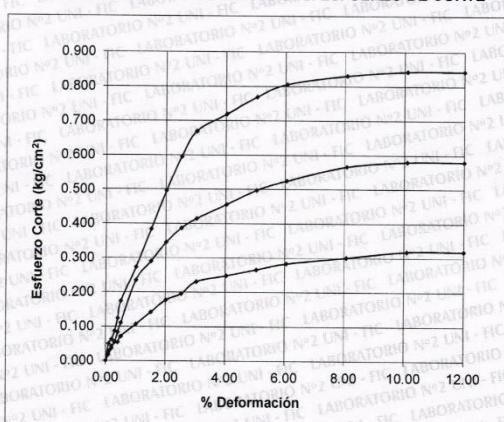
**Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio Nº2 - Mecánica de Suelos**

**SOLICITANTE** : CHINA ROAD AND BRIDGE  
**PROYECTO** : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
**UBICACIÓN** : LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
**FECHA** : 28 DE ENERO 2021

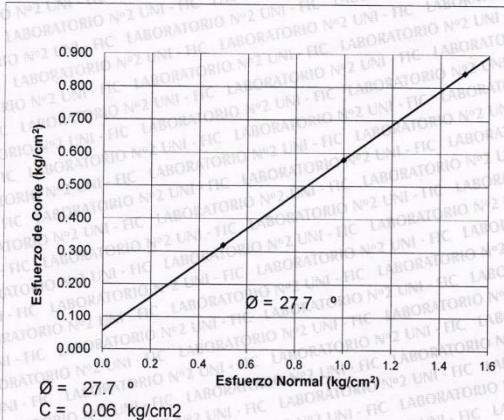
**INFORME Nº S21 - 010-4-1**

**Estado** : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
**Progresiva** : Km. 83+000.0 - 83+460.0  
**Referencia** : L/D

**% DEFORMACIÓN TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**JEFÉ**  
**LABORATORIO**  
**MECÁNICA DE SUELOS**



Ing. Luisa  
Shuan Lucas

JEFATURA

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú

Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019

[www.lms.uni.edu.pe](http://www.lms.uni.edu.pe), e-mail: [lms\\_fic@uni.edu.pe](mailto:lms_fic@uni.edu.pe), [lms.servicios@uni.edu.pe](mailto:lms.servicios@uni.edu.pe)

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Nº 016159

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio Nº2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 010-4-2

SOLICITANTE : CHINA ROAD AND BRIDGE  
PROYECTO : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
UBICACIÓN : LIMA - CANTA - HUAYLLAY  
FECHA : 28 DE ENERO 2021

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Progresiva : Km. 83+000.0 - 83+460.0  
Referencia : L/D

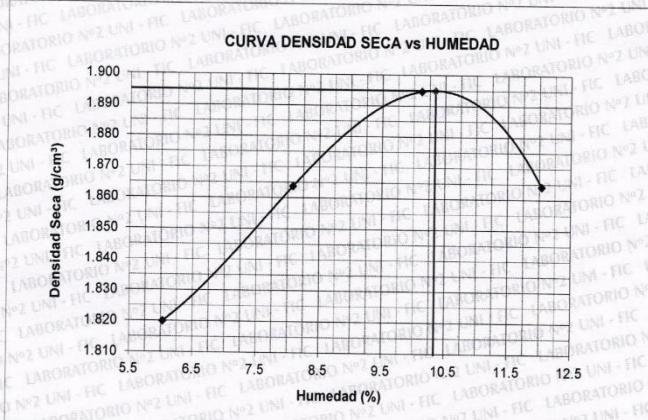
#### ENSAYO PROCTOR ESTANDAR - REFERENCIA ASTM D 698

Procedimiento interno AT-PR.7

#### I. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMPACTACIÓN DE LA FRACCIÓN FINA < N°4"

MÉTODO DE ENSAYO

Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.895  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.34



Nota:  
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.  
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. H. Vallejos D.  
Aprobación : Ing. L. Shuan L.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefe (e) Laboratorio Nº2-Mecánica de Suelos  
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

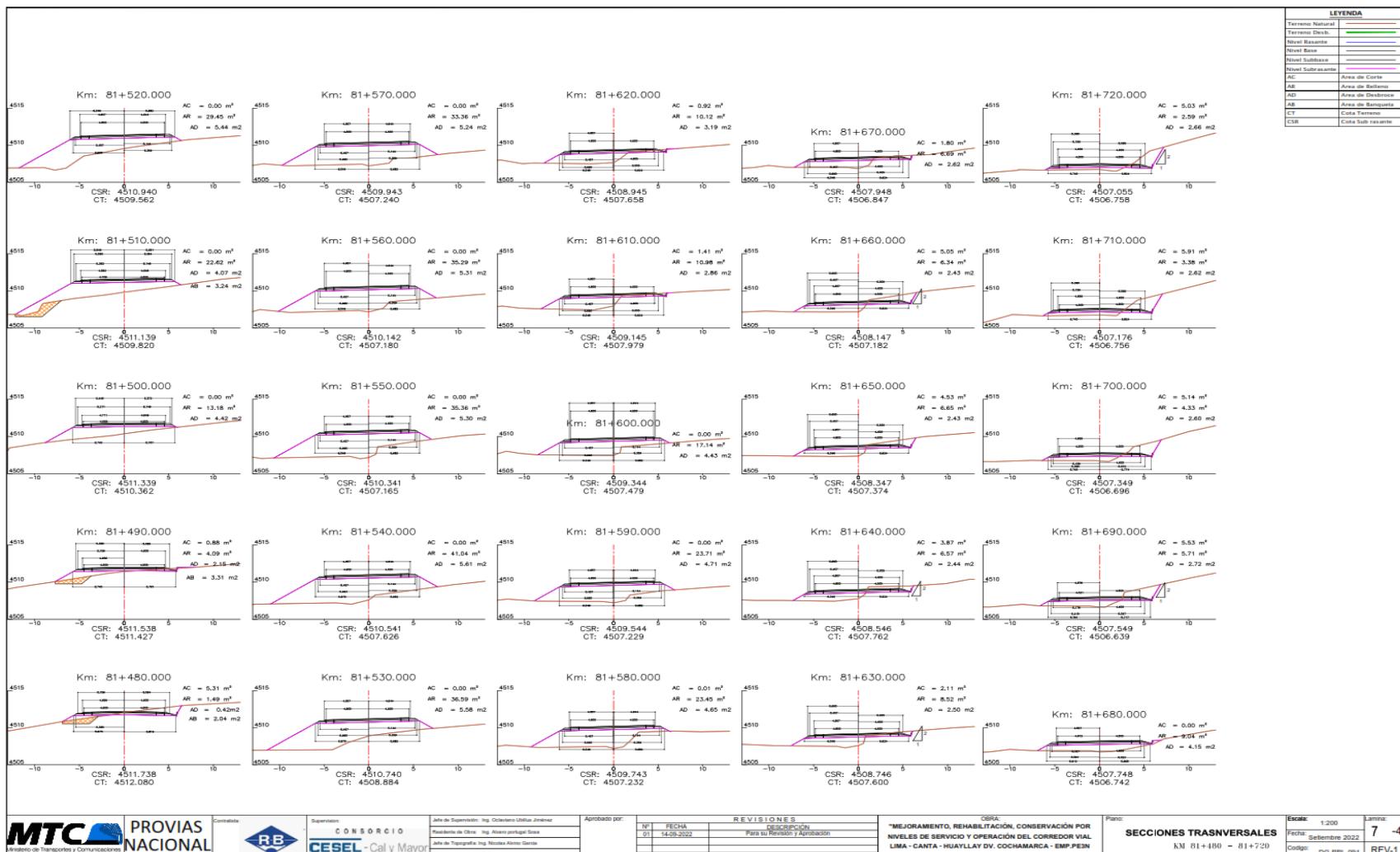
Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019  
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms\_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

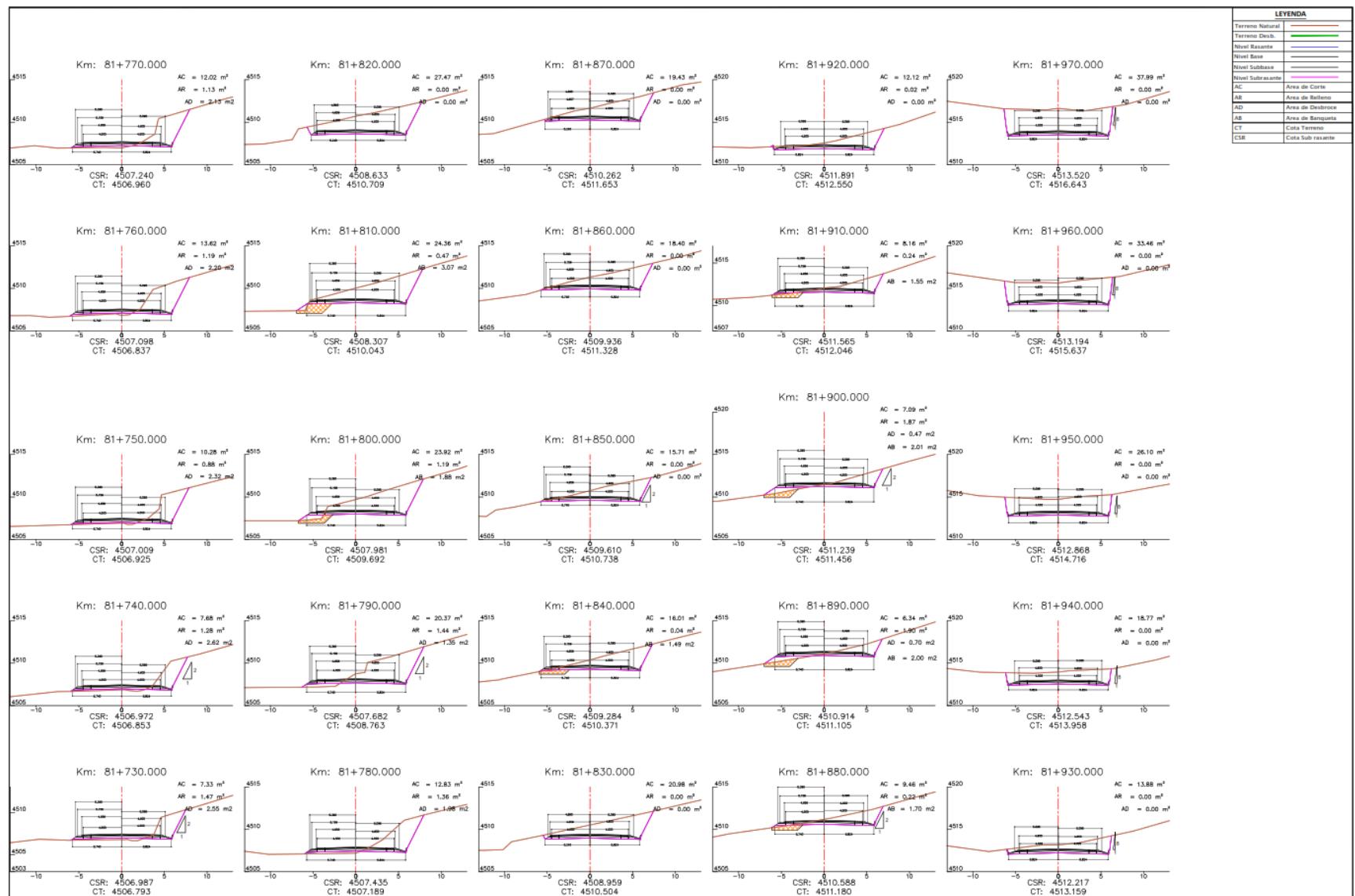
Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



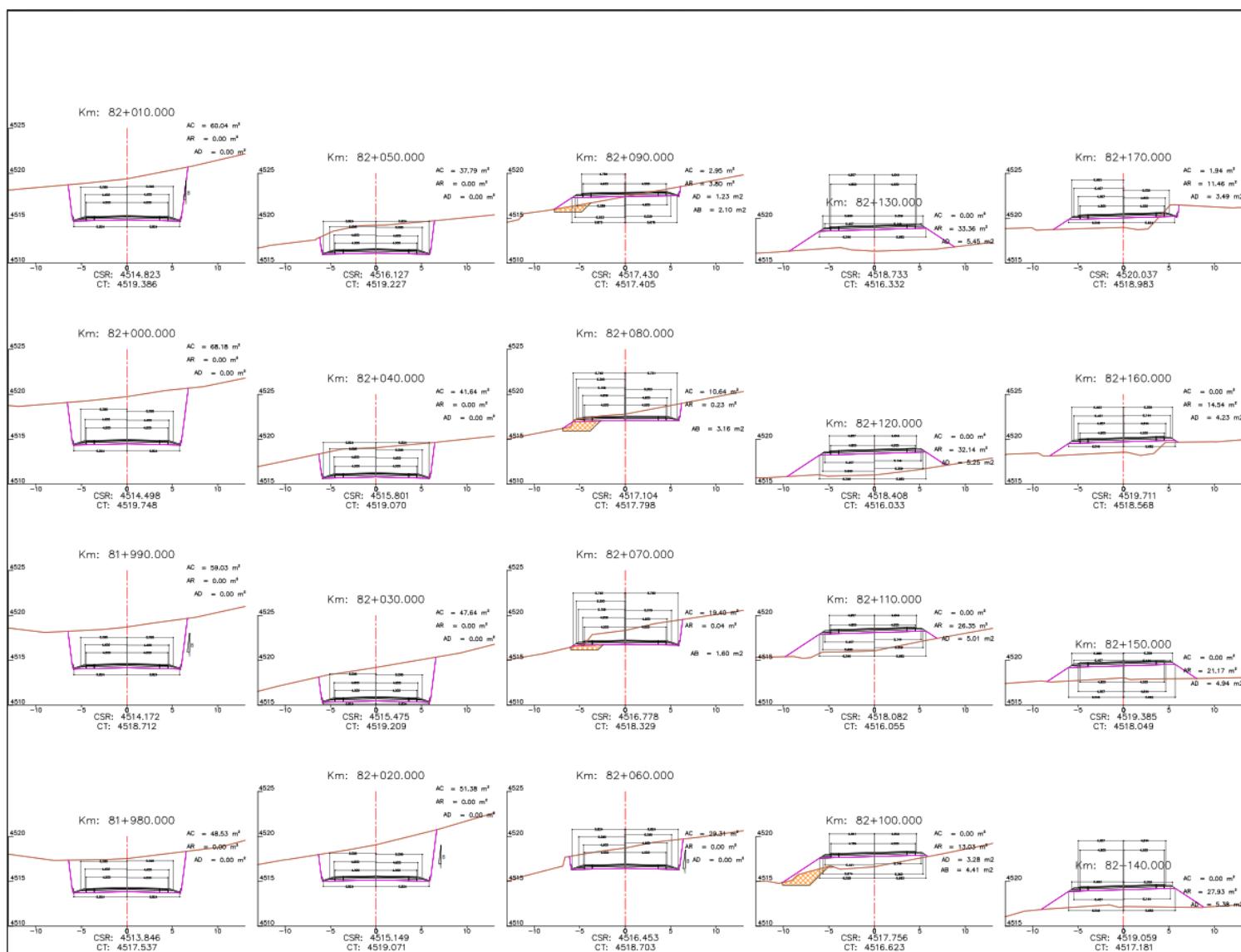
Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

## Secciones Transversales

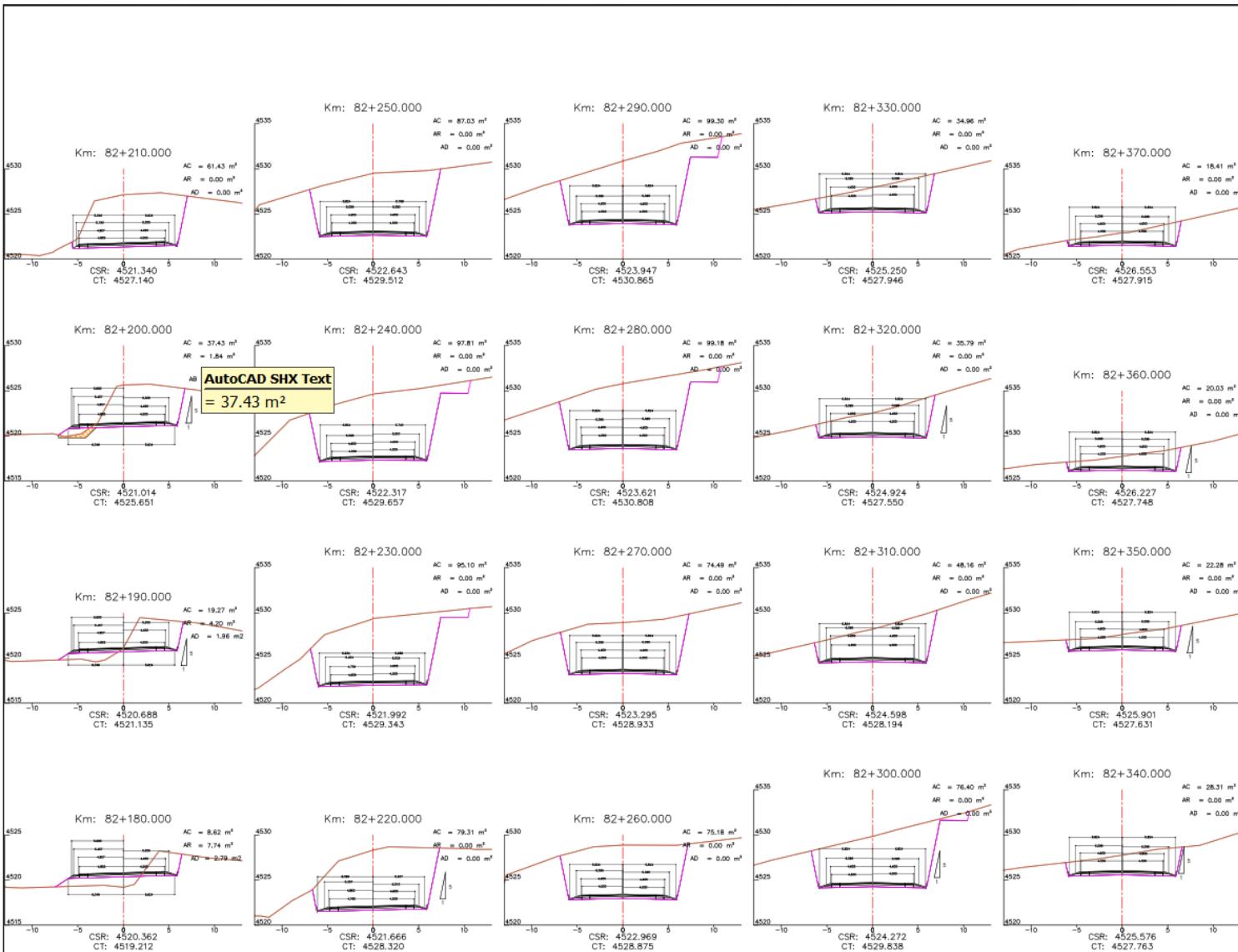


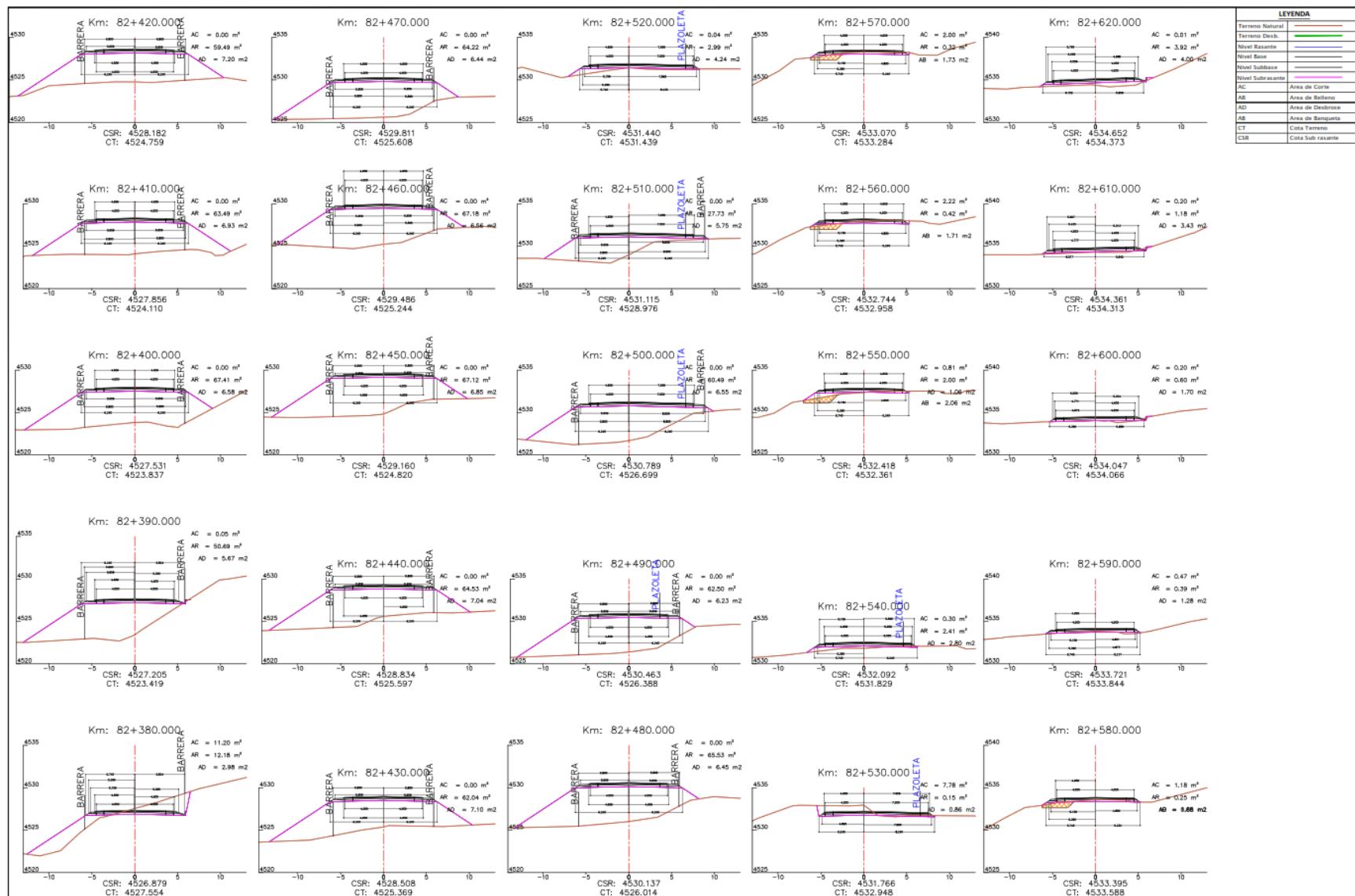


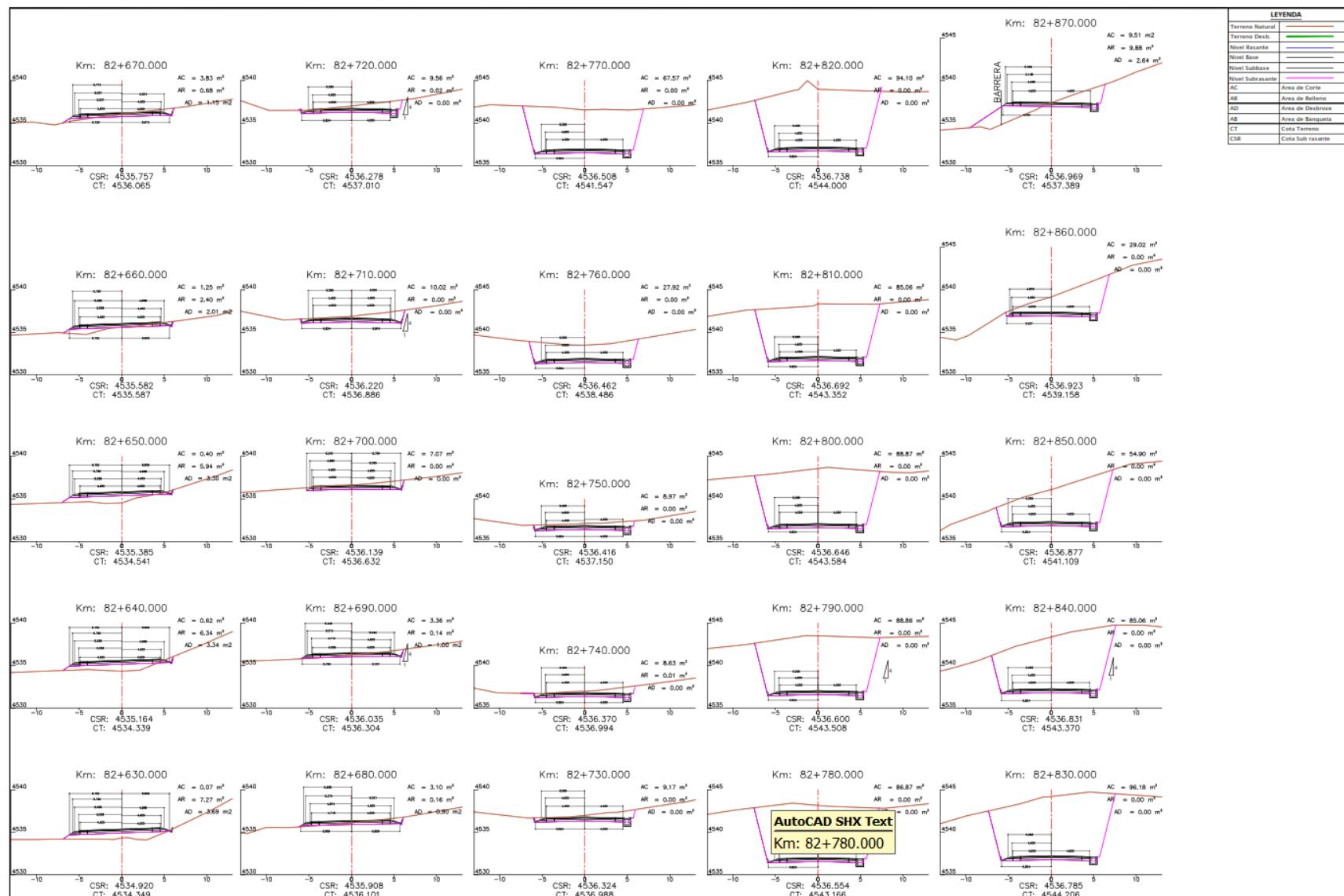
LEYENDA	
Terrreno Natural	Verde
Terrreno Destr.	Rojo
Nivel Basante	Azul
Nivel Base	Verde
Nivel Subbase	Blanco
Nivel Subrasante	Magenta
AC	Área de Corte
AB	Área de Bettino
AD	Área de Destrice
AB	Área de Banqueta
CT	Cota Terreno
CSR	Cota Subrasante

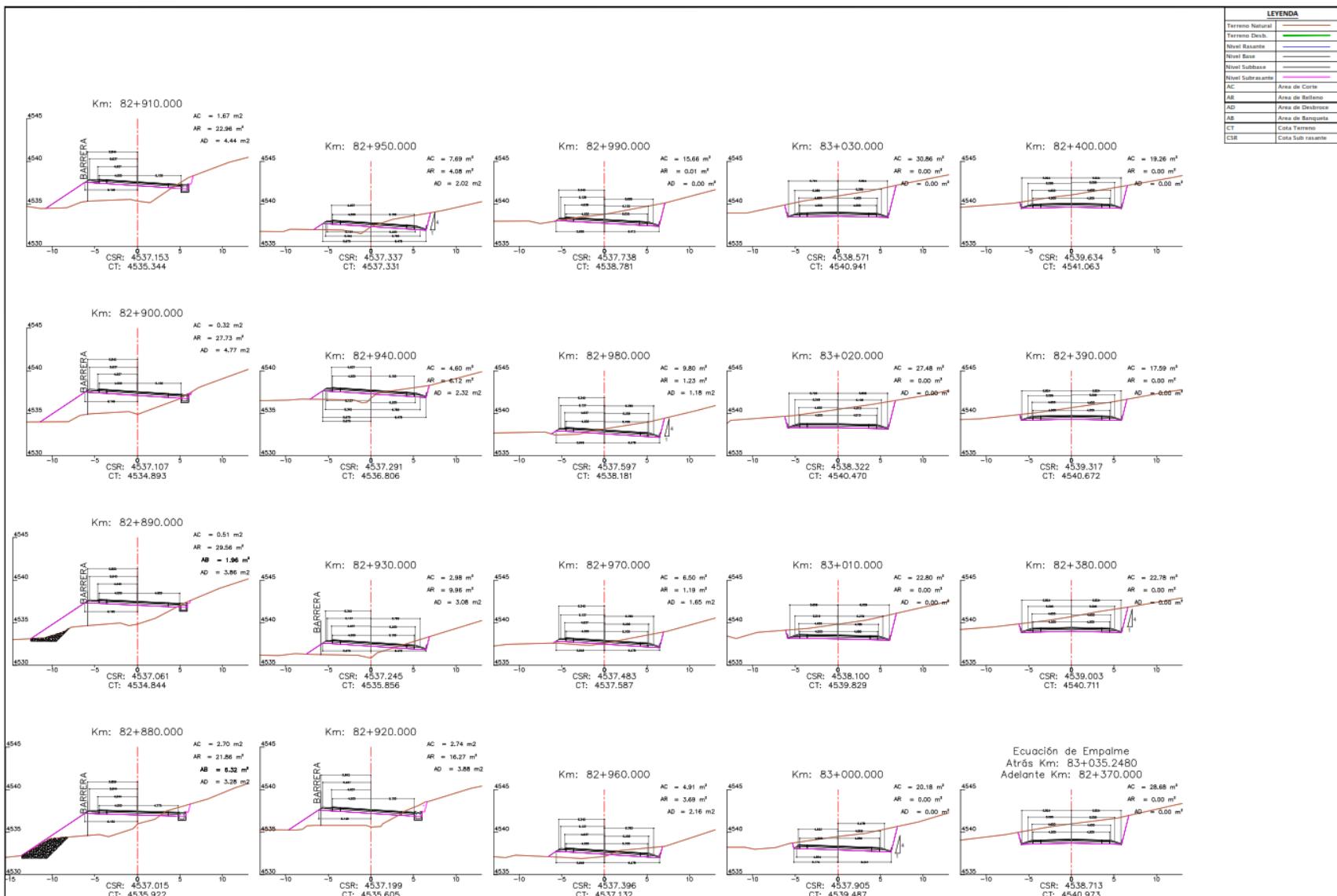


LEYENDA	
Terreno Natural	Red
Terreno Desb.	Green
Nivel Reasante	Blue
Nivel Base	Black
Nivel Subbase	Grey
Nivel Subrasante	Pink
AC	Área de Corte
AR	Área de Relieve
AD	Área de Desbroce
AB	Área de Banqueta
CT	Cota Terreno
CSR	Cota Subrasante

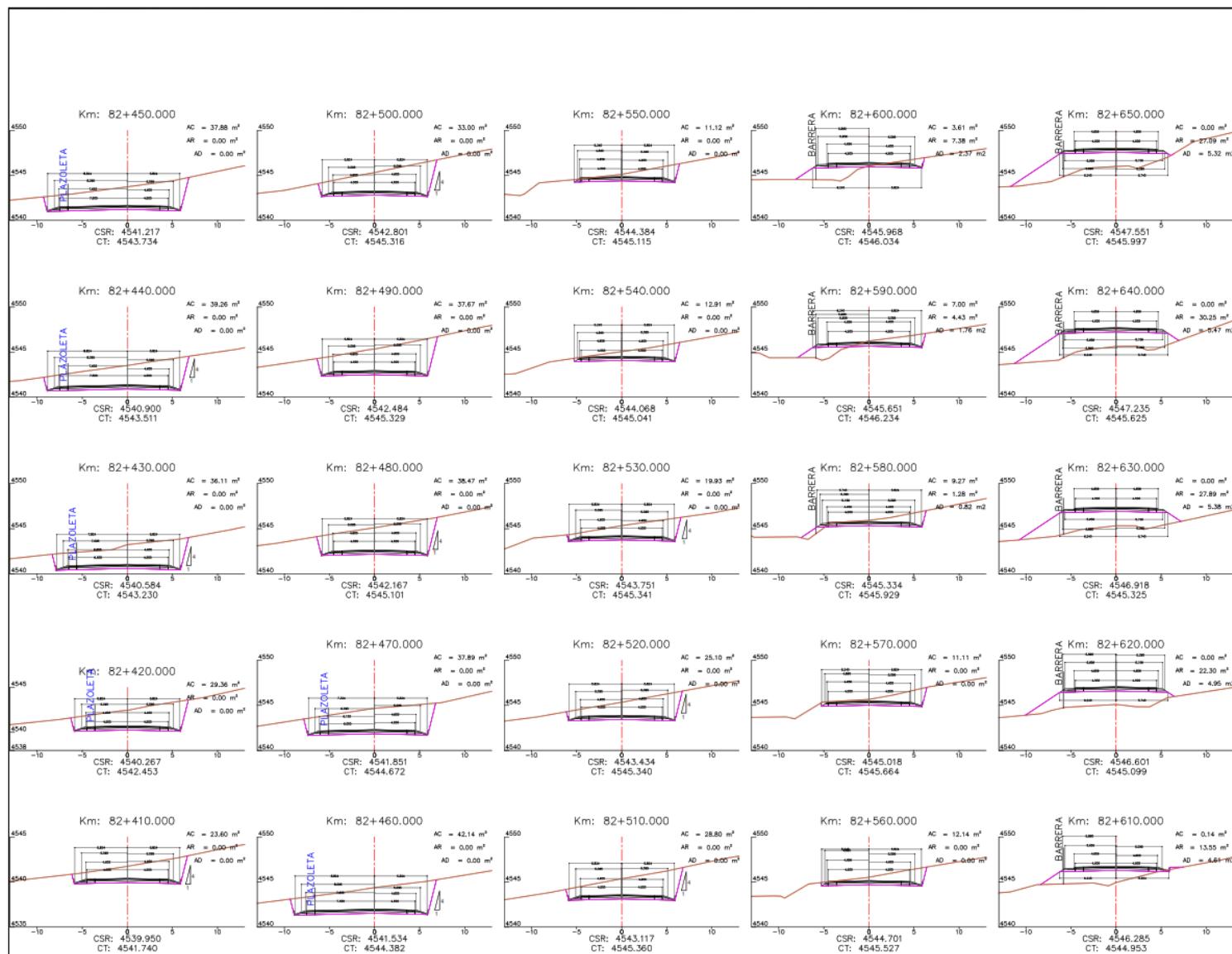




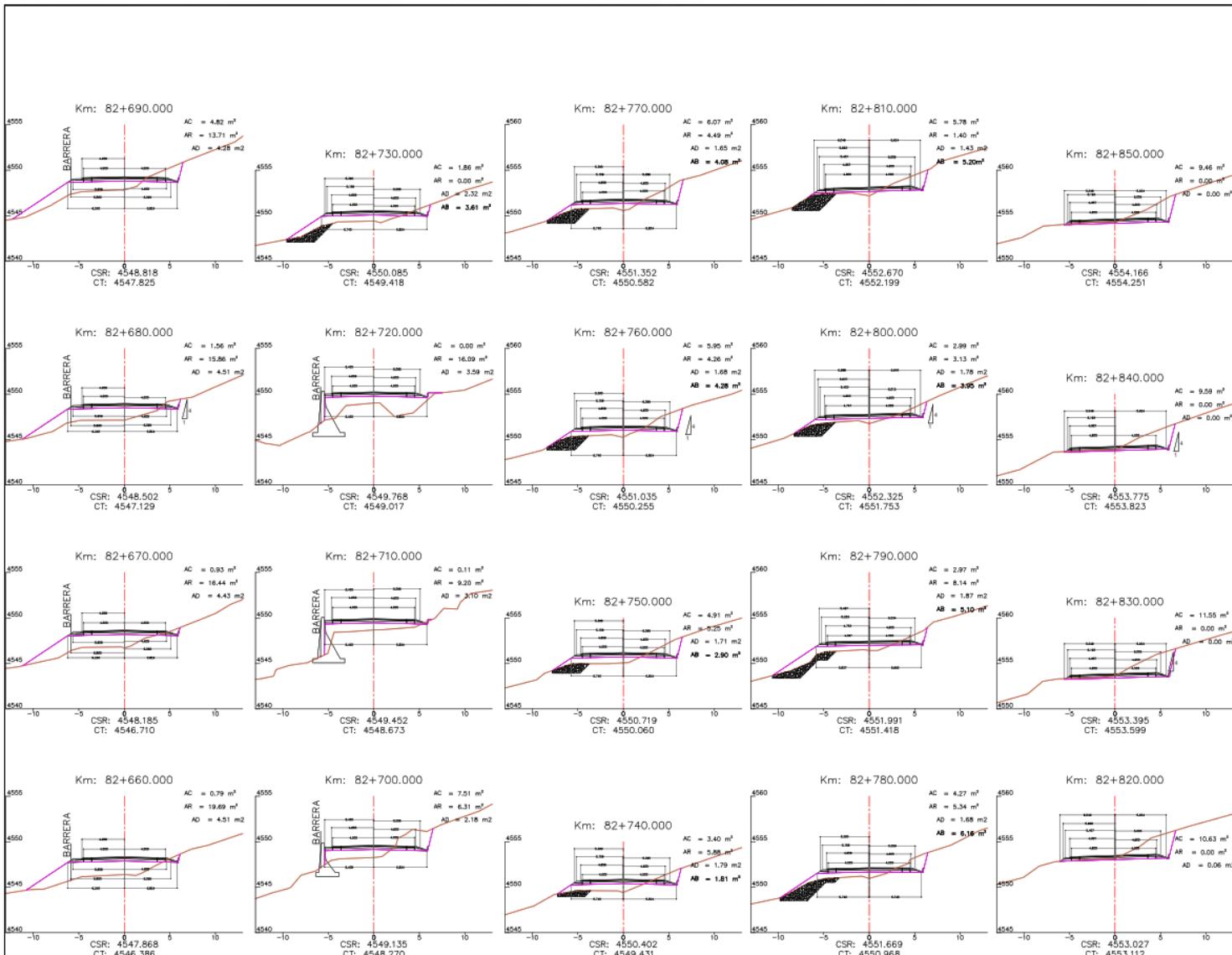


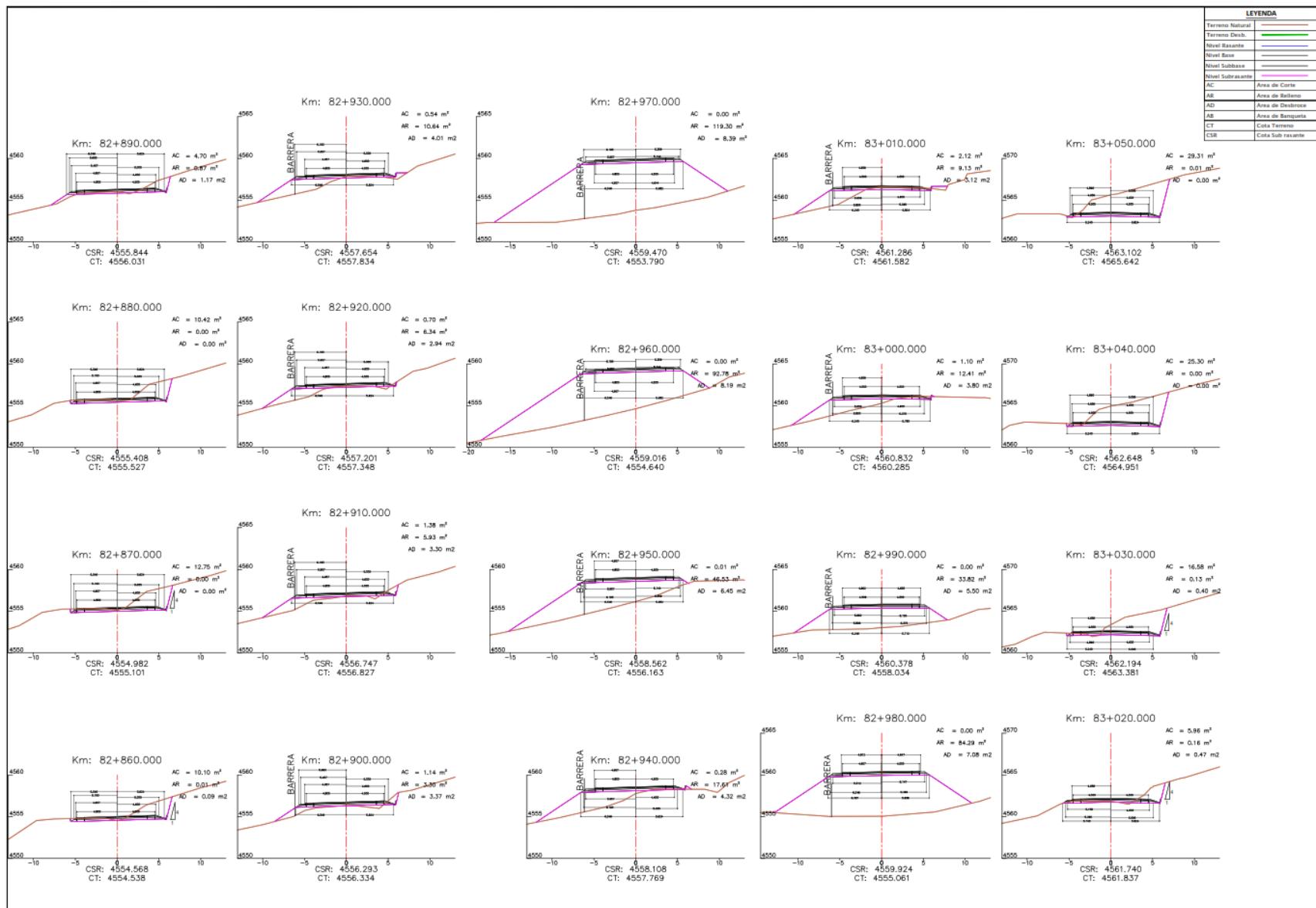


LEYENDA	
Terrreno Natural:	Verde
Terrreno Desb.:	Verde
Nivel Razante:	-
Nivel Base:	-
Nivel Subbase:	-
Nivel Subrasante:	Púrpura
AC:	Área de Corte
AR:	Área de Relleno
AD:	Área de Restrucción
AB:	Área de Ranqueo
CT:	Costa Terreno
CSR:	Costa Sub rasante

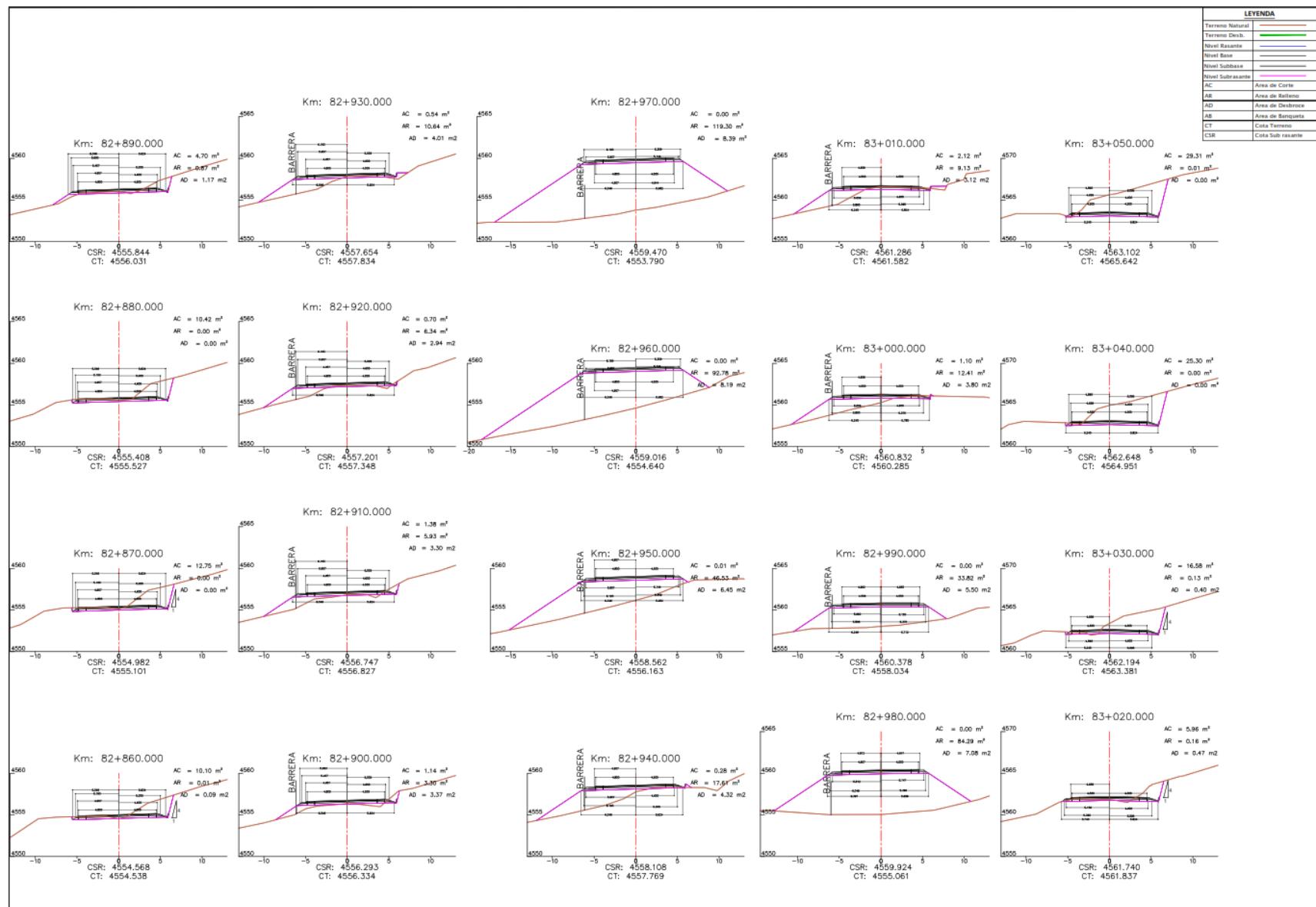


LEYENDA	
Terrreno Natural	■
Terrreno Desb.	■
Nivel Rasante	■
Nivel Base	■
Nivel Subbase	■
Nivel Subrasante	■
AC	Área de Corte
AR	Área de Relleno
AD	Área de Destribo
AB	Área de Banqueta
CT	Cota Terreno
CSR	Cota Sub rasante

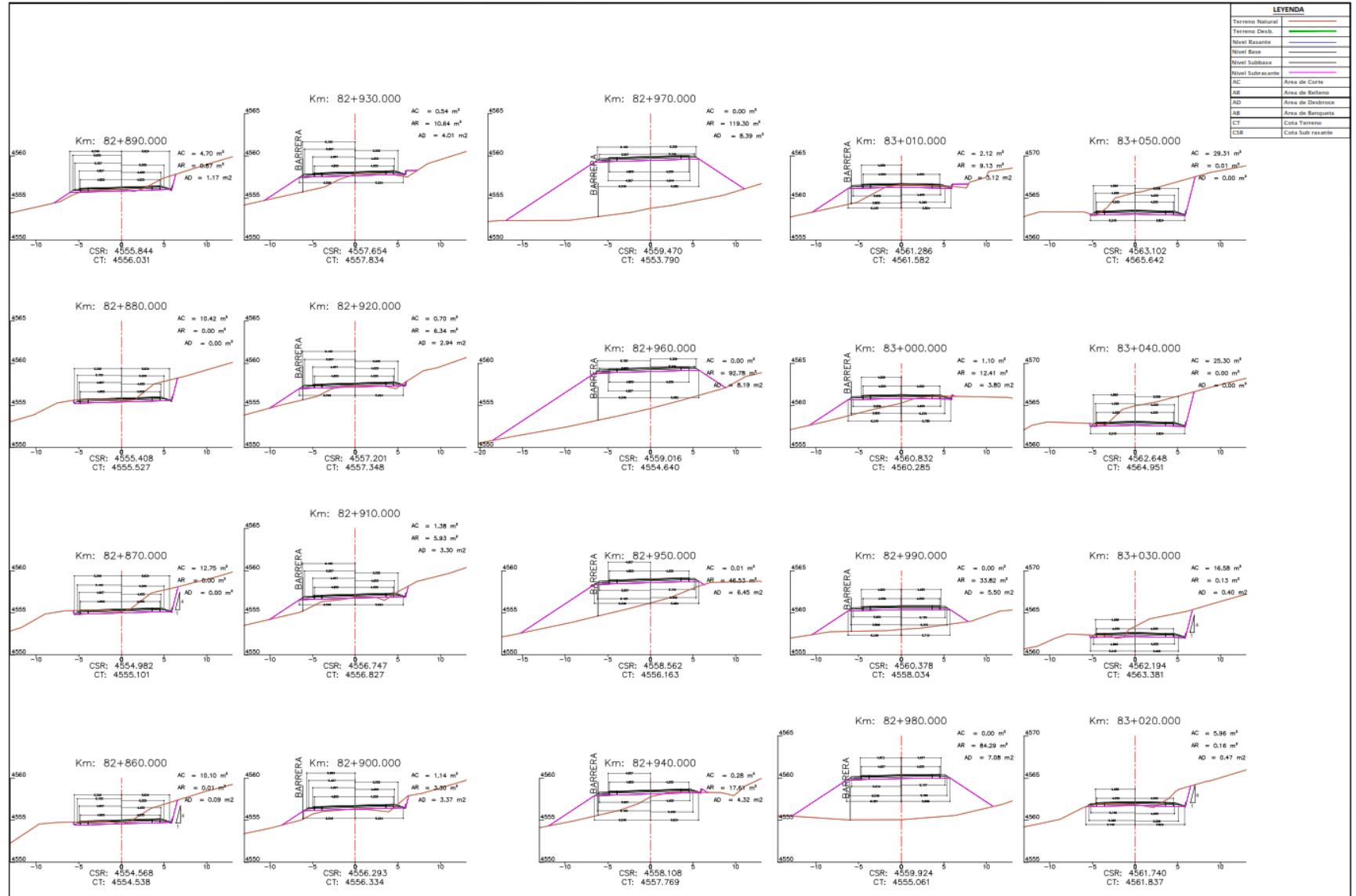


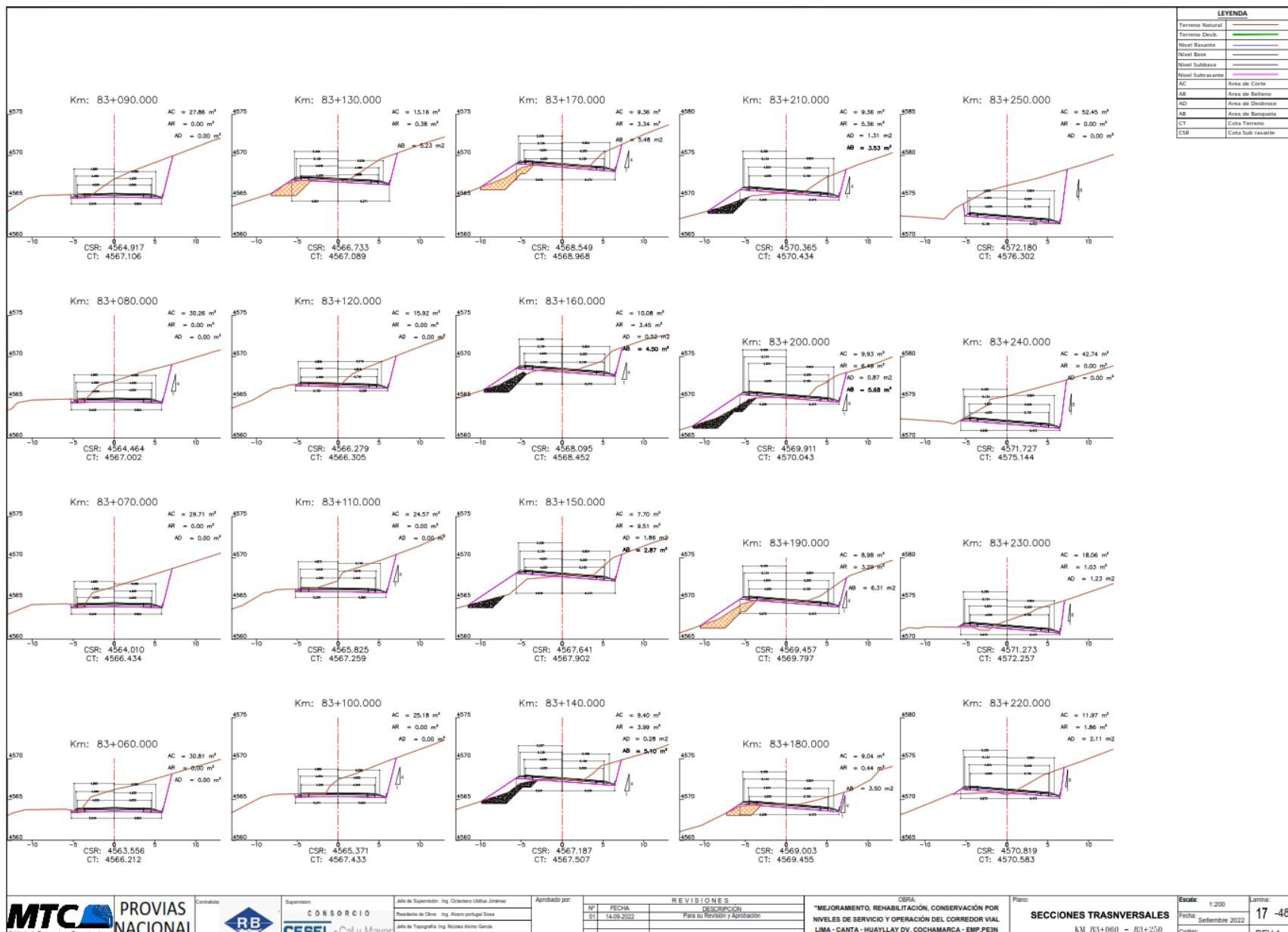


<b>MTC</b> Ministerio de Transportes y Comunicaciones	<b>PROVIAS NACIONAL</b>	Contratista	Supervisor	Jefe de Supervisión: Ing. Octavio Ulloa Jiménez Presidente de Oficio: Ing. Alvaro Argandoña Soza	Aprobado por: Jefe de Topografía: Ing. Nicolás Alvaro García Dibujo: G.G.	REVISIONES	OBRA: "MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN, CONSERVACIÓN POR NIVELES DE SERVICIO Y OPERACIÓN DEL CORREDOR VIAL LIMA - CANTA - HUAYLLAY DV. COCHAMARCA - EMP. PEIN TRAMO: CANTA - HUAYLLAY"	Plano: <b>SECCIONES TRASVERSALES</b>	Escala: 1:200 Lámina: 16 - 48 Fecha: Setiembre 2022 Codigo: DG-PPL-091 REV-1
--	-------------------------	-------------	------------	---	---	------------	---	---	--



LEYENDA	
Terrreno Natural	Verde
Terrreno Destr.	Rojo
Nivel Basico	Azul
Nivel Base	Verde
Nivel Subbase	Blanco
Nivel Subrasante	Magenta
AC	Area de Corte
AR	Area de Belleno
AD	Area de Destrucc.
AB	Area de Banqueta
CT	Cota Terreno
CSR	Cota Sub rasante





LEYENDA	
Terrreno Natural	■
Terrreno Desech.	■
Nivel Base	■
Nivel Subbase	■
Nivel Subrasante	■
AC	Área de Corte
AB	Área de Ballesta
AD	Área de Desbache
AB	Área de Banqueta
CT	Cota Terreno
CSR	Cota Sub rasante

