



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



INFORME N° 09-2024-UNACH/UI/MAST

A : **Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez.**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de ISRAEL CHÁVEZ MEDINA y ROIMER ROJAS NUÑEZ.

FECHA : Colpa Matara, 06 de febrero del 2024.

REFERENCIA: i) Envío de tesis en digital en su versión final
ii) Carta N° 008 – 2024 – ECS– JT – UNACH / conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) INFORME N° 07-2024-DHCL–UNACH/ Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) INFORME N° 01-2024-DGCD–EPIC-UNACH / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **ISRAEL CHÁVEZ MEDINA y ROIMER ROJAS NUÑEZ**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,


Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
N.º 187702

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 06 de febrero del 2024.

C.O. N° 09-2024-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **ISRAEL CHÁVEZ MEDINA y ROIMER ROJAS NUÑEZ**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 14% excluyendo citas, bibliografía y fuentes que tengan menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.


Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
10	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %
11	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
17	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	<1 %
19	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.uncp.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

21

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

24

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

<1 %

25

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

26

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

27

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

28

repositorio.unam.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

29

suelosytaludes.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

30

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

31

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

32

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

33

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

34

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

35

victoryepes.blogs.upv.es

Fuente de Internet

<1 %

36

[Submitted to Universidad Católica del CIBAO](#)

Trabajo del estudiante

<1 %

37

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

38

dspace.unl.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

39

aprenderly.com

Fuente de Internet

<1 %

40

epyesa.com

Fuente de Internet

<1 %

41

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

42

transparencia.tabasco.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

43	es.wikihow.com Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
46	hacienda.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
48	Submitted to unach Trabajo del estudiante	<1 %
49	vdocumento.com Fuente de Internet	<1 %
50	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
51	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
52	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
53	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %

54	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
55	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
56	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
57	Submitted to uni Trabajo del estudiante	<1 %
58	Submitted to unsaac Trabajo del estudiante	<1 %
59	JCI INGENIERIA & SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C.. "Tercer ITS de la Unidad Minera Cerro de Pasco-IGA0012891", R.D. N° 00097-2020-SENACE-PE/DEAR, 2021 Publicación	<1 %
60	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.ufpso.edu.co Fuente de Internet	<1 %
62	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
63	Submitted to Universidad de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %

distancia.udh.edu.pe

64

Fuente de Internet

<1 %

65

dspace.ueb.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

66

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

67

oa.upm.es

Fuente de Internet

<1 %

68

repositorio.une.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

69

doczz.es

Fuente de Internet

<1 %

70

GUERRERO TORRES YOEL RICARDO. "EIA-SD del Proyecto Denominado Mejoramiento y Ampliación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales en la Ciudad de Cerro de Pasco, Provincia de Pasco - Pasco-IGA0018159", R.G. N° 0119-2022-GMPP-A/GM, 2022

Publicación

<1 %

71

bdigital.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

72

Submitted to Caribbean University

Trabajo del estudiante

<1 %

73	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	<1 %
74	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
75	accentsjournals.org Fuente de Internet	<1 %
76	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
77	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral Trabajo del estudiante	<1 %
78	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1 %
79	Juan Carlos Molina-Moral, Alfonso Moriana-Elvira, Francisco José Pérez-Latorre. "Estimation of the Water Reserve in the Soil Using GIS and Its Application in Irrigated Olive Groves in Jaen, (Spain)", Agronomy, 2022 Publicación	<1 %
80	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
81	ciencialatina.org Fuente de Internet	<1 %

82

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

83

catalogo.escuelaing.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

84

de.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

85

es.jereh-pe.com

Fuente de Internet

<1 %

86

infosurdiario.com.ar

Fuente de Internet

<1 %

87

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

Fuente de Internet

<1 %

88

repositorio.puce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

89

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

90

repositoriodigital.ucsc.cl

Fuente de Internet

<1 %

91

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

92

tr-ex.me

Fuente de Internet

<1 %

93

www.opsecu.org

Fuente de Internet

<1 %

94

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

95

www.sopo.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Estrategias de control del deslizamiento para la estabilidad del talud

Llarillaco en la carretera Chota – La Palma, provincia de Chota

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

ISRAEL CHÁVEZ MEDINA

ROIMER ROJAS NUÑEZ

Asesor:

Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

Chota – Perú

2024

**ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO
PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN
LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE
CHOTA**

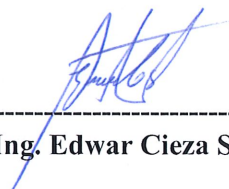
POR:

ISRAEL CHÁVEZ MEDINA

ROIMER ROJAS NUÑEZ

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título
de
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR




Dr. Ing. Edwar Cieza Sánchez

PRESIDENTE



Mg. Ing. Dante Hartman Cieza León

SECRETARIO



Mg. Ing. Donald Gorki Collantes Delgado

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del jurado de tesis que suscriben, reunidos en la sala de docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería del campus universitario- Colpamatara, para escuchar y evaluar la sustentación de la tesis presentado por los Bachilleres : **Israel Chávez Medina y Roimer Rojas Nuñez** , denominado: **“ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA-LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA”**, escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

13

CON EL CALIFICATIVO (*)

Aprobado


En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo., en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 07 de marzo del 2024


Dr. Edwar Cieza Sánchez.
PRESIDENTE


Mg. Dante Hartman Cieza León
SECRETARIO


Mg. Donald Gorki Collantes Delgado
VOCAL


Msc. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin
ASESOR

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **“ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA-LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA”**; presentado por los Bachilleres **Israel Chávez Medina y Roimer Rojas Nuñez**, sustentada el día de 07 de febrero del 2024, por Resolución de Coordinación N°033-2024-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 22 de marzo del 2024

Dr. Edwar Cieza Sánchez
PRESIDENTE

Mg. Dante Hartman Cieza León
SECRETARIO

Mg. Donald Gorki Collantes Delgado
VOCAL

Msc. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios omnipotente, sin su anuencia e iluminación ningún logro sería posible.

A nuestras familias, quienes siempre han estado presentes en cada etapa de nuestras vidas, agradecemos por su apoyo incondicional, comprensión y aliento. Gracias por ser nuestro motor y por creer en nosotros, sin ustedes este logro no hubiera sido posible.

A nuestros amigos y compañeros de estudio, agradecemos por su compañía, colaboración y por compartir momentos inolvidables. Gracias por sus consejos, por ser una fuente de inspiración y motivación en cada desafío.

Finalmente, queremos dedicar este trabajo a todas las personas que se benefician de la infraestructura vial, en especial a aquellos que transitan por la carretera Chota - La Palma en la provincia de Chota. Esperamos que las estrategias de control del deslizamiento propuestas en esta tesis contribuyan a mejorar la estabilidad del talud de Llarillaco, garantizando así la seguridad de los usuarios de esta vía.

A todos ustedes, les entregamos este trabajo con humildad y gratitud. Que esta tesis sea un aporte en la investigación y desarrollo de nuevas técnicas para la prevención de deslizamientos en taludes, y que sirva como inspiración para futuros trabajos en el campo de la ingeniería civil.

Israel Chavez Medina

Roimer Rojas Nuñez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Mg. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilín, por haber aceptado ser nuestro asesor y por dedicar su tiempo y conocimientos en la revisión y orientación de esta tesis. Su valiosa contribución, experiencia y apoyo constante fueron fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto de investigación.

Extendemos nuestro agradecimiento al equipo docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, quienes nos han brindado una formación académica integral. Agradecemos por su enseñanza, por compartirla de manera clara y didáctica, y por inspirarnos a adoptar una mentalidad crítica y analítica.

Agradecemos también a nuestras familias y amigos, quienes nos han apoyado incondicionalmente durante todo este proceso. Gracias por su paciencia, comprensión y motivación en los momentos difíciles. Sin su aliento, no habríamos llegado hasta aquí.

Agradecemos a todos los profesionales y personal técnico que nos brindaron su ayuda y colaboración en la recolección de datos para este proyecto. Su disposición y experiencia en el campo de la estabilidad de taludes fueron de gran importancia para la realización de este trabajo de investigación.

Finalmente, agradecemos al entorno y la comunidad los Lanches por permitirnos realizar este estudio en el talud de Llarillaco en la carretera Chota – La Palma.

¡Gracias por ser parte de este importante capítulo en nuestra carrera profesional!

Israel Chavez Medina

Roimer Rojas Nuñez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Justificación	19
1.4. Delimitación de la investigación.....	20
1.5. Limitaciones.....	22
1.6. Objetivos	23
1.6.1. Objetivo general.....	23
1.6.2. Objetivos específicos	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes	24
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	24
2.1.2. Antecedentes nacionales	28
2.1.3. Antecedentes regionales	36
2.2. Bases teórico – científicas	38
2.2.1. Fenomenología del deslizamiento de taludes	38
2.2.2. Leyes y criterios de falla para el análisis del deslizamiento de talud	40
2.2.3. Efectividad de las estrategias de estabilización de taludes	45
2.2.4. Optimización de estabilización de taludes utilizando cambios geométricos	48
2.2.5. Optimización de estabilización de taludes mediante métodos estructurales	49
2.3. Marco conceptual	52
2.3.1. Talud	52
2.3.2. Desplazamientos de taludes	53
2.3.3. Estudio geotécnico del suelo	55
2.3.4. Deslizamiento de taludes	59
2.3.5. Susceptibilidad a deslizamientos	60

2.3.6. Análisis de estabilidad de taludes	64
2.3.7. Métodos de equilibrio límite para el cálculo de estabilidad de taludes	66
2.3.8. Estrategias de control del deslizamiento.....	72
2.3.9. Banquetas.....	77
2.3.10. Muro en gravedad	79
2.3.11. Muro en voladizo	80
2.3.12. Muro en voladizo con contrafuerte.....	81
2.3.13. Muro de tierra reforzada	82
2.3.14. Anclajes	83
2.4. Hipótesis	86
2.5. Operacionalización de variables	86
2.5.1. Variable independiente: Estrategias de control del deslizamiento	86
2.5.2. Variable dependiente: Estabilidad del talud	86
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	88
3.1. Tipo y nivel de investigación	88
3.2. Diseño de investigación	89
3.3. Métodos de investigación.....	92
3.4. Población, muestra y muestreo	93
3.4.1. Población	93
3.4.2. Muestreo	93
3.4.3. Muestra	94
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	95
3.5.1. Técnicas	95
3.5.2. Instrumentos	97
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	99
3.6.1. Proceso de obtención de los datos	99
3.6.2. Procesamiento de datos.....	140
3.6.3. Análisis de datos	141
3.7. Aspectos éticos	141

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	143
4.1. Descripción de resultados.....	143
4.1.1. Susceptibilidad a deslizamientos del talud Llarillaco.....	143
4.1.2. Análisis de estabilidad del talud Llarillaco.....	149
4.1.3. Estrategias de control del deslizamiento en el talud Llarillaco	174
4.1.4. Comparar la efectividad de las estrategias de control del deslizamiento en el talud Llarillaco.....	198
4.2. Contrastación de hipótesis.....	207
4.3. Discusión de resultados.....	211
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	219
5.1. Conclusiones	219
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias	221
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS.....	222
CAPÍTULO VII. ANEXOS	234
Anexo A. Matriz de consistencia.....	234
Anexo B. Panel fotográfico	235
Anexo C. Matriz SAATY	243
Anexo D. Estudio de mecánica de suelos.....	244
Anexo E. Diseño de muros de contención.....	245
Anexo F. Diseño de anclajes	246
Anexo G. Planos	247

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valores Típicos del Ángulo de Fricción Drenado para Arena y Limos	43
Tabla 2	Nivel de Susceptibilidad.....	60
Tabla 3	Pendiente	61
Tabla 4	Vegetación.....	62
Tabla 5	Geomorfología	63
Tabla 6	Geología	63
Tabla 7	Precipitación.....	64
Tabla 8	Factor de Seguridad para el Análisis de Taludes.....	66
Tabla 9	Valores Referenciales para Taludes en Corte.....	77
Tabla 10	Matriz de Operacionalización de Variables	87
Tabla 11	Tipo de Investigación según los Principales Criterios	89
Tabla 12	Secciones de Estudio en la Carretera Chota – La Palma.....	95
Tabla 13	Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Medición de Datos.....	99
Tabla 14	Parámetros para Evaluar Susceptibilidad a Deslizamientos.....	103
Tabla 15	Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos.....	111
Tabla 16	Clasificación de Suelos de Acuerdo a la Amplificación Sísmica.....	120
Tabla 17	Datos Técnicos de Banqueta del Talud Llarillaco, carretera La Palma – Chota	125
Tabla 18	Dimensiones del Muro de Gravedad.....	128
Tabla 19	Dimensiones del Muro en Voladizo.....	130
Tabla 20	Dimensiones del Muro en Voladizo con Contrafuerte	132
Tabla 21	Diseño de Anclajes del Tramo Km 11+363 al Km 11+323	137
Tabla 22	Características de los Anclajes del Tramo Km 11+363 al Km 11+323	137
Tabla 23	Diseño de Anclajes del Tramo Km 11+303 al Km 11+163	138
Tabla 24	Características de los Anclajes del Tramo Km 11+303 al Km 11+163	138
Tabla 25	Diseño de Anclajes del Tramo Km 11+103	138
Tabla 26	Características de los Anclajes del Tramo Km 11+103	138
Tabla 27	Diseño de Anclajes del Tramo Km 11+063	139
Tabla 28	Características de los Anclajes del Tramo Km 11+063	139
Tabla 29	Susceptibilidad del Talud Llarillaco.....	143
Tabla 30	Condicionantes del Talud Llarillaco	144
Tabla 31	Pendiente del Talud Llarillaco	145
Tabla 32	Vegetación del Talud Llarillaco	146
Tabla 33	Geomorfología del Talud Llarillaco.....	147
Tabla 34	Geología del Talud Llarillaco	148

Tabla 35 Factores de Seguridad del Talud Llarillaco en Condiciones Estáticas y Dinámicas por Diferentes Métodos de Estimación	157
Tabla 36 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Banquetas 1:1.....	175
Tabla 37 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Muros de Gravedad.....	179
Tabla 38 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Muros en Voladizo	183
Tabla 39 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Muros en Contrafuerte	187
Tabla 40 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Muros de Tierra Reforzada.....	191
Tabla 41 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Anclajes	195
Tabla 42 Factor de Seguridad Estático de las Estrategias de Control del Deslizamiento del Talud Llarillaco	203
Tabla 43 Factor de Seguridad Dinámico de las Estrategias de Control del Deslizamiento del Talud Llarillaco.....	204
Tabla 44 Eficiencia de las Estrategias de Control del Deslizamiento del Talud Llarillaco en Relación al Factor de Seguridad Estático.....	205
Tabla 45 Eficiencia de las Estrategias de Control del Deslizamiento del Talud Llarillaco en Relación al Factor de Seguridad Dinámico.....	206
Tabla 46 Estadísticas Descriptivas del Factor de Seguridad Estático	207
Tabla 47 Estadísticas Descriptivas del Factor de Seguridad Estático	207
Tabla 48 Prueba de Hipótesis para el Factor de Seguridad Estático	208
Tabla 49 Prueba de Hipótesis para el Factor de Seguridad Estático	209

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fenomenología del Deslizamiento del Talud	38
Figura 2	Inclinación del Plano de Falla en el Suelo con Respecto al Plano Principal	42
Figura 3	Círculo de Mohr y Envolvente de Falla.....	42
Figura 4	Comparación del Esfuerzo Cortante Medio Calculado que Actúa a lo Largo de la Superficie Plana de Deslizamiento.....	44
Figura 5	Estrategias de Estabilización de Taludes	45
Figura 6	Tipos de Taludes.....	52
Figura 7	Clasificación de los Desplazamientos de Talud	54
Figura 8	Clasificación SUCS del Suelo	57
Figura 9	Deslizamiento y sus Partes Principales.....	59
Figura 10	Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes	67
Figura 11	Fuerzas que Actúan sobre una Dovela.....	68
Figura 12	Diagrama para Determinar el Factor f_0 para el Método de Janbú.	70
Figura 13	Funciones Típicas $f(x)$ Aplicadas en Método de Mongenstern-Price.....	71
Figura 14	Sistemas de Estabilización de Taludes	72
Figura 15	Estructuras de Contención de Deslizamientos: Muros	75
Figura 16	Aplicación de Sistemas de Estabilización en Taludes	76
Figura 17	Sección Transversal Típica de Corte de Talud en una Carretera.....	78
Figura 18	Requerimientos Geométricos para Muros de Gravedad	79
Figura 19	Requerimientos Geométricos para Muros en Voladizo	80
Figura 20	Requerimientos Geométricos para Muros en Voladizo con Contrafuerte	82
Figura 21	Requerimientos Geométricos para Muros de Tierra Reforzada	83
Figura 22	Requerimientos Geométricos para Sistemas Anclados.....	85
Figura 23	Esquema de Investigación	91
Figura 24	Modalidad de Investigación.....	92
Figura 25	Carretera Chota – La Palma.....	93
Figura 26	Ubicación del Talud Llarillaco en la Carretera Chota – La Palma	94
Figura 27	Levantamiento Topográfico del Talud Llarillaco con GPS diferencial.....	101
Figura 28	Cuadrángulos para Muestreo de Suelo con SPT.....	106
Figura 29	Realización del Ensayo de SPT	109
Figura 30	Clasificación del Suelo por Estratos según el Ensayo de SPT.....	110
Figura 31	Realización del Ensayo de Contenido de Humedad por Estrato.....	114
Figura 32	Realización del Ensayo de Granulometría por Estrato	115
Figura 33	Realización del Ensayo de Límite Líquido por Estrato	116

Figura 34	Realización del Ensayo de Límite Plástico por Estrato	118
Figura 35	Realización del Ensayo de Corte Directo por Estrato.....	119
Figura 36	Banqueta del Talud Llarillaco, sección Km 0+182, Carretera La Palma – Chota..	125
Figura 37	Dimensiones del Muro de Gravedad	128
Figura 38	Verificación de Equilibrio del Muro de Gravedad	129
Figura 39	Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Gravedad.....	129
Figura 40	Dimensiones del Muro en Voladizo	130
Figura 41	Verificación de Equilibrio del Muro en Voladizo	131
Figura 42	Verificación de la Capacidad Portante del Muro en Voladizo	131
Figura 43	Dimensiones del Muro en Voladizo con Contrafuerte	132
Figura 44	Verificación de Equilibrio del Muro en Voladizo con Contrafuerte	133
Figura 45	Verificación de la Capacidad Portante del Muro en Voladizo con Contrafuerte....	133
Figura 46	Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada.....	134
Figura 47	Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada.....	134
Figura 48	Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Tierra Reforzada.....	135
Figura 49	Verificación Global del Muro de Tierra Reforzada.....	135
Figura 50	Condicionantes: Pendiente, del Talud Llarillaco.....	149
Figura 51	Condicionantes: Vegetación del Talud Llarillaco.....	150
Figura 52	Condicionantes: Geomorfología del Talud Llarillaco	151
Figura 53	Condicionantes: Geología del Talud Llarillaco	152
Figura 54	Condicionantes del Talud Llarillaco.....	153
Figura 55	Susceptibilidad a Deslizamientos del Talud Llarillaco.....	154
Figura 56	Factores de Seguridad del Talud Llarillaco por Grupos	156
Figura 57	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+363	158
Figura 58	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+343	159
Figura 59	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+323	160
Figura 60	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+303	161
Figura 61	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+283	162
Figura 62	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+263	163
Figura 63	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+243	164
Figura 64	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+223	165
Figura 65	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+203	166
Figura 66	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+183	167
Figura 67	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+163	168
Figura 68	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+143	169
Figura 69	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+123	170
Figura 70	Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+103	171

Figura 71 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+083	172
Figura 72 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+063	173
Figura 73 Factor de Seguridad con Banquetas, Sección Km 11+363	176
Figura 74 Factor de Seguridad con Banquetas, Sección Km 11+303	176
Figura 75 Factor de Seguridad con Banquetas, Sección Km 11+103	177
Figura 76 Factor de Seguridad Dinámico con Banquetas, Sección Km 11+063	177
Figura 77 Factor de Seguridad Sección 11+363, Muro de Gravedad	180
Figura 78 Factor de Seguridad Sección 11+303, Muro de Gravedad	180
Figura 79 Factor de Seguridad Sección 11+103, Muro de Gravedad	181
Figura 80 Factor de Seguridad Sección 11+063, Muro de Gravedad	181
Figura 81 Factor de Seguridad Sección 11+363, Muro en Voladizo	184
Figura 82 Factor de Seguridad Sección 11+303, Muro en Voladizo	184
Figura 83 Factor de Seguridad Sección 11+103, Muro en Voladizo	185
Figura 84 Factor de Seguridad Sección 11+063, Muro en Voladizo	185
Figura 85 Factor de Seguridad Sección 11+363, Muro en Contrafuerte.....	188
Figura 86 Factor de Seguridad Sección 11+303, Muro en Contrafuerte.....	188
Figura 87 Factor de Seguridad Sección 11+103, Muro en Contrafuerte.....	189
Figura 88 Factor de Seguridad Sección 11+063, Muro en Contrafuerte.....	189
Figura 89 Factor de Seguridad Sección 11+363, Muro de Tierra Reforzada.....	192
Figura 90 Factor de Seguridad Sección 11+303, Muro de Tierra Reforzada.....	192
Figura 91 Factor de Seguridad Sección 11+103, Muro de Tierra Reforzada.....	193
Figura 92 Factor de Seguridad Sección 11+063, Muro de Tierra Reforzada.....	193
Figura 93 Factor de Seguridad Sección 11+363, Anclajes	196
Figura 94 Factor de Seguridad Sección 11+303, Anclajes	196
Figura 95 Factor de Seguridad Sección 11+103, Anclajes	197
Figura 96 Factor de Seguridad Sección 11+063, Anclajes	197
Figura 97 Factor de Seguridad Estático y Dinámico del Talud Llarillaco con Estrategias de Control del Deslizamiento.....	201
Figura 98 Eficiencia de las Estrategias de Control del Deslizamiento en el Talud Llarillaco .	201
Figura 99 Factor de Seguridad Estático del Talud Llarillaco con Estrategias de Control del Deslizamiento.....	202
Figura 100 Factor de Seguridad Dinámico del Talud Llarillaco con Estrategias de Control del Deslizamiento.....	202
Figura 101 Grafica de Barras Combinada de los Factores de Seguridad por Secciones según Estrategia de Contención del Deslizamiento.....	209
Figura 102 Gráfica de Coordenadas Paralelas de los Factores de Seguridad Estáticos del Talud con Estrategias de Control de Deslizamiento.....	210

Figura 103 Gráfica de Coordenadas Paralelas de los Factores de Seguridad Dinámicos del Talud con Estrategias de Control de Deslizamiento..... 210

RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de analizar las estrategias de control del deslizamiento para mejorar la estabilidad del talud Llarillaco en la carretera Chota - La Palma, provincia de Chota. Donde, la muestra fueron los 300 m del talud Llarillaco del Km 11+063 al Km 11+363 de la carretera La Palma – Chota, donde se ha analizado la pendiente, vegetación, cercanía a una quebrada, formación geológica, geomorfología, erosión del suelo, y propiedades mecánicas del suelo por medio del ensayo SPT para caracterizar el lugar, pero, al modelar el talud se comprobó que, presenta problemas de estabilidad tanto en condiciones estáticas como en condiciones dinámicas, sobre todo en las secciones Km11+063 al Km 11+363, por lo que, se evaluaron diferentes estrategias de control del deslizamiento, como el cambio de geometría del talud, muros de gravedad, voladizo, contrafuerte y de tierra reforzada. Sin embargo, ninguno de estos métodos lograba superar los requisitos mínimos de la norma establecida. Finalmente, se encontró que la colocación de anclajes resulta en una solución más eficiente y segura para estabilizar el talud en todas las secciones evaluadas. Los anclajes lograban estabilizar el talud tanto en condiciones estáticas como dinámicas, con factores de seguridad adecuados. En conclusión, la colocación de anclajes es la estrategia de control del deslizamiento más efectiva (190%) y segura para mejorar la estabilidad del talud Llarillaco en la carretera La Palma – Chota (Fs estático de 2.51 y dinámico de 1.44).

Palabras clave: Banquetas, muros de contención, anclajes, factor de seguridad estático – dinámico.

ABSTRACT

The research was carried out with the objective of analyzing landslide control strategies to improve the stability of the Llarillaco slope on the Chota - La Palma highway, province of Chota. Where, the sample was the 300 m of the Llarillaco slope from Km 11+063 to Km 11+363 of the La Palma - Chota road, where the slope, vegetation, proximity to a creek, geological formation, geomorphology, soil erosion, and mechanical properties of the soil have been analyzed by means of the SPT test to characterize the place, but, However, when modeling the slope, it was found that it presents stability problems in both static and dynamic conditions, especially in sections Km 11+063 to Km 11+363, so different landslide control strategies were evaluated, such as changing the geometry of the slope, gravity walls, cantilever, buttress and reinforced earth. However, none of these methods were able to exceed the minimum requirements of the established standard. Finally, anchor placement was found to be a more efficient and safer solution to stabilize the slope in all sections evaluated. The anchors were able to stabilize the slope in both static and dynamic conditions, with adequate safety factors. In conclusion, anchor placement is the most effective (190%) and safest slip control strategy to improve the stability of the Llarillaco slope on the La Palma - Chota road (static F_s of 2.51 and dynamic of 1.44).

Key words: Benches, retaining walls, anchors, static-dynamic safety factor.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Los deslizamientos de tierra generalmente se desencadenan en pendientes naturales, pero también pueden ocurrir en pendientes artificiales (Mamat et al., 2019a) causando varios peligros, daños a las carreteras, los servicios públicos, los cursos naturales de los ríos e incluso a las personas (Amin et al., 2022), por ello es que, su análisis y detección preliminar es fundamental, no obstante, a pesar de las mejoras en el reconocimiento y la predicción a través de programas computacionales, el planteamiento de medidas de mitigación es indispensable para que, los fallos en la estabilidad de los taludes no sigan teniendo un alto coste social, económico y medioambiental (Mohamed & Bayram, 2020).

Las carreteras experimentan deslizamientos de tierra frecuentes, debido al corte de taludes para la apertura vial (Siddique & Pradhan, 2018), pero pueden ser estabilizados con diferentes estrategias, como el cambio geométrico, soluciones de contención, el mejoramiento del drenaje, la colocación de anclajes, entre otros métodos, pero su elección debe ser adecuada a las características locales (Mamat et al., 2019b), por tanto, debe verificarse utilizando métodos de modelamiento como equilibrio límite o elementos finitos (Mamat et al., 2020c).

La geografía en el Perú trae consigo fenómenos exógenos y endógenos, que con frecuencia causan cambios en la superficie que generan deslizamientos. Los deslizamientos ocurren en cualquier talud y ladera inestable, siendo uno de los principales problemas en el país, sobre todo en la Sierra, a causa de su relieve, geografía y climatología (Polo & Polo, 2020). Cuando estos deslizamientos ocurren en carreteras generan la paralización del tránsito vehicular y de personas,

originando cuantiosas pérdidas económicas y en algunos casos más graves pérdidas de vidas humanas, por lo que, como medio de mitigación deben proponerse estrategias de control frente a deslizamientos (Breña, 2019).

Según INDECI (2018) en los Departamentos de Apurímac, Huancavelica y Cajamarca, se han registrado en los últimos 14 años la ocurrencia acumulada de 61 mil 856 emergencias, de las cuales sobresalen los deslizamientos de tierra y lluvias intensas. Ordoñez (2019) también argumenta que, Cajamarca es uno de los departamentos con mayor incidencia en los impactos por deslizamientos a causa de las precipitaciones extremas que, se registran en la región. El departamento cajamarquino, geomorfológicamente está constituido por paisajes de altiplanicie, montañoso, colinoso y planicie. Donde, la Provincia de Chota, está enclavada en el gran paisaje colinoso, abarcando dentro de ella hasta tres unidades geomorfológicas: Unidad Geomorfológica de Colina Alta Empinada (400 a 2700 msnm) donde la pendiente dominante está entre 25 a 50%; Colina Alta Fuertemente Empinada (300 a 2700 msnm) donde la pendiente dominante va desde 50 a 75% y, Colina Alta Moderadamente Empinada, que va desde los 500 hasta los 2900 msnm., con pendientes entre el 15 a 25% (Alcántara, 2011). La geomorfología, topografía empinada, geología y climatología local explican los deslizamientos de taludes, más aún si se altera la estabilidad de la ladera con la construcción de una carretera (Siddque & Pradhan, 2018).

En Chota, las fuertes precipitaciones pluviales del 4 de marzo de 2022, ocasionaron deslizamientos, derrumbes y erosión fluvial que, afectaron varias vías de comunicación en el distrito de Chota (INDECI, 2022), una de las vías afectadas fue la carretera Chota – La Palma, misma que, ya ha sido afectada por deslizamientos con anterioridad, tal como, informó el Gobierno Regional de

Cajamarca (2013) el 14 de marzo del año 2013, donde se produjo el mayor deslizamiento registrado en la vía en mención, que afectó los kilómetros 8 y 11, generando el asentamiento de la plataforma, lo que, ponía en riesgo a los transportistas, que a pesar de sus esfuerzos por controlar el deslizamiento, este solo se detuvo momentáneamente con trabajos de remoción del talud, pero como se evidencia en los reportes de INDECI (2022), se siguen presentando deslizamientos, en estos puntos críticos, sobre todo en la parte de la vía que, está dentro de la jurisdicción de la zona denominada Llarillaco, caserío Los Lanches, centro poblado Colpatuapampa, misma denominación que, se le ha dado al talud, que constantemente se desliza perjudicando a los transportistas y transeúntes.

El caso del talud Llarillaco en la carretera Chota - La Palma es un ejemplo claro de la necesidad de evaluar y verificar cuáles son las estrategias de control más efectivas para mantener la estabilidad de esta importante vía de comunicación. El talud presenta un comportamiento deslizante que conlleva un riesgo importante tanto para la seguridad vial como para la población local. Ante esta situación, se requiere llevar a cabo un análisis y evaluación de diversas estrategias de control de deslizamiento que pueden implementarse con el fin de garantizar la estabilidad del talud. Sin embargo, no se puede proponer una estrategia adecuada sin antes contrastar la eficiencia en el control del deslizamiento de todas las opciones técnicamente viables. Por ende, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo con el objetivo de establecer una solución integral respaldada por evidencia científica y técnicas de ingeniería apropiadas, buscando así minimizar los riesgos asociados al deslizamiento y asegurar la estabilidad de la carretera.

Con este propósito en mente, el desarrollo de este estudio de tesis buscó aportar conocimientos técnicos y científicos que contribuyan a establecer la estrategia de control de deslizamiento que garantice la estabilidad del talud.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida las estrategias de control del deslizamiento del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma, provincia de Chota son eficientes para estabilizar el talud?

1.3. Justificación

Este tipo de estudio ayuda a comprender las fuerzas y factores que contribuyen al deslizamiento de talud, como la inclinación, tipo de suelo, carga aplicada, entre otros. Al comprender estas causas y mecanismos, los científicos pueden desarrollar estrategias de control más efectivas. Por ello, como producto científico se ha encaminado a utilizar datos descriptivos obtenidos a partir de la caracterización del talud (pendiente, geología, geomorfología, geotecnia, entre otros) para entender la fenomenología del deslizamiento y poder plasmar los datos en mapas de susceptibilidad frente a deslizamientos del talud Llarillaco; pero también, se enfoca en simular escenarios de contención, con estrategias de estabilidad de taludes, verificando y comparando la eficiencia de estas, es decir se orienta al análisis comparativo de las estrategias de control de deslizamiento utilizando los métodos (cambio de geometría de talud, solución de contención y solución de acción).

La investigación implica el desarrollo de modelos y métodos de análisis para evaluar la estabilidad del talud y predecir el potencial de deslizamiento. Estos modelos y métodos ayudan a los investigadores a comprender mejor la dinámica del deslizamiento de talud y a tomar decisiones informadas sobre las estrategias

de control, considerando que existen diferentes estrategias, como la construcción de muros de contención (solución de contención), la colocación de anclajes (solución de acción), la estabilización de la pendiente y reducción de la carga aplicada (cambio de geometría), entre otros; siendo así, el estudio de estas estrategias permite evaluar su efectividad en la prevención del deslizamiento y sugerir posibles mejoras o alternativas más eficientes.

No existen investigaciones referentes al planteamiento de estrategias de control del deslizamiento de taludes en Llarillaco de la carretera Chota – La Palma en la provincia de Chota y además a ello a nivel regional las investigaciones solo analizan los taludes de forma general, sin embargo no plantean la contrastación de los métodos de estabilización, por ello con el presente estudio se tiene un lineamiento general para la realización de análisis a nivel de deslizamientos de taludes con sistemática determinista – probabilística.

En resumen, con la investigación se ha proporcionado una comprensión más sólida de los mecanismos del deslizamiento, al desarrollar modelos y métodos de análisis para conocer la susceptibilidad del área, al evaluar la efectividad de las estrategias existentes y al investigar nuevas estrategias de control combinadas. Aportes que, contribuyen a mejorar la seguridad y estabilidad de los taludes en diferentes proyectos de ingeniería civil y geotécnica.

1.4. Delimitación de la investigación

Espacialmente se delimita en el talud Llarillaco ubicado en la comunidad Los Lanches, carretera Chota – La Palma, distrito y provincia de Chota – Cajamarca, geográficamente en las coordenadas UTM WGS84 17S 762432.13 m E, 9280559.08 m S a 2830 msnm.

Temporalmente, los estudios de campos se realizaron en el mes de abril del año 2023. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2023), la estación meteorológica Chota ubicada en 760025.00 m E, 9275705.00 m S a 2468 msnm, la precipitación máxima en el mes de abril fue de 33.2 mm/día, a 93.3% humedad relativa, con temperatura mínima de 9.4° y máxima de 22.8°.

Metodológicamente, en el estudio de enfoque mixto, tipo aplicado, nivel explicativo y diseño cuasiexperimental, se ha definido la muestra no probabilística por conveniencia tomando en cuenta el talud con precedentes de deslizamientos según el Gobierno Regional de Cajamarca (2013) e INDECI (2022), siendo este el talud de los 300 m longitudinales de la carretera Chota – La Palma en el Km 11+500 al Km 11+820, en el sector denominado Llarillaco de la comunidad Los Lanches, distrito de Chota.

El procedimiento inició con la realización del levantamiento topográfico del talud con GPS diferencial Chcnv i90 para determinar la geometría del talud y formular el mapa de pendientes; en conjunto, también se planteó el recorrido de campo con el equipo visual básico (lupa, ácido clorhídrico, brújula) para corroborar el mapa de geología y geomorfología dado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, para caracterizar la susceptibilidad del talud Llarillaco. Pero también se realizó el ensayo de SPT con recuperación de muestra en las coordenadas UTM WGS4 17S 762496 m, 9280539 m a 2852 msnm, obteniendo así las muestras que, fueron trasladadas al laboratorio GSE de Chota para verificar sus parámetros mecánicos (Cohesión C y ángulo de fricción ϕ) a través del ensayo de corte directo. Obtenidos la información de campo, se procedió al modelamiento del talud en el programa Slide vs. 6.0. y Geo5 vs. 23 determinando los factores de

seguridad en condiciones estáticas y dinámicas para todas las secciones del talud, tomadas en un trayecto de 300 m, con 16 secciones, una cada 20 m. En base a los resultados del talud natural, se ha verificado aquellas secciones que requieren la aplicación de estrategias de control de deslizamientos, planteando tres estrategias por separado: Banquetas, colocación de anclajes y construcción de un muro en voladizo. Con cada estrategia de control se han obtenido nuevos factores de seguridad que, han permitido determinar la efectividad del método de contención, y así establecer finalmente una propuesta que logra contener el deslizamiento en el talud Llarillaco, carretera Chota – La Palma.

1.5. Limitaciones

Los parámetros utilizados en los modelos de estabilidad del talud, como las propiedades geotécnicas, a menudo se obtienen a través de pruebas y mediciones en el campo, que están sujetas a cierta incertidumbre. Estas incertidumbres en los parámetros pueden afectar la precisión de los resultados del estudio. Para eludir ello, se ha realizado la prueba de SPT con recuperación de muestra que, permite la evaluación por estrato.

Las condiciones ambientales y geológicas pueden cambiar con el tiempo, lo que puede afectar la estabilidad del talud por lo que, cada cierto lapso se tiene que replicar el análisis. Así lo validan Abramson et al. (2001) quienes argumentan que, cada vez que haya un cambio sustancial visible en la topografía, geología o geomorfología del lugar se debe volver a replicar el estudio, de allí la importancia de caracterizar estos aspectos en un talud.

Únicamente se ha evaluado la susceptibilidad del talud, por lo tanto, no se cuenta con ningún parámetro de evaluación adicional. Esto se debe a que el parámetro de evaluación solo se incluye cuando se analiza de forma integral el

peligro, mientras que en este estudio solo se está analizando la susceptibilidad del talud para caracterizarlo simplemente, ya que, la finalidad se centra en la evaluación de las estrategias del control de deslizamientos. Por lo tanto, solo se han considerado los parámetros condicionantes y desencadenantes, los cuales conforme al manual CENEPRED (2015), se han estimado utilizando pares ponderados (ver anexo Matriz SAATY).

1.6. Objetivos

1.6.1. *Objetivo general*

Analizar las estrategias de control del deslizamiento para la estabilidad del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma, provincia de Chota.

1.6.2. *Objetivos específicos*

- Caracterizar la pendiente, vegetación, geología y geomorfología del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma, para verificar su susceptibilidad a deslizamientos.
- Analizar la estabilidad del talud natural Llarillaco en condiciones estáticas y dinámicas para verificar aquellos tramos que requieren de estrategias de control de deslizamientos.
- Analizar la estabilidad del talud Llarillaco con cambio de geometría, con una solución estructural de contención y con una solución estructural de acción (anclajes).
- Comparar la efectividad de las estrategias (cambio de la geometría, solución estructural de contención, solución estructural de acción) en el control de deslizamientos.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

García (2022) en su tesis “Análisis de estabilidad y propuesta de métodos de estabilización para el talud del km 7+500 al km12+000 de la vía Guaranda – Riobamba” analizó métodos de estabilización para el talud del 7.50 al 12.00 km de la carretera Guaranda – Riobamba, en dos sitios inestables compuestos por macizos rocosos en el 8.972 km y 9.50 km, que no tienen las pendientes sugeridas para taludes rocosos. Determinó que, el talud 1 y 2 presentaban factores de seguridad (FS) estático de 1.47 y 1.13, mientras que, pseudoestático de 0.925 y 0.817. Pero una vez que, se desarrollaban la alternativa 1 reconfiguración geométrica + revestimiento, y la alternativa 2 reconfiguración geométrica + muro claveteado el FS estático era 1.72 y 1.79, y el FS dinámico era 1.07 y 1.17 para el talud 1; para el talud 2 con la alternativa 1 y 2, el FS estático era 1.69 y 1.70, mientras que, el pseudoestático era 1.11 y 1.09. Del contraste concluyó que, la alternativa 1 era la alternativa más viable. El aporte fue la combinación de diferentes estrategias de control de deslizamiento analizadas en conjunto para garantizar la estabilidad del talud, definiendo finalmente la más viable por medio del análisis de la eficiencia de la estrategia de control.

Mebrahtu et al. (2022) en su artículo científico “Análisis de estabilidad de taludes de deslizamientos de tierra profundos utilizando métodos de equilibrio límite y elementos finitos en el área de Debre Sina, Etiopía” tuvo como objetivo evaluar la estabilidad de taludes y comparar los factores de seguridad calculados mediante los diferentes métodos numéricos disponibles. La estabilidad se evaluó

para taludes de geometría compleja en Debre Sina, compuestos por arena arcillosa mal seleccionada utilizando el método de equilibrio límite y elementos finitos; además, el análisis numérico se realizó bajo carga estática y pseudoestática utilizando el coeficiente sísmico horizontal para modelar su estabilidad durante un evento sísmico. El análisis de estabilidad de taludes indica que los taludes estudiados son inestables y cualquier perturbación de pequeña escala reducirá aún más el factor de seguridad (0.58 para elementos finitos y 1.03 para equilibrio límite) y provocará fallas. La estabilidad de los taludes de los cerros propensos a deslizamientos en el área de estudio depende en gran medida de las condiciones de saturación y de la carga sísmica.

Gutiérrez-Matín et al. (2021) en su artículo científico “Cálculo de micropilotes y anclajes para reforzar un talud en situaciones de emergencia: aplicación en Málaga, España” tuvieron como objetivo calcular los micropilotes y anclajes para reforzar un talud en Malaga, España. El sistema propuesto radica en la ejecución de una hilera de micropilotes y anclajes con una metodología de cálculo basada en Spencer, que introduce infiltración de agua simulando un régimen estacionario de lluvia, con F_s menor a 1, lo que, hace que el talud sea inestable. En el procedimiento se introdujo un esfuerzo pasivo en el talud (fila de micropilotes) obteniendo F_s 1.335; posteriormente, introdujo otra fuerza en este caso activo (línea de anclajes pasivos), que aumenta el F_s 1.504. Concluyendo que, después de reforzar el deslizamiento el coeficiente de estabilidad se puede aumentar de 0.907 a 1.504 con la aplicación del sistema propuesto, logrando un incremento del 55.04% del FS. El aporte teórico fue al aspecto metodológico para la aplicación de anclajes para estabilizar taludes.

Omar et al. (2021) en su artículo científico “Aplicación de la inteligencia artificial a la predicción de la estabilidad de taludes en terrenos blandos: Un estudio comparativo” tuvieron como objetivo aplicar la inteligencia artificial a la predicción de la estabilidad del talud en terrenos blandos, determinando que, el talud de análisis era inestable con FS menor a 1.5, pero que, al cambiar la pendiente se logran obtener factores de seguridad de 3.280 para Morgenstern-Price, 3.240 para Ordinary, 3.286 para Bishop y 3.198 para Janbu. Siendo el aporte, el uso de la estrategia de la modificación de la geometría del talud para lograr el control del deslizamiento, así como, la aplicación de diferentes métodos de cálculo del FS.

Vagnon (2020) en su investigación “Diseño de medidas activas de mitigación de flujos de detritos: análisis exhaustivo de los modelos de impacto existentes” tuvo como objetivo diseñar medidas activas de mitigación del flujo de escombros, a partir de la revisión bibliográfica existente. Analizó las pautas de diseño existentes para la barrera de protección contra el flujo de escombros. Finalmente, partiendo del análisis de la respuesta del modelo hidrostático para ajustar los datos de campo e introduciendo algunos supuestos prácticos, propuso una fórmula empírica para tener en cuenta los efectos dinámicos del fenómeno.

Kassou et al. (2020) en su artículo científico “Mejora de la estabilidad de taludes en suelos blandos mediante drenajes verticales” tuvieron como objetivo mejorar la estabilidad del talud de suelos blandos mediante drenajes verticales. La evaluación del FS se llevó a cabo basándose en el método Bishop, además, se presentaron las variaciones de la resistencia al corte y FS. Con el fin de validar los métodos discutidos en este estudio, realizaron el análisis de estabilidad de cinco terraplenes construidos sobre suelos arcillosos blandos en Marruecos. Concluyeron que, el factor de seguridad con el drenaje vertical es 1.611. Por tanto,

aportan al conocimiento del análisis de las estrategias de control de deslizamiento con métodos hídricos, a partir de la definición del factor de seguridad.

Mohamed & Bayram (2020) en su artículo científico “Un estudio práctico del deslizamiento de talud de una carretera, estudio de caso: Alanya-Konya Roadway, Turquía” tuvieron por fin analizar la estabilidad de 14 cortes del talud de la carretera Alanya-Konya, con lo que, concluyeron que, los taludes pueden clasificarse en parcialmente estables (50%), inestables (30%) y completamente inestables (20%) con un probable modo de fallo planar (20%), modo de fallo de desprendimiento (27%) y modo de fallo de cuña (53%). Para avalar la estabilidad del talud de los cortes de carretera frente a los fallos, también puede resultar beneficioso el aplanamiento con diferentes ángulos y, en ocasiones, la construcción de muros de bloques de roca. Aporta al análisis de susceptibilidad del fenómeno caracterizando los parámetros del entorno, por lo que, ha servido como medio metodológico en la definición de la pendiente, geología y geomorfología local para calificar la estabilidad del talud.

Bravo & Lumbi (2020) en su tesis doctoral “Análisis de la estabilidad de Talud en la carretera Guanujo-Echeandía en el sector agua blanca” tuvieron por fin proponer opciones para la estabilización del talud de la carretera Guanujo-Echeandía, para lo cual identificaron características topográficas y geotécnicas, verificando que el suelo era arena limosa, y estos datos les ayudaron a determinar el coeficiente de seguridad siendo 1.57, 1.25, 1.13, 1.00 y 0.65. Finalmente, propusieron en las secciones con FS 1.13, 1.00 y 0.65, colocar muros de gravedad, cambiar la geometría de los taludes e instalar canales trapezoidales que aseguren el drenaje del flujo hídrico. Representa un medio de verificación de la pertinencia de aplicación de estrategias de control de deslizamientos en relación al FS.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Klimeš et al. (2023) en su artículo científico “Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra y reducción del riesgo en la comunidad rural de Rampac Grande, Cordillera Negra, Perú” tuvieron como objetivo evaluar el peligro de deslizamiento en la comunidad Rampac Grande, donde en el 2009 ya fue el centro de un catastrófico deslizamiento de tierra. Determinaron que el talud conformado por 15% a 20% de suelo arcilloso tenía valores muy bajos de FS con condición seco, seco con efectos sísmicos, y saturado para el talud oeste (1.01, 0.77 y 0.49) y para el talud este (1.08, 0.88 y 0.56), por lo que, no se pueden lograr pendientes temporalmente estables. Así mismo, el nivel de riesgo frente a deslizamientos en el lado oeste y este del talud es medio y bajo, correspondientemente, pero el peligro es alto. Además, en la zona se habían implementado medidas de control de las cuales fueron efectivas los mapas de riesgo, debido a que, la población dejó de construir en las zonas críticas, no obstante, el monitoreo de deslizamiento no fue un método bien recibido debido a que, perturba el entorno social. Concluyeron que, el sitio de estudio representa un entorno social, cultural y geológicamente complejo que limita las soluciones técnicas aplicables para la reducción del riesgo de deslizamientos de tierra y exige un alto nivel de participación comunitaria en todos los pasos de reducción del riesgo de deslizamientos de tierra. El antecedente refleja no solo el análisis de la estabilidad del talud por medio del modelamiento de escenarios de deslizamiento, sino que también establece el análisis de susceptibilidad para la presentación de mapas, y analiza las estrategias de control implementadas revelando la importancia de formular los mapas de peligro.

Alva et al. (2023) en su artículo científico “Estimación de los Desplazamientos Sísmicos Permanentes de los Acantilados de la Costa Verde,

Lima, Perú” realizó la estimación de los desplazamientos de los taludes en caso de sismo en Costa Verde. Los acantilados de la Costa Verde tienen una altura que varía de 50 m a 60 m y una pendiente mayor a 60° de inclinación y están formados generalmente por el Conglomerado de Lima en casi toda su extensión longitudinal. La resistencia del conglomerado está dada por un ángulo de fricción de 40° y cohesión de 0.5 kg/cm² y del suelo fino con arena por 28.5° de fricción y 0.90 kg/cm² de cohesión. Determinando que, en condiciones estáticas casi todos los perfiles presentan FS mayor a 1.5, a excepción de los perfiles P-02,03,04 cuyo FS es mayor a 1 pero menor a 1.5, por lo que, no son necesariamente inestables y también están en equilibrio, siendo consistente con lo observado en el sitio; así mismo, en condiciones pseudoestáticas varios perfiles presentan FS superior a 1.25, por lo que, se consideran estables durante un sismo de gran intensidad, a excepción del perfil P-06 y P-12 cuyo FS menor a 1.0 indica que el talud fallará. Concluyeron que, algunos perfiles de los Acantilados de la Costa Verde mostraron que el FS pseudoestático varió entre 1.02 y 1.10, obteniéndose desplazamientos permanentes menores a 0.1 m, mientras que aquellos con FS menor a 1.0 obtuvieron desplazamientos mayores a 0.3 m, por lo que, se recomienda su control permanente. El aporte a la investigación es la metodología de estimación y análisis de la estabilidad de taludes por medio de un proceso que combina el modelamiento con las observaciones de campo.

Espinoza (2023) en su tesis “Evaluación de los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del tajo superficial Raúl Rojas en la Unidad Minera Cerro de Pasco Compañía Minera Volcan S.A.A. 2022” evaluó los taludes en las excavaciones mineras a cielo abierto donde la geometría puede llevar a la estabilización o deslizamiento del talud conformado por suelo arenoso bien y mal

gradado con ángulo de fricción de 37.9° a 34.7° y cohesión de 0 a 0.78 KN/m^2 . El talud natural presenta correspondientemente FS estático y dinámico de 0.93 y 0.76, siendo inestable, pero al excavar el mismo con un ancho de berma de 3 m, ancho de banco de 5 m, altura total del talud de 10 m y ángulo de banco 42° , el FS estático y dinámico correspondientemente se acrecienta a 1.30 y 1.00, por lo que, concluyeron que, se puede estabilizar el talud al cortarlo en banquetas según las dimensiones determinadas conforme a la normatividad peruana. El aporte radica en la aplicación de una de las estrategias de control de deslizamientos propuestas como parte del análisis comparativo.

Laurente (2023) en su tesis “Análisis de estabilidad del talud central para predecir el fallamiento del cerro cruz de Shallapa distrito de Chavín de Huantar provincia de Huarí Ancash – 2022” planteó el análisis del talud del cerro cruz de Shallapa conformado por areniscas y lutitas, donde el día 30 de junio del 2022 se suscitó un deslizamiento haciendo evidente grietas de tensión post deslizamiento de 30 m de longitud con aberturas de 0.10 a 0.20 m, por lo que, el FS estático por el método de Felenius es de 0.989, siendo la velocidad de colapso de 0.0218 cm/hr con desplazamiento de 28 cm en el talud central, frente a ello, el autor propuso estrategias de control del deslizamiento como el cambio geométrico del talud por medio de bermas, poner mallas y anclajes en los tres flancos del cerro, y la construcción de un muro armado de 6 m de altura en la base del cerro. Concluyó que, después del deslizamiento del cerro cruz de Shallapa, este sigue siendo inestable por lo que, deberían proponerse estrategias de control. Siendo el aporte, el análisis explicativo del deslizamiento del talud natural, pero también, el análisis de las propuestas más adecuadas según las condiciones del deslizamiento.

Hurtado (2023) en su tesis “Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochas – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 Km, 2020” tuvo como objetivo evaluar los FS del talud de la carretera Cochas – Ingenio del 19.6 al 20.424 km, determinó que el suelo del talud estaba integrado por tres estratos siendo arcilla de baja plasticidad, arena arcillosa y grava arcillosa con cohesión de 0.161, 0.184, 0.079 kg/cm², ángulo de fricción de 18.15°, 11.75° y 37.17°, correspondientemente. Así mismo, en el modelo se consideró la presión que genera la carretera colocando una carga unitaria de 12 Kn/m², siendo 3 m de carretera, la carga total fue 36 Kn/m², el FS obtenido fue de 0.872 por el método ordinario Fellenius, concluyendo que, el talud analizado es totalmente inestable frente a factores naturales (lluvia) y antrópicos (corte de talud por mantenimiento de la carretera), por lo que, deberían proponerse estrategias de control. El aporte se da por el medio de análisis del talud en estratos según ensayos de mecánica de suelos amplios como el SPT en un punto.

Chahua (2023) en su tesis “Seguridad y estabilidad del talud inestable en el centro poblado Tecte, km. 190 + 000, carretera central tramo Huánuco – Lima, distrito de San Rafael, provincia de Ambo, Huánuco – 2022” tuvo como objetivo evaluar la estabilidad del talud en el 190 km de Tecte, para ello, formuló mapas de susceptibilidad al deslizamiento considerando la pendiente, humedad del suelo, factor litológico o geológico, con desencadenante por sismicidad, así mismo verificó las propiedades mecánicas del suelo que tenía cohesión de 0.110 a 0.210 kg/cm² y ángulo de fricción de 29.5° a 34.4°, para el modelamiento del talud, determinando FS de 1.4, 1.2, 1.34, 1.83, 1.88, 1.65 correspondientemente para los sectores Cashayo, Matihuaca, Rosayoc, Pomabamb, Ripaca y A.H. 7 de junio, por lo que, concluyó que el sector Matihuaca y Rosayoc eran inestables por lo que,

propuso la colocación de anclajes con mallas metálicas. El aporte del estudio fue al proceso de investigación debido a que también plantearon la formulación de mapas de susceptibilidad como herramienta imprescindible para identificar los sectores críticos que requerían análisis de estabilidad de taludes.

Flamme et al. (2022) en su artículo científico “Investigación geofísica integrada para comprender los deslizamientos de tierra inducidos por la agricultura en el sur del Perú” realizaron estudios geofísicos alrededor de Majes I a 60 km al oeste de Arequipa, donde el nexo de la geología y agricultura ha aumentado la actividad de deslizamiento de tierra a lo largo del valle del río Majes – Siguas. Del modelamiento se determinó que, Majes I tiene condiciones de inestabilidad ante el riesgo por aumento del nivel freático, que terminará afectando a la carretera Panamericana; mientras que Majes II se encuentra actualmente estable y se debe apoyar la gestión del riego, como las técnicas de goteo versus inundación. Concluyeron que, se debe alentar a los mejoradores del suelo, como polímeros y/o biocarbón, a retener el agua cerca de las raíces para reducir el riesgo de inicio de deslizamientos de tierra. Combinado, este trabajo muestra el valor de la investigación hidrológica y geofísica integrada para la gestión de deslizamientos de tierra y el riego optimizado.

Cotera (2022) en su tesis “Aplicación Del Sistema Erdox en la Estabilidad de Talud, Km 11+780 Al 11+840, Carretera Central Acopalca – Huancayo – Junín” evaluó el efecto del sistema Erdox en el talud del 11.78 al 11.84 km de la carretera Central en Junín. Determinó que, el terreno estaba dentro del Grupo geológico Pucara y Excelsior, geomorfológicamente en la superficie Puna, con suelos finos, de cohesión 0.03 kg/cm² y ángulo de fricción de 23.3°. Diseñó un muro en voladizo de 13.16 m, muro en jardinería, y muro Erdox de 2.5 m x 2 m

compuesto por dos vigas de acero unidas por dos platinas, colocadas de forma escalonada en banquetas, así mismo, determinó los costos de construcción de los mismos, con lo que determinó que, el sistema Erdox lograba reducir en 87.3% el empuje activo e incrementaba en 87.87% el FS de vuelco, respecto a los otros métodos, además de que, representa un costo menor, no obstante, no se ha modelado para verificar su capacidad de estabilización del talud. El aporte de la investigación fue metodológico con los lineamientos para el diseño de un muro en voladizo, describiendo las fórmulas y el procedimiento de cálculo.

Herrera & Montañez (2022) en su tesis “Evaluación de la estabilidad de taludes de muros en el sector de Mullaca, Tarica, Huaraz, Ancash” tuvieron como objetivo estabilizar el talud en el sector de Mullaca, determinaron que, el suelo del talud era grava arcillosa con arena con ángulo de fricción de 32.08° y cohesión de 0.08 kg/cm^2 , que al modelarse se obtiene FS del talud natural era 0.557 por Bishop simplificado, pero al estabilizar el talud mediante corte, formando banquetas el FS era 0.67, pero al colocar banquetas y anclajes era 1.136, incrementando su estabilidad pero requiriendo mayor control en condiciones dinámicas. El aporte fue la combinación de diferentes estrategias de control para intentar alcanzar la estabilidad del talud.

Polo & Polo (2020) en su estudio “Propuesta de guía de intervención ante deslizamientos para asegurar la transitabilidad en carreteras vecinales” realizaron una revisión bibliográfica de los deslizamientos y propuestas de contención en diferentes casos de estudio, para proponer una guía con la descripción de las estrategias de control de taludes de mayor aplicabilidad, concluyendo que, los deslizamientos comunes son rotacional y traslacional, con mayor riesgo frente a precipitaciones pluviales, gran altura y/o ausencia de vegetación, donde las

medidas de mitigación que más se aplican son, la remoción del material suelto, el control de agua superficial y la construcción de estructuras de control.

En Ancash, Torres (2020) en su artículo científico “Evaluación de riesgo de deslizamientos y propuesta geotécnica de la trocha Ayash-Huaripampa tramo km 3+ 260 al km 3+300” tuvo por fin analizar el talud del 3.26 a 3.30 km de la carretera Ayash-Huaripampa para proponer estrategias de control. Determinó FS de 1.02 con probable falla al 34.3%, por lo que planteó dos propuestas de control del deslizamiento, la primera orientada a la construcción de muros de gaviones, y la segunda a una estructura de suelo reforzado con terramesh system. Concluyendo que, con las dos estrategias de control el FS supera el mínimo de 1.5, por tanto, se controla el deslizamiento, pero económicamente el muro de gavión tiene menor costo de construcción que, el suelo reforzado. El aporte fue el análisis del talud natural y el contraste de estrategias de control del deslizamiento.

Valentin (2019) en su tesis “Análisis técnico y económico de muros de contención para estabilizar taludes inferiores de plataformas de la carretera Canta–Huayllay, Km1+920 al Km2+000” tuvo como objetivo comparar los muros de contención en la estabilización de taludes de 0.92 a 2.0 km de la ruta Canta-Huayllay, conformado por grava arcillosa con arena con cohesión de 0.18 kg/cm² y ángulo de fricción interna de 30.3°. Diseñó un muro tipo voladizo y gravedad, con el que obtuvo FS 2.595 y 2.78 en condiciones estáticas, y 1.75 y 1.88 en condiciones pseudo estáticas, alcanzando costos de S/. 473,780.12 y S/. 332,701.39, correspondientemente, siendo el muro en gravedad 42% más económico que, el muro de gravedad. Por lo que, concluyó que, el muro de gravedad es la solución técnica y económicamente más favorable para contener los deslizamientos en la carretera Canta Huayllay, pero, además, debían

implementar un sistema de drenaje en el sector para mantener la vida útil del muro de contención. El aporte fue el contraste de diferentes tipos de muros de contención, y la muestra de las limitantes de cada tipo de muro, considerando que en dicho trabajo mencionan que, los muros de gravedad electos como propuesta más favorable, solo se pueden construir hasta una altura máxima de 5 m de altura, garantizando la estabilidad de los mismos.

En Tacna, Muñoz (2017) desarrollo la investigación “Evaluación de soluciones de estabilidad para deslizamientos en tres tramos críticos de la carretera Ilabaya – Cambaya – Camilaca, distrito de Ilabaya – Jorge Basadre – Tacna”. Con el objetivo de comparar estrategias de control de deslizamientos determinando su eficiencia por medio del FS en los tramos críticos de la carretera Ilabaya – Camilaca, analizó tres tramos críticos, donde en el tramo I planteó banquetas 1:4, banquetas 1:2, banquetas 1:1, muro de concreto, muro de gavión y terramesh determinando FS de 1.07, 1.10, 1.4, 2.11, 1.5 y 2.23 correspondientemente, por lo que, solamente la banqueta 1:1 y los muros logran mitigar la inestabilidad. Para el tramo II planteó muro de concreto, gavión y terramesh obteniendo FS de 1.43, 1.90 y 2.02, controlando en todos los casos el deslizamiento. Para el tramo III planteó banquetas 1:2, banquetas 1:1, muro de concreto, gavión y terramesh obteniendo FS de 1.22, 1.45, 1.79, 1.36 y 2.1 por lo que, todos los métodos a excepción de las banquetas 1:2 logran contener el deslizamiento del talud. Concluyó que, técnicamente la estrategia más favorable era terramesh porque se obtenían los mayores FS, además de que, el muro tiene como limitante la elevación, no se puede plantear el mismo para más de 6 m. El aporte fue la comparación de diferentes estrategias de control de deslizamiento para la estabilidad del talud.

2.1.3. Antecedentes regionales

Idrogo (2023) en su investigación “Niveles de riesgo por deslizamiento de tierra en la expansión Urbana – Sector 9 - de la Ciudad de Chota, aplicando metodología del cenepred, 2021” tuvo como objetivo analizar el riesgo a deslizamiento en el AEU del sector 9, verificando la susceptibilidad en el sector, para ello, en las 54.28 ha determinó el tipo de suelo siendo este generalmente arcilla o limo de alta plasticidad con cohesión de 0.28 a 0.32 kg/cm² y ángulo de fricción de 12.5° a 15°. Para definir la susceptibilidad analizó conforme a la metodología CENEPRED los condicionantes: tipo de suelo (48.24% arcillas), pendiente (20.25% mayor a 75%), geología (50% formación Celendín), cercanía a la quebrada (50% menos de 100 m), geomorfología (montañoso), y el desencadenante: lluvia (muy fuerte de 61 a 80 mm/h), siendo la susceptibilidad muy alta en el 73.84% del terreno. Así mismo, modeló los taludes críticos determinando FS estático de 1.87 a 2.14 y dinámicos de 1.23 a 1.57, pero al incluir lluvia en ambos casos los FS son menores a 1.5. El aporte fue a la determinación de la susceptibilidad estableciendo una metodología de análisis.

Fernández (2022) en su investigación “Evaluación del nivel de riesgo a deslizamiento de taludes mediante los métodos de Taylor y Monte Carlo en el tramo Peña de Los Loros, Carretera 3n, Chota” tuvo como objetivo determinar los FS del talud Peña de Los Loros de suelo areno limoso con ángulo de fricción de ϕ y cohesión de c en la parte central y en los laterales limo de alta plasticidad con c y ϕ kg/cm². Determinó que, el FS estático y dinámico en promedio era 0.557 y 0.428, por lo que, el talud era altamente inestable siendo el detonante las precipitaciones pluviales lo que, acrecienta su deslizamiento. Como recomendación sugirió un análisis especializado con pruebas como SPT debido a que, en el estudio solo

aplicó calicatas, y también propuso la implementación de estrategias de control. Siendo el aporte las metodologías de estimación de los FS aplicadas en el programa Slide, por lo que, sirvió de referente metodológico.

Tafur (2019) en su artículo científico “Estudio para la estabilización del talud del tramo km-318+000 hasta km-318+300 de la carretera Cajamarca – Chachapoyas” tuvo como fin estabilizar el talud de 300 m de la ruta Cajamarca-Chachapoyas, cuyo suelo es grava arcillosa y arena limosa con cohesión de 0.38 y 0 kg/cm², y ángulo de fricción de 12.1° y 32.8°, determinando que, el FS dinámico y estático era 0.757 y 1.131 por lo que, como estrategia de control planteó la construcción de banquetas de 1:1 cada 10 m de altura para el suelo gravoso y de 1.5:1 con altura de 8 m para el suelo arenoso, ambas con ancho de 3 m, e incluye una cuneta de coronación de 0.5 m x 0.25 m. Desarrolla una de las estrategias de contención propuestas por lo que, ha permitido el contraste de la información consignada para ambas banquetas.

Breña (2019) en su tesis de maestría “Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú” determinaron F.S del talud natural de 0.869, lo cual indica que, es inestable, por tanto, se probaron dos alternativas de contención, (1) corte del talud superior y (2) relleno del talud inferior. Con enrocado en la parte inferior del talud este alcanza un FS de 1.57, no obstante, concluyó que, del 61.0 a 61.1 km (tramo crítico) con arcilla de 60 m. a 80 m, el talud colapsaría frente a precipitaciones pluviales por la infiltración del agua, por lo que, recomendó la colocación de anclajes y la propuesta de drenaje en la corona del talud. El aporte valida el uso de anclajes como estrategia de control más adecuada para la estabilización de taludes, por lo que significa un justificante de la estrategia electa para la investigación.

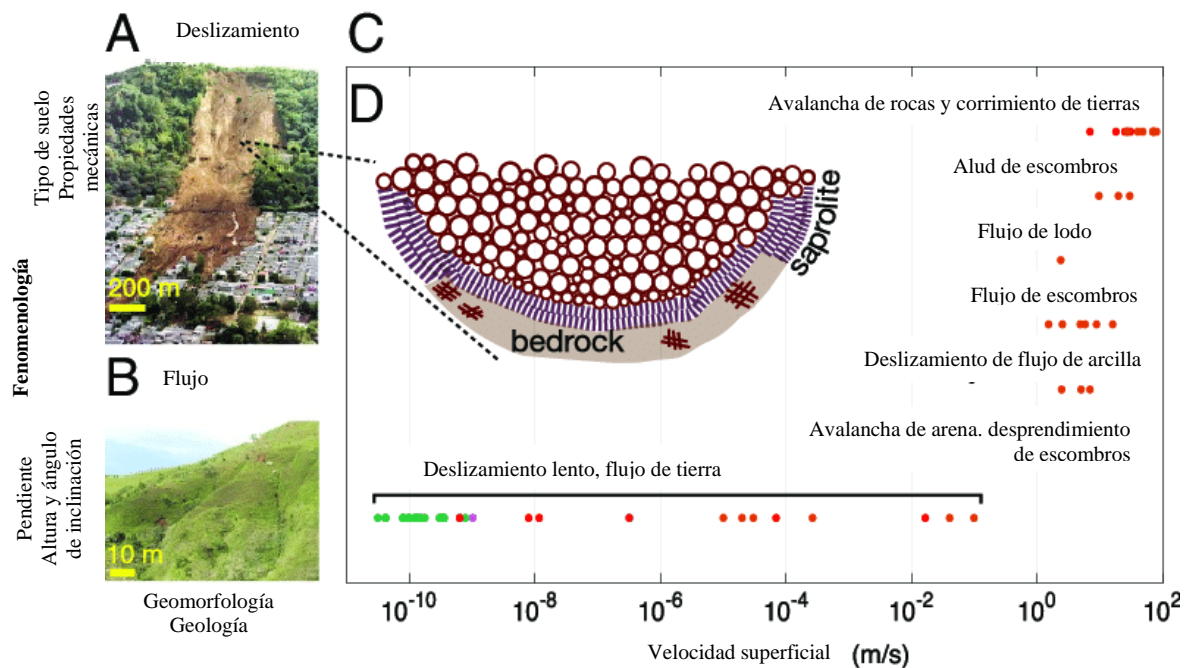
2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Fenomenología del deslizamiento de taludes

Los fenómenos de inestabilidad de taludes traen serias consecuencias, pero gran parte de las pérdidas se pueden evitar si el problema se detecta con anterioridad y se toman medidas de prevención o control (Turpo, 2018). La fenomenología del deslizamiento de taludes es un área de investigación que ha sido estudiada por diferentes investigadores en busca de comprender los procesos que influyen en esta problemática. Según Zeng et al. (2023), la fenomenología del deslizamiento de taludes se refiere al estudio de las características físicas y geológicas de los taludes que contribuyen a la ocurrencia de deslizamientos. La fenomenología del deslizamiento como teoría permite el análisis y conocimiento descriptivo del talud por medio de sus características esenciales (geología, geomorfología, topografía, hidrología, cobertura vegetal) a fin de que, se tenga un conocimiento global y específico del comportamiento del deslizamiento (Fuster, 2019).

Figura 1

Fenomenología del Deslizamiento del Talud



Nota: (Ferdowsi et al., 2018).

El fenómeno de deslizamiento de tierras es un proceso natural que ocurre en muchos lugares del mundo y puede ser causado por varios factores. La pendiente del talud es uno de los factores más importantes que contribuyen al deslizamiento, cuanto mayor sea la pendiente, mayor será la fuerza de gravedad que actúa sobre la masa del suelo o roca, lo que aumenta la probabilidad de deslizamiento. En general, se considera que una pendiente con un ángulo de inclinación superior a 10 grados es susceptible de sufrir deslizamientos. Además, la geometría del talud también juega un papel importante en el deslizamiento. Según el estudio de Gallage et al. (2021), la altura y el ángulo de inclinación de un talud pueden afectar su estabilidad, ya que un talud con una mayor altura y un ángulo más pronunciado tiene una mayor tendencia a deslizarse. También, los diferentes tipos de suelo tienen diferentes propiedades geotécnicas que pueden influir en el deslizamiento, por lo que, se debe conocer la geología y geomorfología del lugar. La geomorfología, o la forma y estructura del terreno puede influir en la ocurrencia de deslizamientos, por ejemplo, las laderas o taludes con forma convexa tienen una mayor tendencia a sufrir deslizamientos, ya que la acumulación de materiales en la parte inferior de la pendiente ejerce una mayor presión sobre los materiales sueltos. Otro factor importante, es la presencia de vegetación en un talud debido a que puede ayudar a mejorar la estabilidad del suelo, ya que las raíces de las plantas actúan como anclajes y evitan la erosión, sin embargo, si la vegetación es removida la estabilidad del talud puede verse comprometido (Fuster, 2019).

Por tanto, conocer la fenomenología del deslizamiento coadyuva a la elección apropiada de las estrategias de control que, garanticen la estabilidad del talud, de allí la importancia de entender el fenómeno en análisis a través de mapas de susceptibilidad (Turpo, 2018).

2.2.2. *Leyes y criterios de falla para el análisis del deslizamiento de talud*

Las leyes y criterios de falla en el análisis de estabilidad de taludes son herramientas utilizadas en ingeniería geotécnica para calcular y predecir la estabilidad de los taludes en diferentes condiciones y situaciones, siendo así, son fundamentales para: determinar si un talud tiene el potencial de colapsar o deslizarse, evaluar y predecir el comportamiento de las masas de suelo y roca en términos de estabilidad frente a esfuerzos externos, determinar los factores de seguridad de un talud, así como, ayudar al diseño y la optimización de taludes, ya que permiten evaluar diferentes propuestas de diseño y seleccionar la más adecuada en términos de estabilidad y seguridad.

2.2.2.1. **Criterio de falla lineal de Mohr-Coulomb para suelos no saturados**

De acuerdo con el criterio de falla de Mohr-Coulomb, se determina que la resistencia al corte de la roca está compuesta por dos componentes correspondientes a la fuerza de cohesión y la fuerza de fricción. Se considera que la fricción depende del esfuerzo efectivo normal en el plano de falla, debido a que, la roca puede desarrollar resistencia al corte en el plano que forma un ángulo β con la tensión principal secundaria σ_3 (García, 2022). Para suelos con saturación menor del 85%, la ecuación de Coulomb se expresa: (Suárez, 2009, p. 76)

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \tan\phi' + (\mu_a - \mu_w) \tan\phi^b \quad (1)$$

Dónde: σ_n = Esfuerzo normal total, μ_a = Presión en el aire de los poros, μ_w = Presión en el agua de los poros, la cual comúnmente es negativa, ϕ^b = Ángulo de fricción igual a la pendiente de la curva de succión matricial $(u_a - u_w)$ contra resistencia al cortante τ cuando $(\sigma_n - u_a)$ se mantiene constante.

$$(\mu_a - \mu_w) \tan\phi^b = \text{Cohesión aparente debida a la succión} \quad (2)$$

$$(\mu_a - \mu_w) = \text{succión matricial} \quad (3)$$

El criterio de falla tiene dos variables de esfuerzos ($u_a - u_w$) y $(\sigma_n - u_a)$ (4)

En la ecuación para suelos no saturados, cuando $u_a = u_w$ la ecuación es idéntica a la ecuación original de Mohr-Coulomb para suelos saturados (Suárez, 2009).

$$\tau = C' + (\sigma - \mu) \tan \phi' \quad (5)$$

Donde, τ esfuerzos de resistencia al corte, cohesión, σ esfuerzo normal total, μ presión del agua intersticial o de poros.

2.2.2.2. Inclinación del plano de falla causada por cortante

Para determinar la inclinación del plano de falla respecto al plano principal mayor, donde σ_1 y σ_3 son, respectivamente, los esfuerzos principales mayor y menor; el plano de falla EF forma un ángulo Θ con el plano principal mayor. Para determinar el ángulo Θ y la relación entre σ_1 y σ_3 refiriéndose a la figura 2, que es una gráfica del círculo de Mohr para el estado de esfuerzo mostrado en la figura 3 (Suárez, 2009). En la figura 2. fgh es la envolvente de falla definida por la relación $s = c + \sigma \tan \phi$. La línea radia ab define el plano principal mayor (CD en la figura 1.), y la línea radial ad define el plano de falla (EF en la figura 2). Se muestra que $\text{bad} = 2\Theta = 90 + \sigma$, o

$$\theta = 45 + \frac{\phi}{2} \quad (6)$$

De nuevo, de la figura 2 se tiene:

$$\frac{\overline{ad}}{\overline{fa}} = \text{sen } \phi \quad (7)$$

$$\overline{fa} = fO + Oa = c \cot \phi + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \quad (8)$$

También:

$$\overline{ad} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (9)$$

Sustituyendo las ecuaciones, obtenemos:

$$\text{sen } \phi = \frac{\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}}{c \cot \phi + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}} \quad (10)$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right) + 2c \left(\frac{\cos \phi}{1 - \sin \phi} \right) \quad (11)$$

Sin embargo,

$$\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (12)$$

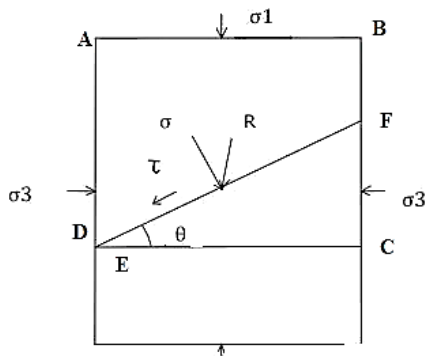
$$\frac{\cos \phi}{1 - \sin \phi} = \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (13)$$

Entonces,

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (14)$$

Figura 2

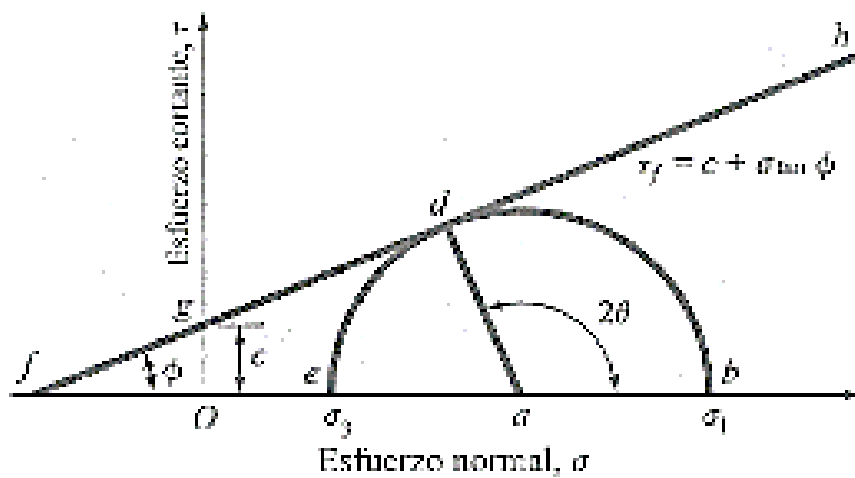
Inclinación del Plano de Falla en el Suelo con Respecto al Plano Principal



Nota: (Braja, 2001, p. 211)

Figura 3

Círculo de Mohr y Envolvente de Falla



Nota: (Braja, 2001, p. 211)

2.2.2.3. Ley de la falla por cortante en suelo saturado

En un suelo saturado, el esfuerzo normal total en un punto es la suma del esfuerzo efectivo y la presión de poro: (Braja, 2001, p. 211)

$$\sigma = \sigma' + \mu \quad (15)$$

El esfuerzo efectivo de σ' es tomado por los sólidos del suelo. Entonces, para la medida del suelo la ecuación sería:

$$T_f = c + (\sigma - \mu) \tan \phi = c + \sigma' \tan \phi \quad (16)$$

El valor de c para la arena y el limo inorgánico es 0. Para arcillas normalmente consolidadas se considera 0. Las arcillas sobre consolidadas tienen valores de c que son mayores que 0. El ángulo de fricción ϕ se llama a veces el ángulo de fricción drenado (valores típicos se muestran en la tabla 1). Para arcillas normalmente consolidadas, el ángulo de fricción ϕ generalmente varía entre 20° y 30° . Para arcillas presonsolidadas, la magnitud de ϕ decrece. Para arcillas naturales no cementadas preconsolidadas con presión de preconsolidación menor que aproximadamente 1000 kN/m^2 , la magnitud de c cae en el rango de 5 a 15 kN/m^2 . (Braja, 2001, p. 211)

Tabla 1

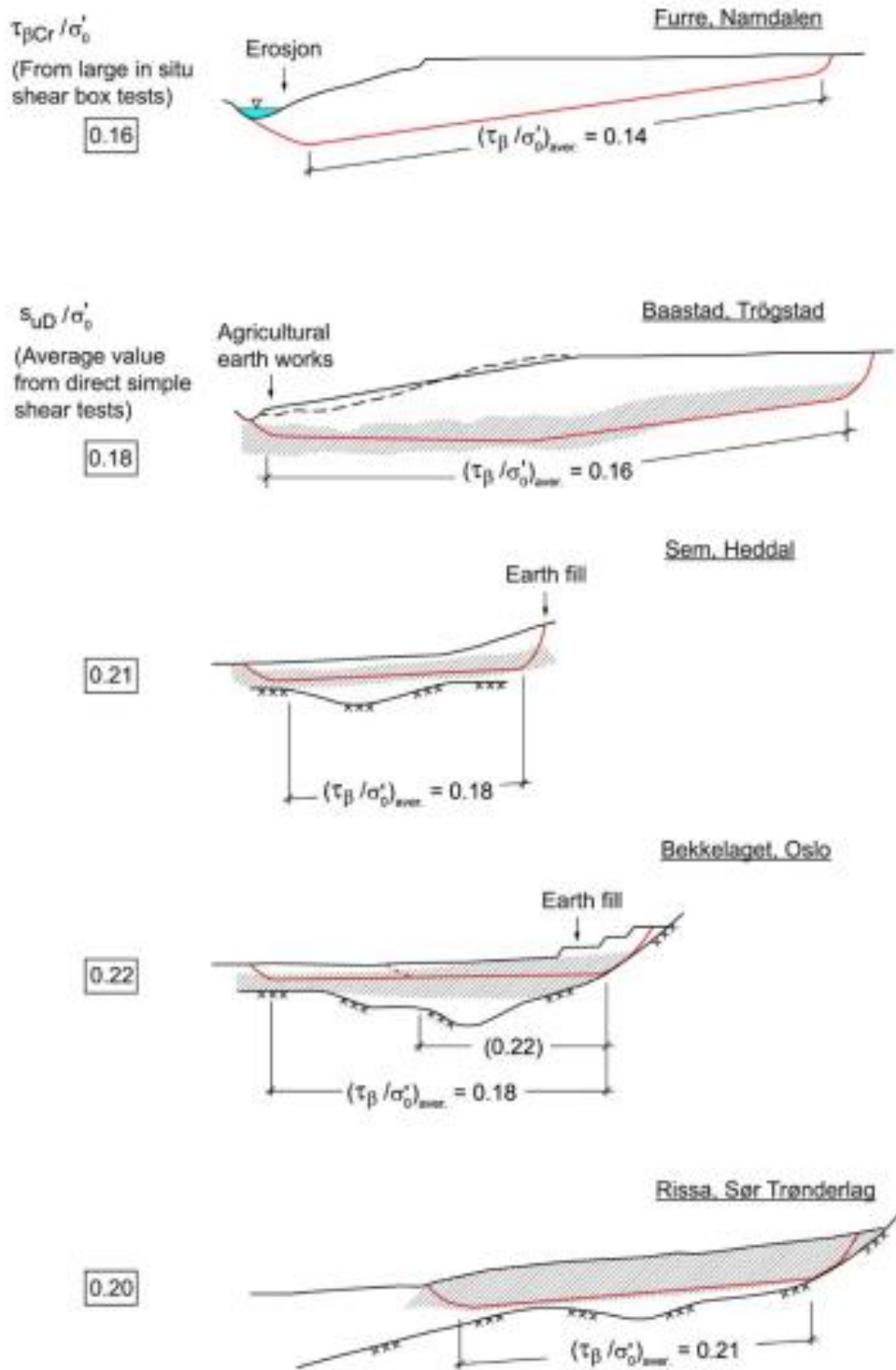
Valores Típicos del Ángulo de Fricción Drenado para Arena y Limos

Tipo de suelo/ ϕ (grados)	Suelta	Media	Densa
Arena granos redondeados	27-30	30-35	35-38
Arena granos angulares	30-35	35-40	40-45
Grava con algo de arena		34-48	
Limos		26-35	

Nota: (Braja, 2001, p. 211)

Figura 4

Comparación del Esfuerzo Cortante Medio Calculado que Actúa a lo Largo de la Superficie Plana de Deslizamiento



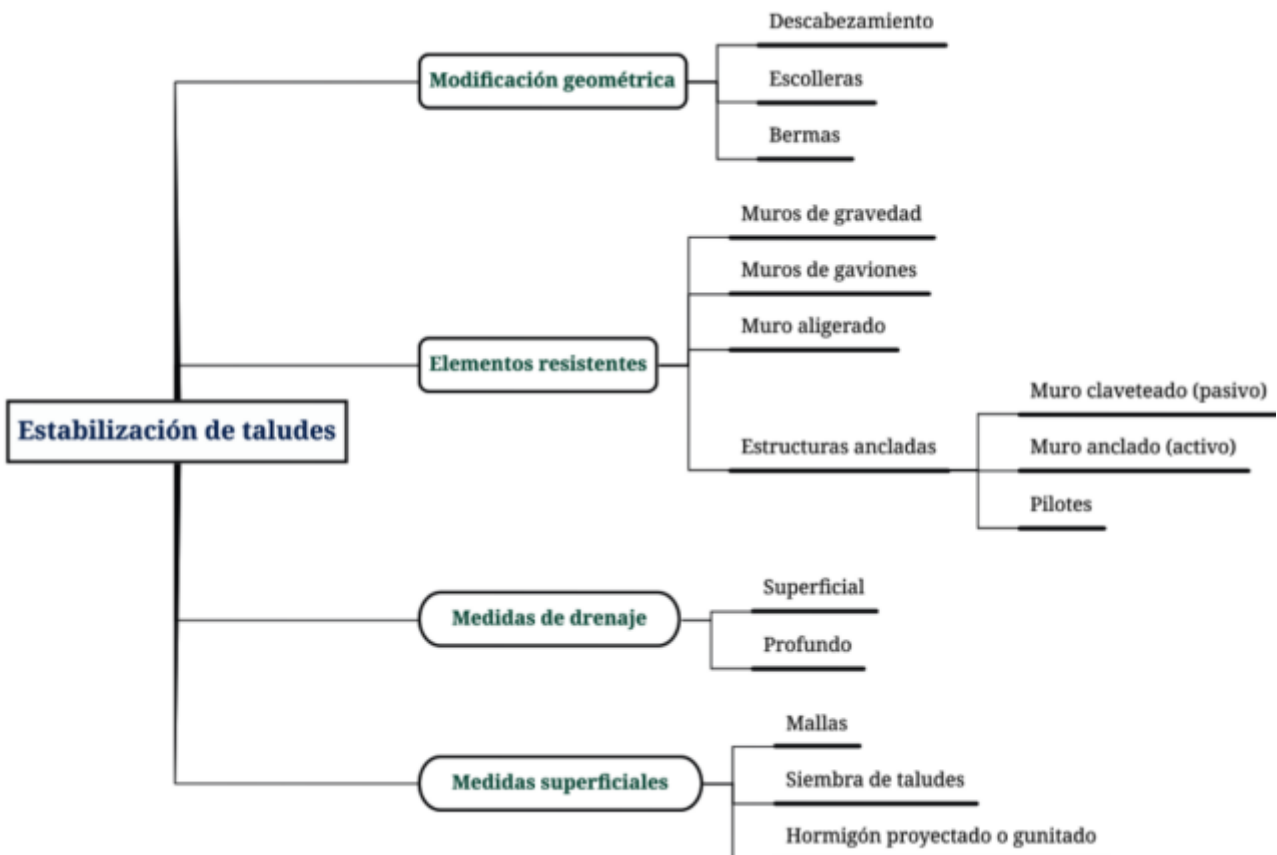
Nota: (Aas & Lacasse, 2022).

2.2.3. Efectividad de las estrategias de estabilización de taludes

Las estrategias de estabilización de taludes son múltiples (Fig. 5) pero la elección de una u otra depende de las características del lugar y de cómo se logre controlar el modo de falla, aspectos que se analizan por medio de la comparación de la efectividad de la estabilización del talud (Ugalde, 2015). La efectividad de las estrategias de estabilización de taludes ha sido objeto de numerosas investigaciones en el campo de la ingeniería geotécnica. Estas estrategias se utilizan para prevenir o mitigar el colapso, deslizamiento o erosión de los taludes, y su objetivo principal es garantizar la estabilidad de las pendientes en diferentes contextos geológicos.

Figura 5

Estrategias de Estabilización de Taludes



Nota: (Instituto Geológico y Minero de España, 1987, citado por García, 2022).

Según Fay et al. (2012), las estrategias de estabilización de taludes pueden aplicarse utilizando diferentes métodos, como el anclaje, la colocación de mallas de acero, la construcción de terrazas o banquetas, y la aplicación de sistemas de drenaje; técnicas que han demostrado ser efectivas en la prevención de movimientos de masa en laderas de alta pendiente. Andreu et al. (2008) examinó la efectividad de las estrategias de estabilización de taludes, determinando que la construcción de terrazas e implementación de anclajes resultaron eficaces en el fortalecimiento de los taludes. Además, según Panigrahi (2021), la aplicación de anclajes y mallas de acero han demostrado ser altamente efectiva en la prevención de deslizamientos de taludes en áreas propensas a movimientos de masa. En cuanto a la efectividad a largo plazo de las estrategias de estabilización de taludes, Ebrahimi et al. (2018) evaluaron la estabilidad de los taludes en una carretera de montaña después de la implementación de medidas de estabilización. Los resultados mostraron que, en la mayoría de los casos, las estrategias aplicadas fueron exitosas en la prevención de deslizamientos y colapsos a largo plazo.

Para demostrar cuantitativamente la efectividad de un método de estabilización sobre otro, se pueden utilizar diversas fórmulas y cálculos.

Factor de seguridad (FS): El factor de seguridad es una medida de la estabilidad del talud y se calcula dividiendo la resistencia disponible para resistir las fuerzas que actúan sobre el talud entre las fuerzas que tienden a desestabilizarlo. El cálculo del factor de seguridad depende del método de análisis utilizado (por ejemplo, el método de Bishop, el método de equilibrio límite, etc.).

$$FS = \frac{\sum \text{Fuerzas resistentes}}{\sum \text{Fuerzas desestabilizadoras}} \quad (17)$$

$$FS = \frac{\sum \left[\frac{(c' + \left(\frac{W}{b}\right) - \mu) \tan \phi'}{\phi} \right]}{\sum [(w/b) \sin \alpha]} \quad (18)$$

$$\varphi = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi}{F} \quad (19)$$

Donde, C' es la cohesión efectiva, ϕ' ángulo de rozamiento interno, b es el ancho de cada rebanada, asumiendo que todas tienen el mismo espesor, W es el peso de cada rebanada, μ es la presión de agua en la base de cada rebanada.

Fuerzas de corte y resistencias (FCR): Utilizando el método de las Fuerzas de Corte y Resistencias, se pueden calcular las fuerzas que actúan sobre un talud y evaluar su estabilidad. Las fórmulas más comunes para calcular las fuerzas de corte y resistencias incluyen:

$$\text{Fuerza de corte (FC)} = \text{Coeficiente de fricción } (\phi) \times \text{área de falla} \times \text{peso específico de suelo} \times \text{altura de talud} \quad (20)$$

$$\text{Resistencia al corte (R)} = \text{Cohesión (C)} \times \text{área de falla} \quad (21)$$

Método de equilibrio límite: El método de equilibrio límite también se utiliza para evaluar la estabilidad del talud. En este método, se considera que el talud está en equilibrio justo antes de deslizarse. Algunas fórmulas utilizadas en el método de equilibrio límite incluyen:

$$FS = \frac{\text{Resistencia al corte (R)}}{\text{Fuerza de corte (F)}} \quad (22)$$

$$\text{Fuerza de corte (F)} = \text{Peso del suelo que tiende a deslizarse} \times \text{Factor de inclinación del talud} \times \text{Factor de seguridad} \quad (23)$$

Es importante recordar que la elección adecuada de las fórmulas dependerá de las características específicas del talud y del método de estabilidad utilizado. Además, el uso de herramientas de software de modelado numérico y análisis geotécnico puede proporcionar resultados más precisos y detallados para la evaluación de la estabilidad del talud.

2.2.4. Optimización de estabilización de taludes utilizando cambios geométricos

La optimización de la estabilización utilizando cambios geométricos en el talud es una estrategia de ejecución más rápida y frecuente que, otros métodos, debido a que por medio de la eliminación del terreno de falla logra estabilizar la ladera, no obstante, requiere un análisis específico para garantizar que, con este método se logra contener el problema (Ugalde, 2015).

Mediante la modificación de la geometría de los taludes se logra redistribuir las fuerzas debido al peso de los materiales, obteniéndose una nueva configuración más estable (Alberti et al., 2006). Así mismo, con la modificación de la geometría del talud se logra redistribuir las fuerzas relacionadas al peso de los materiales y se obtiene una nueva configuración más estable (Maldonado, 2020).

Así mismo, la optimización de la estabilización de taludes mediante cambios geométricos se refiere a la aplicación de técnicas y modificaciones en la forma y perfil de un talud para lograr una mayor estabilidad y seguridad, estas técnicas pueden incluir: la eliminación del terreno, el remplazo del material, la creación de terrazas o incluso la combinación con otros métodos de reforzamiento y/o contención del deslizamiento. La eliminación del terreno, consiste en remover material de tal forma que se logre la estabilidad modificando la geometría por lo general se logra disminuyendo la pendiente del talud o con la creación de terrazas. Para taludes de relleno con problemas de asentamiento o estabilidad se utiliza la sustitución, donde se remueve el terreno y se reemplaza con material en condiciones mejores a las del terreno existente; no obstante, es un proceso largo dependiendo del área a manipular, ya que se debe realizar un proceso de compactación entre capa y capa de suelo (Ugalde, 2015).

2.2.5. Optimización de estabilización de taludes mediante métodos estructurales

La optimización de la estabilización de taludes mediante métodos estructurales se refiere a la implementación de estructuras físicas para mejorar la estabilidad y seguridad de los taludes. Estas estructuras se diseñan y construyen de manera que puedan resistir las fuerzas y movimientos del suelo, evitando deslizamientos y colapsos. Tiene como fin acrecentar la resistencia al corte del material mediante el uso de anclajes, muros anclados, muros de contrafuerte, pilotes, micropilotes u otros. Los anclajes consisten en barras o cables de acero que se instalan en perforaciones y se anclan en el terreno detrás del talud para proporcionar un anclaje adicional y resistir las fuerzas de tracción, mientras que, los muros de contención son estructuras verticales construidas a lo largo del talud para resistir las fuerzas laterales y mantener la estabilidad (Maldonado, 2020).

Estas estrategias de contención de deslizamientos suelen tener mayor eficiencia que, los métodos mecánicos como, el cambio de geometría del talud, sin embargo, también suelen ser mucho más costosos, por lo que, debe garantizarse que, con el método se controla la fenomenología del deslizamiento, y para ello, se debe analizar el comportamiento del talud, con y sin el método de contención, a fin de verificar si se ha aumentado el factor de seguridad, si se ha disminuido la probabilidad de falla, y si se ha controlado el módulo de falla del talud, siendo así, con la indagación y caracterización científica del comportamiento del talud a través del modelamiento de escenarios se podrá verificar la eficiencia de la aplicación de uno u otra estrategia, considerando también, que, los métodos estructurales son múltiples, y hay métodos de contención como la construcción de muros, y métodos de acción como, la colocación de anclajes (Alberti et al., 2006).

2.2.5.1.Optimización de estabilización de taludes con estructuras de acción (Colocación de anclajes)

Los anclajes son utilizados como elementos resistentes para crear un anclaje o amarre del terreno para prevenir la inestabilidad y el colapso de taludes en diferentes proyectos de construcción, como carreteras, ferrocarriles y edificios (Ugalde, 2015). La optimización de la estabilización de taludes con estructuras de acción, como la colocación de anclajes, ha sido objeto de numerosas investigaciones en el campo de la ingeniería geotécnica, donde se busca verificar la eficiencia de este método de acción en el control de deslizamiento de taludes por medio del modelamiento de la ladera, pero comprendiendo la fenomenología del deslizamiento, para que, el análisis sea lo más cercano al entorno real, y se pueda contrastar la eficiencia de la estrategia.

Según Alambshahi & Hataf (2009), la colocación adecuada de anclajes puede mejorar significativamente la resistencia y estabilidad del talud; así mismo, demostró que el ángulo de inclinación y la distribución espacial de los anclajes son factores importantes a considerar para lograr una estabilización óptima de los taludes. Chen et al. (2021) desarrollaron un método numérico para optimizar la colocación de anclajes en taludes utilizando algoritmos. Los resultados mostraron que este enfoque permitía encontrar la distribución óptima de los anclajes para maximizar la estabilidad del talud.

En cuanto a los anclajes en suelos arcillosos, Tao et al. (2021) señalaron que la tensión inicial aplicada a los anclajes desempeña un papel crucial en la mejora de la estabilidad del talud. Sus experimentos demostraron que una tensión inicial adecuada puede aumentar la capacidad de carga de los anclajes y reducir el desplazamiento del talud.

2.2.5.2.Optimización de estabilización de taludes con estructuras de contención (muro en voladizo, gravedad y reforzado)

La optimización de estabilización de taludes con la construcción de muros de contención busca verificar la eficiencia de este método de contención en el control de deslizamiento de taludes por medio del modelamiento de la ladera. La construcción de muros o estructuras de contención tienen por fin reforzar la zona que se encuentra al pie de los taludes, evitando, además, la erosión y generando un ambiente estable (Maldonado, 2020). Existen diversos tipos de estructuras de contención que se pueden aplicar para controlar el deslizamiento del talud entre ellas, el muro en voladizo.

Según Mase et al. (2022), la construcción de muros en voladizo es una técnica efectiva para mejorar la estabilidad de taludes. Estos autores encontraron que, al construir un muro en voladizo, se puede reducir significativamente la presión ejercida por el suelo sobre el talud, lo que reduce el riesgo de deslizamientos. Además, Holtz et al. (1996) han demostrado que la optimización de la estabilización de taludes con la construcción de un muro en voladizo también puede mejorar la resistencia del talud frente a fuerzas sísmicas; los autores encontraron que, mediante el diseño adecuado del muro en voladizo, se puede aumentar la capacidad del talud para soportar cargas sísmicas y minimizar el riesgo de fallas. La construcción de un muro en voladizo también puede tener un impacto positivo en la durabilidad y vida útil de los taludes estabilizados. Según Sarkar & Samanta (2017), el uso de muros en voladizo puede mejorar la resistencia a la erosión y reducir la deformación del talud a largo plazo. Esto se logra al proporcionar una mayor estabilidad estructural y controlar el flujo de agua a través del talud.

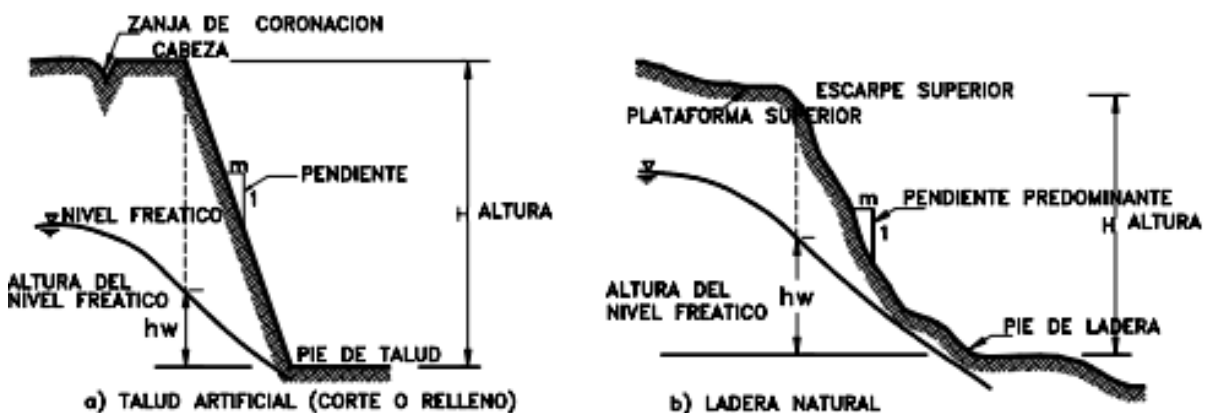
2.3. Marco conceptual

2.3.1. Talud

Un talud es una pendiente que se forma en el terreno de forma natural por el proceso geológico – geomorfológico o artificial cuando se realiza una excavación o un corte en una ladera o colina (Torres, 2017), por tanto, es una superficie inclinada respecto de la horizontal que constituye una estructura compleja de analizar por sus características geológicas, geomorfológicas, topográficas e hidráulicas únicas (Espinoza & Rivera, 2018). Un talud natural o artificial tiene corona (Parte superior o cima del talud), plano de deslizamiento (Superficie imaginaria que delimita la zona donde se producirían los deslizamientos en caso de inestabilidad del talud), cara del talud (Superficie inclinada del talud. Puede ser vertical, semi vertical o inclinada dependiendo del diseño y la estabilidad requerida), pie de talud o Toe (Parte inferior del talud, donde se apoya), berma (Plataforma horizontal que se puede construir en el talud para proporcionar estabilidad adicional y prevenir movimientos indeseados).

Figura 6

Tipos de Taludes



Nota: (Suárez, 1998).

2.3.2. *Desplazamientos de taludes*

Un desplazamiento de talud se refiere a un movimiento o deslizamiento de masa de suelo o roca en una pendiente o talud. Esto ocurre cuando las fuerzas que actúan sobre la masa superan la capacidad de resistencia del material, causando que éste se desplace y se mueva hacia abajo o hacia los lados (Tambo & Sarango, 2016).

Deslizamientos. Movimientos de suelo o rocas en masa a lo largo de una superficie débil, causados por la inestabilidad del terreno, pueden ser lentos o rápidos, por rotación o traslación, y generalmente ocurren en laderas o taludes (De Matteis et al., 2003).

Caídas o Derrumbos. Eventos en los que el suelo, la roca o ambos se desprenden y se precipitan verticalmente hacia abajo de una ladera o talud. Estos eventos suelen ser repentinos y pueden ser causados por factores como la erosión, la falta de soporte o la alteración de los materiales (Highland & Bobrowsky, 2008).

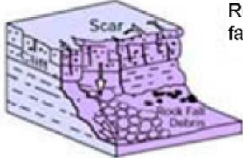
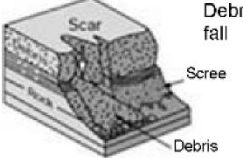
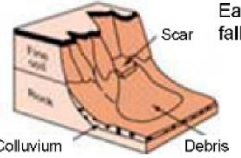
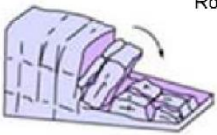
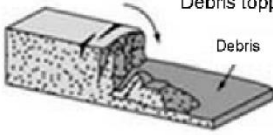
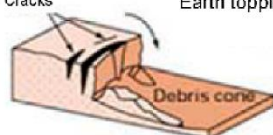
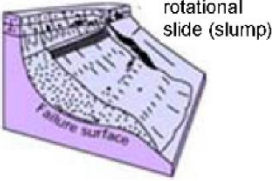
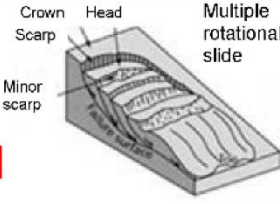
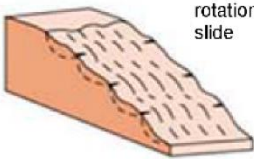
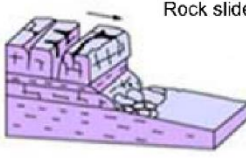
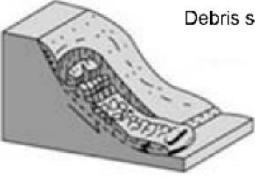
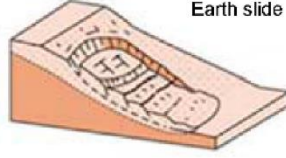
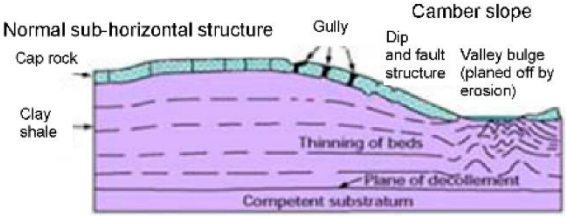
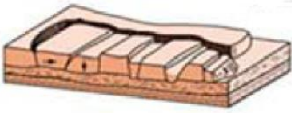
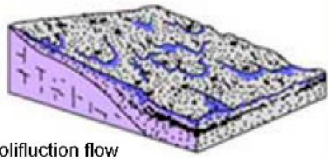
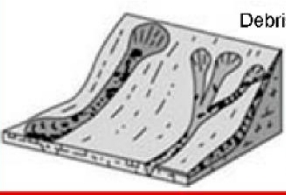
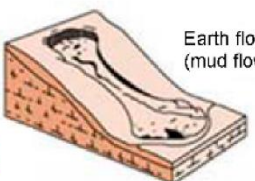

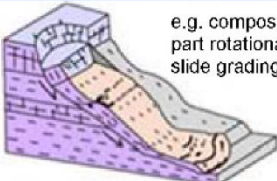
Flujos. Movimientos de suelo, rocas o ambos que tienen una alta proporción de agua, pueden ser de tipo viscoso (se mueve como un líquido espeso) o de tipo granular (se mueve como un sólido pulverizado), causados por factores como la saturación del suelo, la lluvia intensa o la pérdida de cohesión (Suárez, 1998).

Expansiones. Movimientos laterales o de expansión de los suelos o rocas. Estos movimientos pueden ocurrir debido a la presencia de arcillas expansivas u otros materiales que tienen la capacidad de cambiar de volumen con cambios en el contenido de humedad (Highland & Bobrowsky, 2008).

Movimientos Complejos. Combinación de diferentes tipos de deslizamientos, caídas, flujos o expansiones en un área determinada. Estos eventos pueden ser especialmente peligrosos, ya que pueden tener múltiples mecanismos de falla y requerir un análisis y manejo más complejo (Suárez, 1998).

Figura 7

Clasificación de los Desplazamientos de Talud

Movement type	Material		
	Roca	Combinación	Tierra
Caídas	 <p>Rock fall</p>	 <p>Debris fall Scree Debris</p>	 <p>Earth fall Colluvium Debris</p>
Derrumbe	 <p>Rock topple</p>	 <p>Debris topple Debris</p>	 <p>Earth topple Cracks Debris cone</p>
Deslizamiento	 <p>Single rotational slide (slump) Failure surface</p>	 <p>Multiple rotational slide Crown Scarp Head Minor scarp</p>	 <p>Successive rotational slide</p>
	 <p>Rock slide</p>	 <p>Debris slide</p>	 <p>Earth slide</p>
Expansión	 <p>Normal sub-horizontal structure Cap rock Clay shale Thinning of beds Plane of decollement Competent substratum</p>		 <p>Earth spread</p>
Flujos	 <p>Solifluction flow (Periglacial debris flows)</p>	 <p>Debris flow</p>	 <p>Earth flow (mud flow)</p>
	 <p>e.g. Slump-earthflow with rockfall debris</p>		 <p>e.g. composite, non circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe</p>

Nota: (Cotecchia et al., 2020).

2.3.3. Estudio geotécnico del suelo

La geotecnia estudia y analiza fenómenos como los deslizamientos de suelo, acontecimientos que pueden ser causados por factores como la inestabilidad geológica, la acción del agua, la actividad sísmica, la excavación o el cambio en las cargas aplicadas al suelo, por lo que, requiere de un estudio geotécnico para su evaluación, análisis y solución (Polo, 1999). Siendo así, el suelo es la capa de material natural compuesta principalmente por partículas minerales, materia orgánica, agua y aire, que cubre la superficie de la tierra y está sujeto a diferentes procesos como la formación, erosión, compactación, entre otros; es un agregado de minerales unidos por fuerzas débiles de contacto, separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación en agua. El suelo es un material heterogéneo que varía en composición, estructura y propiedades físicas y mecánicas, dependiendo de factores como el tipo de roca madre, el clima, la vegetación, el tiempo y las actividades humanas. Se caracteriza por su capacidad para sustentar cargas, transmitir presiones y resistir movimientos y deformaciones (Torres, 2017). Por ello, los estudios geotécnicos del suelo comprenden la exploración, muestreo, análisis y evaluación de las propiedades físico mecánicas de los suelos. Estos estudios son cruciales para el diseño y la construcción de estructuras como carreteras, ya que el comportamiento del suelo puede afectar la estabilidad, la resistencia y la durabilidad de estas infraestructuras (Polo, 1999).

Los parámetros geotécnicos clave que se evalúan en el suelo incluyen sus propiedades físicas como su densidad, contenido de humedad, compacidad, granulometría, permeabilidad y plasticidad, que a la vez permite su clasificación, y sus propiedades mecánicas cohesión y ángulo de fricción, propiedades que determinan la capacidad de carga del suelo y su resistencia al corte (Polo, 1999).

2.3.3.1. Propiedades físicas del suelo

Contenido de humedad. Es la cantidad de agua presente en relación al peso del suelo. Se expresa como porcentaje (Pérez, 2018).

$$H = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (24)$$

Donde, H contenido de humedad (H), W_w peso de agua, W_s peso de sólidos.

Peso específico del suelo. Relación entre el peso en el aire de un volumen de sólidos y el peso en el aire del mismo volumen de agua, a una temperatura dada (Rodríguez & Guardia, 2005). En el caso del suelo, es el peso por unidad de volumen del suelo seco

$$\gamma_d = \frac{P_s}{V} \quad (25)$$

Donde, γ_d peso específico seco del suelo, P_s peso de los sólidos, V volumen.

Granulometría. Es la determinación cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo (Rodríguez & Guardia, 2005). Se clasifica en arena, limo y arcilla, y se utiliza para determinar la textura del suelo.

Límites de consistencia. El límite de Atterberg se basa en el concepto de que los suelos finos tal como se presentan en la naturaleza pueden encontrarse en diferentes estados dependiendo de su contenido de agua: sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido (Rodríguez & Guardia, 2005).

Límite líquido (LL): Humedad en el que el suelo pasa del estado plástico al estado líquido (Pérez, 2018).

Límite plástico (LP): Humedad en el que el suelo deja de ser rígido y comienza a comportarse de manera plástica (Pérez, 2018).

$$IP = LL - LP \quad (26)$$

Donde, IP índice de plasticidad es el resto del límite líquido (LL) y el límite de plasticidad (LP).

2.3.3.2. Clasificación del suelo

La clasificación SUCS del suelo, se refiere a un sistema de clasificación completo usado en la geotecnia para categorizar los suelos de acuerdo a sus propiedades. Esta clasificación define tres grupos principales de suelos: los suelos gruesos (gravas G y arenas S), los suelos finos (limos M y arcillas C) y los suelos orgánicos (O). Cada grupo se divide en subgrupos en función de distintas características físicas y de comportamiento, como el tamaño de las partículas (pasa tamiz N° 200, y/o tamiz N° 4), la plasticidad (mayor o menor a 50% LL, e IP de 4 a 7), el coeficiente de uniformidad (CU), la compresibilidad (CC), entre otras (Rodríguez y Guardia, 2005).

Figura 8

Clasificación SUCS del Suelo

SISTEMA CLASIFICACION SUCS				SISTEMA CLASIFICACION SUCS							
FINOS ($\geq 50\%$ pasa 0.075 mm)				GRUESOS ($< 50\%$ pasa 0.075 mm)							
Tipo de Suelo	Símbolo	Lim. Liq. wl	Índice de Plasticidad	Tipo de Suelo	Símbolo	% RET hasta el 0.08 mm	% Pasa 0.075 mm.	CU	CC	** IP	
Limos Inorgánicos	ML	< 50	$< 0.73 (LI - 20)$	Gravas	GW	$< 50\%$ de lo Ret. En 0.08 mm	< 5	> 4	1 a 3		
	MH	> 50	$< 0.73 (LI - 20)$		GP			≤ 4	$< 10 > 3$		
Arcillas Inorgánicas	CL	< 50	$> 0.73 (LI - 20)$ $y > 7$		GM		> 12				$< 0.73 (LI-20)$ ó < 4
	CH	> 50	$> 0.73 (LI - 20)$		GC						$> 0.73 (LI-20)$ ó > 7
Limos o Arcillas Orgánicos	OL	< 50	** LI seco al horno $\leq 75\%$ del LI seco al aire	Arenas	SW	$< 50\%$ de lo Ret. En 0.08 mm	< 5	> 6	1 a 3		
	OH	> 50			SP			≤ 6	$< 10 > 3$		
Altamente Orgánicos	P ₁	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente.			SM		> 12				$< 0.73 (LI-20)$ ó < 4
					SC						$> 0.73 (LI-20)$ y > 7
Si $IP \geq 0.73 (LI - 20)$ ó si IP entre 4 y 7 E $IP > 0.73 (LI - 20)$, usar símbolo doble:				* Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC.							
Ej.: CL-MH, CH-OH Si tiene O por orgánico debe determinarse adicionalmente LI seco al horno				** Si $IP \geq 0.73 (LI-20)$ ó si IP entre 4 y 7 e $IP > 0.73 (LI-20)$, usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC.							
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej.: CH-MH en vez de CL-ML. Si LI = 50; CL-CH ó ML-MH				En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej.: GW-GM en vez de GW-GC.							
				$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$			$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$				

Nota: (MTC, 2014).

2.3.3.3. Propiedades mecánicas del suelo

Cohesión. Capacidad del material para resistir la separación y el deslizamiento entre sus partículas. Es la mayor resistencia del suelo a las fuerzas de tracción. Es el resultado de una compleja interacción de factores, como la adhesión coloidal, la tensión capilar del agua, la atracción electrostática de las superficies cargadas, las condiciones de drenaje y el historial de tensiones. La cohesión sólo existe realmente cuando hay contacto de borde a superficie entre las partículas (Capote, 2002). Esta propiedad es especialmente importante en suelos arcillosos, donde las partículas tienen una carga eléctrica negativa que les confiere la capacidad de unirse entre sí formando estructuras rígidas. Cuanto mayor sea la cohesión, mayor será la resistencia del suelo.

$$\tau = c' + (\sigma_n - \mu) \tan \phi' \quad (27)$$

Donde, c' cohesión efectiva, μ presión intersticial, σ_n tensión normal, ϕ' ángulo de rozamiento interno, τ resistencia al corte.

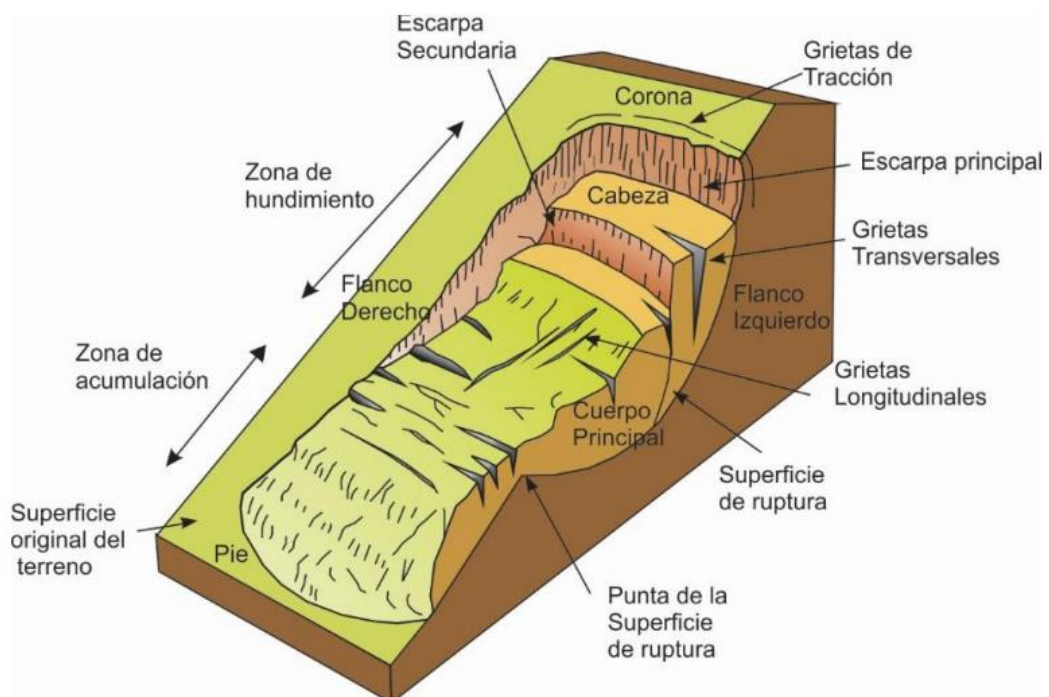
Ángulo de fricción. Capacidad del suelo para resistir el deslizamiento entre sus partículas debido a la fricción que se genera entre ellas. El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de fricción y es un concepto básico en física. Depende de varios factores, siendo algunos de los más importantes: tamaño de grano, forma de grano, distribución de tamaño de grano y densidad (Suárez, 2009). Cuanto mayor sea el ángulo de fricción, mayor será la capacidad del suelo para soportar cargas laterales sin que se produzcan fallas o deslizamientos. Esta propiedad es especialmente importante en suelos granulares, como las arenas y los gravas, donde la fricción entre las partículas es el principal mecanismo de resistencia al corte.

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \tan \phi \quad (28)$$

2.3.4. Deslizamiento de taludes

Los deslizamientos de taludes son fenómenos geológicos que ocurren cuando una porción de un talud se mueve hacia abajo en una pendiente. Movimiento de un suelo o roca contenido en un talud debido a la falta de estabilidad. Este fenómeno puede ocurrir en diferentes tipos de pendientes, como laderas de montañas, cortes de carreteras, terraplenes, entre otros. Estos deslizamientos pueden ser provocados por diversos factores, como lluvias intensas, terremotos, construcción de infraestructuras o la propia configuración geológica del terreno (Núñez & Sosa, 2016). En el deslizamiento de talud se identifica: Zona de desprendimiento (Parte del talud donde se inicia el deslizamiento), superficie de deslizamiento (Es la superficie a lo largo de la cual se produce el deslizamiento del suelo o roca, puede ser plana o curva) y zona de acumulación (Es el área donde se acumula el material deslizado, aquí se pueden formar montículos de tierra, rocas o escombros).

Figura 9 Deslizamiento y sus Partes Principales



Nota: (Núñez & Sosa, 2016).

2.3.5. *Susceptibilidad a deslizamientos*

La susceptibilidad a deslizamientos en taludes se refiere a la probabilidad de que un talud o ladera (pendiente inclinada de terreno) experimente un deslizamiento o colapso de suelo o rocas. Esta susceptibilidad depende de diversos factores como la pendiente del terreno, la naturaleza y características del suelo o roca, la presencia de agua, las condiciones climáticas, entre otros (Segura et al., 2011). El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2015) establece lineamientos para determinar la susceptibilidad a deslizamientos en un talud, donde relaciona condicionantes (pendiente, cobertura vegetal, presencia de agua, e historial de deslizamiento) con desencadenantes (lluvia y sismo) para definir el nivel de susceptibilidad. Esta evaluación permite identificar y priorizar los taludes de mayor riesgo, para tomar las medidas de prevención y mitigación adecuadas para controlar el deslizamiento del talud.

Tabla 2

Nivel de Susceptibilidad

Niveles	Descripción	Rango
Muy alto	Pendiente de más de 45°, en depósitos inconsolidados, con relieve montañoso, con nula vegetación, con muy fuertes lluvias	$0.259 \leq R < 0.460$
Alto	Pendiente de 25-45°, de la formación Quilquiñan, en colinas erosional-estructural, con escasa vegetación, con fuertes lluvias.	$0.148 \leq R < 0.259$
Medio	Pendiente de 15-25°, de la formación Cajamarca, en pie de monte aluvial-coluvial, con pastizales y algunos árboles, con lluvias regulares.	$0.085 \leq R < 0.148$
Bajo	Pendiente 5-15°, de la formación Yumagual, en abanicos de pie de monte, con muchos árboles y pastizales, con pocas precipitaciones pluviales de baja a regular intensidad.	$0.048 \leq R < 0.085$

Nota: Adaptado de (CENEPRED, 2015).

2.3.5.1. Condicionantes para la susceptibilidad de taludes

Los condicionantes para la susceptibilidad de taludes son aquellos factores o variables que influyen en la estabilidad y resistencia de un talud, y que determinan la probabilidad de que ocurra un deslizamiento o colapso del terreno. Idrogo (2023), encontró que la susceptibilidad a deslizamientos de taludes puede ser evaluada mediante el análisis de factores como la pendiente del terreno, la litología (geología y geomorfología), la presencia de cuerpos de agua cercanos; así mismo, este autor propone un modelo de evaluación de la susceptibilidad que combina datos geológicos y geotécnicos con información sobre eventos pasados de deslizamientos, lo que permite identificar áreas de alto riesgo.

a) Pendiente

Inclinación o declinación de una superficie en relación con la horizontal. Es una medida que indica cuánto se eleva o desciende una superficie en una determinada distancia horizontal. Para taludes naturales, como colinas o montañas, la pendiente puede variar dependiendo de la composición y la estabilidad del suelo o roca. En el caso de un talud construido por el ser humano, esta pendiente se establece teniendo en cuenta factores de seguridad, estabilidad y estética. La pendiente de un talud se expresa generalmente en forma de una razón o una relación entre la altura vertical y la longitud horizontal, pero también se puede expresar en grados y porcentaje (Zuazo et al., 2002).

Tabla 3 *Pendiente*

Parámetro	Pendiente	Peso ponderado	0.558
FC1	> 45° Pendiente escarpada	PFC1	0.497
FC2	25-45° pendiente muy fuerte	PFC2	0.244
FC3	15-25° pendiente fuerte	PFC3	0.141
FC4	5-15° pendiente moderada	PFC4	0.075
FC5	<5° terrenos llanos y/o inclinados	PFC5	0.043

Nota: Adaptado de (Idrogo, 2023). Ver matriz SAATY en anexos.

b) Vegetación

Según Guerra (2021), la vegetación juega un papel importante en la susceptibilidad a deslizamientos de taludes. La presencia de vegetación densa y profunda en un talud puede ayudar a estabilizar el terreno y reducir la posibilidad de deslizamientos. Sin embargo, la eliminación o degradación de la vegetación aumenta la susceptibilidad a deslizamientos.

Tabla 4 *Vegetación*

Parámetro	Vegetación	Peso ponderado	0.263
FC6	Tierra sin vegetación	PFC6	0.503
FC7	Zonas con pastizales	PFC7	0.260
FC8	Zonas con algunos árboles	PFC8	0.134
FC9	Bosque secundario	PFC9	0.068
FC10	Bosque primario	PFC10	0.035

Nota: Adaptado de (CENEPRED, 2015).

c) Geomorfología

La geomorfología de un talud se refiere al estudio de la forma y características de un talud, que es una pendiente empinada o inclinada de tierra, roca o cualquier otro material geológico en la superficie de la Tierra. La geomorfología de un talud analiza cómo se formó y cómo ha cambiado a lo largo del tiempo debido a diversos procesos geomorfológicos. La geomorfología de un talud implica el estudio de su forma, tamaño, ángulo de inclinación, composición de los materiales, patrones de drenaje, erosión y deposición de sedimentos, entre otros aspectos. Además, analiza los procesos que actúan en el talud, como la gravedad, la erosión pluvial, los deslizamientos de tierra, la actividad sísmica, entre otros (Rocha et al., 2012).

Tabla 5 Geomorfología

Parámetro	Geomorfología	Peso ponderado	0.122
FC6	Ladera de montaña	PFC6	0.376
FC7	Colina alta empinada	PFC7	0.271
FC8	Colina alta inclinada	PFC8	0.171
FC9	Colina baja inclinada	PFC9	0.115
FC10	Terraza alta en depósitos aluviales	PFC10	0.067

Nota: Adaptado de (Idrogo, 2023).

d) Geología

Esto implica el análisis de los diferentes tipos de rocas, su estructura, la presencia de fracturas o discontinuidades, así como la presencia de suelos y sedimentos. Según Chacón (2003), la geología del terreno es un factor determinante en la susceptibilidad a deslizamientos de taludes. En terrenos compuestos por suelos no cohesivos, como arenas y gravas, existe una mayor probabilidad de deslizamientos debido a su baja resistencia al corte. Por otro lado, en terrenos compuestos por suelos cohesivos, como arcillas y limos, la susceptibilidad a deslizamientos es menor debido a su mayor cohesión.

Tabla 6 Geología

Parámetro	Geología	Peso ponderado	0.057
FC11	Depósitos inconsolidados aluviales recientes	PFC11	0.503
FC12	Formación Quilquiñan/Mujarrum	PFC12	0.260
FC13	Formación Cajamarca	PFC13	0.134
FC14	Formación Yumagual	PFC14	0.068
FC15	Depósitos coluviales	PFC15	0.035

Nota: Adaptado de (Idrogo, 2023). Ver matiz SAATY en anexos.

2.3.5.2. Desencadenantes para la susceptibilidad de taludes

En el contexto de los taludes, los desencadenantes se refieren a los factores o eventos que pueden iniciar o desencadenar deslizamientos o colapsos. Estos desencadenantes pueden ser tanto naturales como antropogénicos y pueden incluir una amplia gama de condiciones o eventos, como cambios en el nivel de agua.

Los desencadenantes juegan un papel crucial en determinar la susceptibilidad de un talud a deslizarse, lo que implica que diferentes condiciones pueden aumentar o disminuir la probabilidad de un evento. La lluvia es uno de los desencadenantes más comunes de deslizamientos en los taludes. Las lluvias intensas y prolongadas pueden saturar el suelo, aumentando la presión del agua en los poros y debilitando la resistencia del suelo, además, el agua en movimiento, puede erosionar y debilitar el suelo en los taludes, lo que reduce su estabilidad y aumenta la probabilidad de deslizamientos (CENEPRED, 2015). En este caso, se ha considerado la erosión del suelo producto de la lluvia dado por Senamhi (2017).

Tabla 7 *Precipitación*

Parámetro	Precipitación	Peso ponderado	1.000
FD1	Extremadamente lluvioso	PFD1	0.423
FD2	Muy lluvioso	PFD2	0.269
FD3	Lluvioso	PFD3	0.157
FD4	Moderadamente lluvioso	PFD4	0.096
FD5	Escasamente lluvioso	PFD5	0.056

Nota: Adaptado de (Ruvival, 2021).

2.3.6. *Análisis de estabilidad de taludes*

La estabilidad de taludes se refiere a la capacidad de un talud o pendiente de mantener su forma y resistir el colapso o deslizamiento. Un talud es una superficie inclinada de terreno o roca, y su estabilidad es esencial para prevenir desastres como deslizamientos de tierra o derrumbes (Escobar & Duque, 2017). El análisis de estabilidad de taludes es el proceso mediante el cual se evalúa la estabilidad de un talud y se determina si existe algún riesgo de falla o deslizamiento e implica realizar cálculos y modelos matemáticos para determinar la seguridad del talud en condiciones estáticas y dinámicas o pseudoestáticas (Valiente et al., 2015).

2.3.6.1. Análisis de estabilidad estático

El análisis estático se basa en considerar las fuerzas y momentos que actúan sobre un talud en equilibrio estático. Se estudian las fuerzas gravitatorias, las fuerzas de cohesión (si el suelo tiene), las fuerzas aplicadas externas. El análisis estático se realiza mediante métodos como el método de equilibrio de fuerzas, el método de las rebanadas, el método de las tensiones efectivas, entre otros. Este análisis permite determinar si el talud es estable o si existe un factor de seguridad suficiente para prevenir el deslizamiento (Valiente, et al., 2015).

2.3.6.2. Análisis de estabilidad dinámico

El análisis dinámico considera las fuerzas y deformaciones que ocurren en un talud como resultado de eventos transitorios o cargas dinámicas, como terremotos o vibraciones. Este análisis tiene en cuenta la respuesta del suelo ante cargas dinámicas, como la aceleración del terreno, la propagación de ondas sísmicas. El análisis dinámico puede ser útil para evaluar la estabilidad en condiciones sísmicas o en proyectos donde se espera la influencia de cargas dinámicas significativas (Valiente, et al., 2015).

2.3.6.3. Factor de seguridad

El factor de seguridad en la estabilidad de taludes se refiere a la relación entre la resistencia al deslizamiento del suelo y las fuerzas que actúan para provocar el deslizamiento. Es una medida de la capacidad del talud para resistir la tendencia al colapso o deslizamiento. El cálculo del factor de seguridad implica evaluar las fuerzas involucradas y compararlas con la resistencia al deslizamiento del suelo (Rodrigo, 2017).

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (29)$$

Donde, FS factor de seguridad, τ_f resistencia cortante promedio del suelo, τ_d esfuerzo cortante medio a lo largo de la superficie potencial de la falla.

$$\tau_f = C' + \sigma' \tan \phi \quad (30)$$

Donde, τ_f resistencia al corte de un suelo, C' cohesión, σ' esfuerzo normal efectivo en la superficie potencial de falla, ϕ ángulo de fricción interna del suelo.

$$\tau_d = C'_d + \sigma' \tan \phi_d \quad (31)$$

Donde, τ_d esfuerzo cortante a lo largo de la superficie de falla, C'_d cohesión efectiva, σ' esfuerzo normal efectivo en la superficie potencial de falla, ϕ_d ángulo de fricción interna que se desarrolla a lo largo de la superficie potencial de falla.

$$FS = \frac{C' + \sigma' \tan \phi}{C'_d + \sigma' \tan \phi_d} \quad (32)$$

Donde, forma alternativa de expresar el FS factor de seguridad en función de la cohesión (C) y ángulo de fricción del suelo (ϕ).

Tabla 8 Factor de Seguridad para el Análisis de Taludes

FS	AASHTO- LRFD	NAVFAC-DM7	FHWA-NHL- 11-032	CE.020
Estático	1.33-1.53	1.50		1.50
Dinámico	1.10	1.20-1.15	1.10	1.25

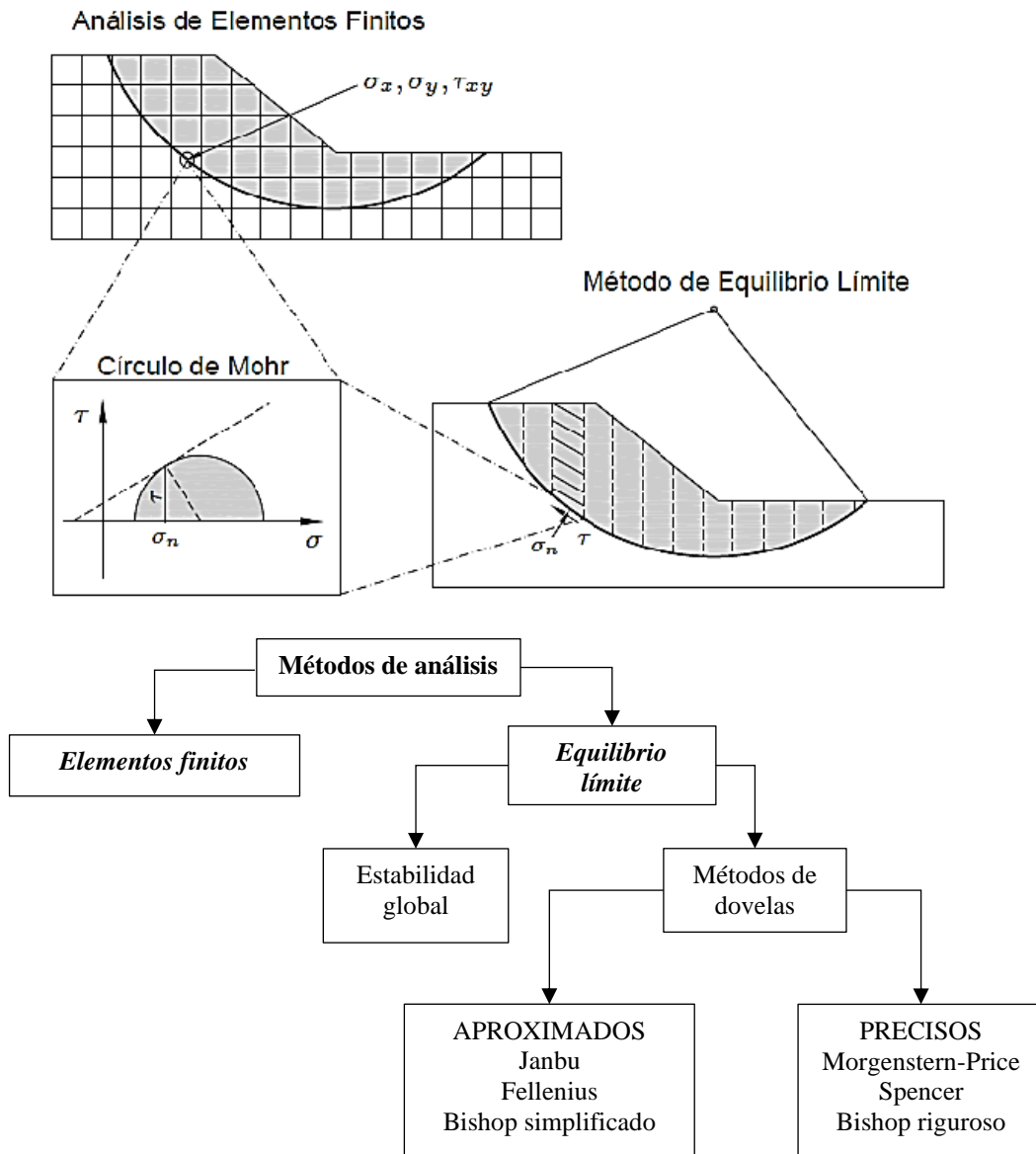
Nota: (Valiente, et al., 2015).

2.3.7. Métodos de equilibrio límite para el cálculo de estabilidad de taludes

Para verificar la estabilidad de taludes se pueden aplicar métodos de análisis límite y de equilibrio límite, donde los métodos de equilibrio límite se basan en el supuesto de que el talud se encuentra en equilibrio en el momento de deslizamiento, es decir, las fuerzas que tienden a provocar el deslizamiento son iguales a las fuerzas de resistencia del suelo (Suárez, 1998, p. 121).

Figura 10

Métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes



Nota: (Bojorque, 2011).

a) Método ordinario – Fellenius

También conocido como método sueco, de dovelas o USBR es una técnica utilizada para el análisis de la estabilidad de taludes en ingeniería civil. Fue desarrollado por el geotécnico sueco Arthur Casagrande en la década de 1930 y se basa en la teoría de equilibrio límite. Esta metodología se utiliza para

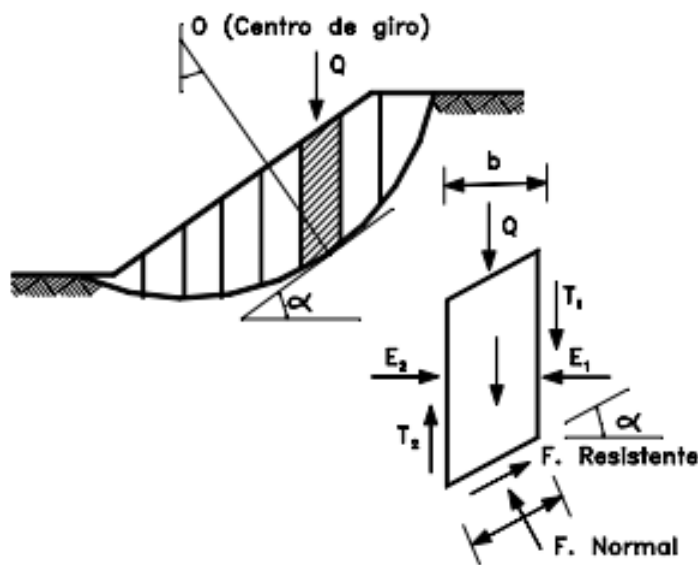
determinar si un talud es estable o si existe un riesgo de falla. Este método supone una superficie de falla circular, divide el área de falla en cortes verticales, obtiene la fuerza actuante y la fuerza resultante de cada corte, y obtiene el factor de seguridad a través de la suma de estas fuerzas por cada franja o dovela (Suárez, 1998).

$$FS = \frac{\sum [C' b \sec \alpha + (W \cos \alpha - u b \sec \alpha) \tan \phi]}{\sum W \sin \alpha} \quad (33)$$

Dónde, α ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada, W peso total de cada tajada, u presión de poros = $\gamma_w h_w$; b ancho de la tajada, C' cohesión, ϕ fricción interna del suelo.

Figura 11

Fuerzas que Actúan sobre una Dovela



Nota: (Suárez, 1998, p. 131).

b) Método de Bishop simplificado

El Método Bishop Simplificado es una técnica utilizada para el análisis de la estabilidad de taludes en ingeniería civil. Fue desarrollado por el ingeniero británico Arthur W. Bishop en la década de 1950. Este método es una

simplificación del Método de Bishop Original, que se basa en la teoría de equilibrio límite y utiliza los criterios de falla de Mohr-Coulomb para evaluar la estabilidad de un talud. El Método Bishop Simplificado se utiliza para determinar el factor de seguridad de un talud, que es una medida de su estabilidad. A diferencia del Método Bishop Original, que requiere el uso de cálculos y gráficos más complejos, el Método Bishop Simplificado utiliza una formulación matemática más sencilla y rápida (Suárez, 1998).

$$FS = \sum \frac{[C'b + (W - ub) \tan \phi' / ma]}{\sum W \sin \alpha} \quad (35)$$

$$ma = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{FS} \right) \quad (36)$$

Donde, b ancho de dovela, W peso de cada dovela, C' cohesión, ϕ ángulo de fricción del suelo, u presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma_w h_w$, α ángulo del radio y la vertical en cada dovela.

c) Método de Janbú simplificado

El método Janbú simplificado, desarrollado en 1968 por R.S. Janbú, es una técnica utilizada para el análisis del deslizamiento de taludes en ingeniería geotécnica. Este método es una versión simplificada del método original propuesto por Janbú en 1954, que tenía en cuenta una mayor cantidad de factores y consideraciones. Consiste en un método de Dovelas para superficies de falla curvas, no circulares (Suárez, 1998, p. 133).

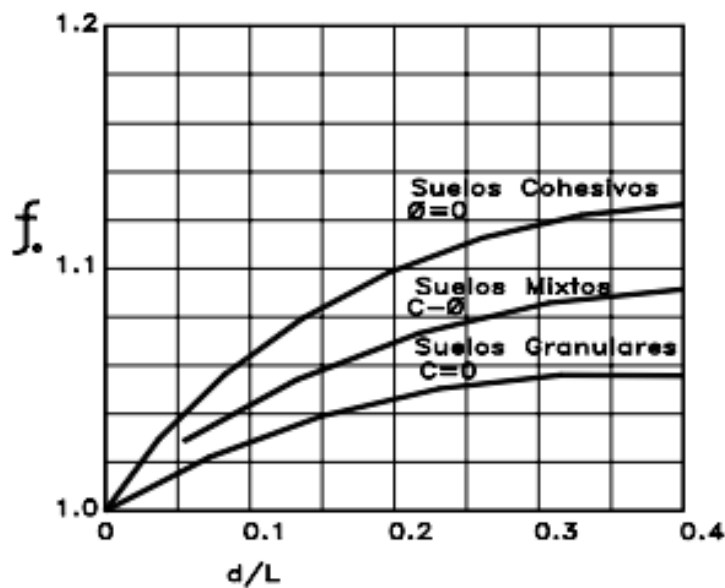
$$FS = \frac{f_o \sum [C'b + (W - ub) \tan \phi] \frac{1}{\cos \alpha ma}}{\sum (W \tan \alpha)} \quad (37)$$

$$f_o = 1 + k \left[\frac{d}{T} - 1.4 \left(\frac{d}{T} \right)^2 \right] \quad (38)$$

Donde f_o depende de la curvatura de la superficie de falla.

Figura 12

Diagrama para Determinar el Factor f_0 para el Método de Janbú.



Nota: (Suárez, 1998, p. 132).

d) Método de Spencer

El método de Spencer fue desarrollado por el ingeniero geotécnico británico Edmund H. Spencer en la década de 1960. Su planteamiento se basó en la teoría del equilibrio límite, que es un enfoque utilizado para analizar la estabilidad de taludes y estructuras en la ingeniería geotécnica. El objetivo de Spencer era proporcionar una metodología práctica y eficiente para evaluar la estabilidad de taludes, teniendo en cuenta diferentes modos de falla y considerando tanto las fuerzas que tienden a mover o desestabilizar el talud como las fuerzas resistentes. Para lograr esto, Spencer adaptó y combinó conceptos de la teoría de la plasticidad y de la mecánica de suelos. Utilizó la teoría del equilibrio límite para determinar los factores de seguridad en los diferentes modos de falla y formuló ecuaciones que permiten calcular tanto el empuje del suelo como las fuerzas de resistencia (Curipoma, 2017).

$$Q = \frac{\frac{cb}{FS} \sec \alpha + \frac{\tan \phi}{FS} (W \cos \alpha - ub \sec \alpha) - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[1 + \frac{\tan \phi}{FS} \tan(\alpha - \theta) \right]} \quad (38)$$

$$\text{Equilibrio de fuerzas: } \sum Q \sin \theta = 0 \quad (39)$$

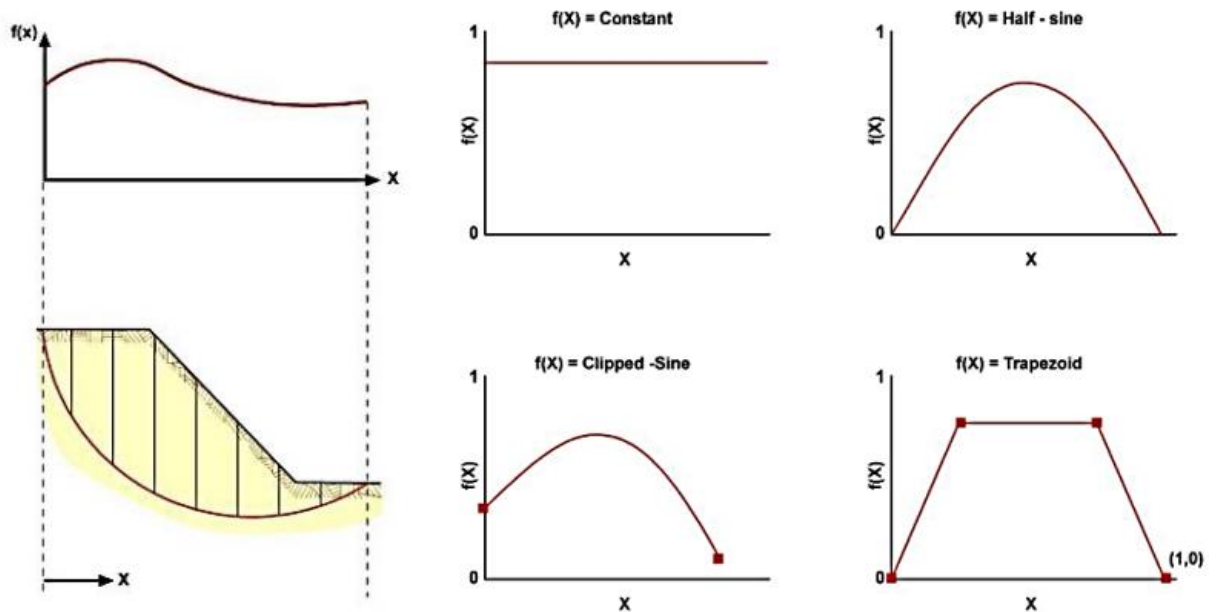
$$\text{Equilibrio de momentos: } \sum [Q \cos(\alpha - \theta)] R = 0 \quad (40)$$

e) Método de Mongenstern-Price

El método de Mongenstern Price para el análisis de taludes fue propuesto en el año 1962. Este método asume que el talud se comporta como una viga elástica que se flexiona y que la falla se produce en forma de una superficie curva conocida como “superficie de rotura”. Además, considera que la masa del suelo sobre la superficie de rotura es paralela al suelo a lo largo de la línea de falla, para determinar los factores de seguridad y el modo de falla de un talud (Curipoma, 2017).

Figura 13

Funciones Típicas $f(x)$ Aplicadas en Método de Mongenstern-Price

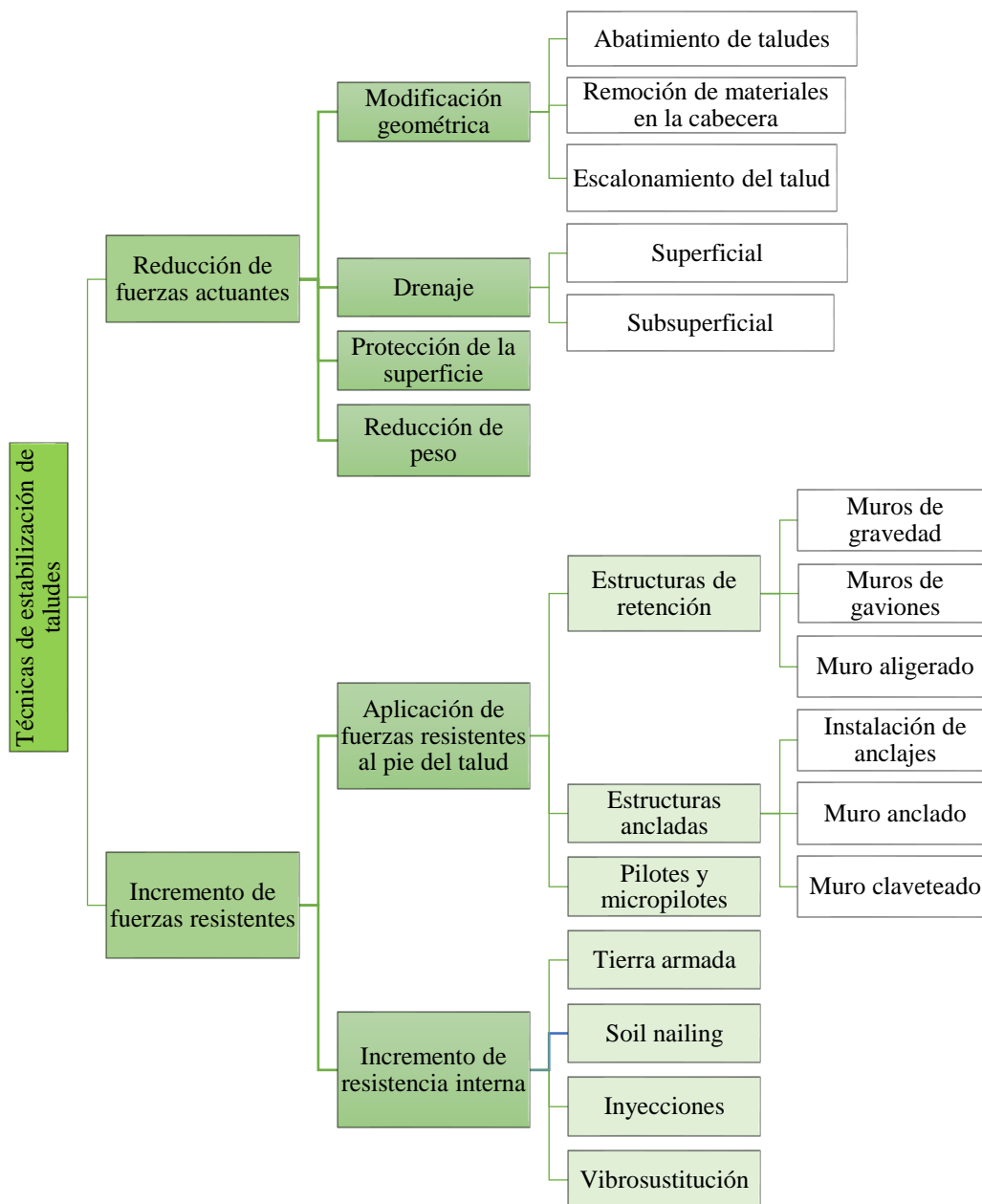


Nota: (Curipoma, 2017).

2.3.8. Estrategias de control del deslizamiento

Las estrategias de control de deslizamiento son todas aquellas medidas implementadas en un talud o ladera que tienen como objetivo prevenir o mitigar la inestabilidad, evitando que se produzcan deslizamientos o desplazamientos catastróficos (García, 2022). Estas estrategias implican el uso de diversas técnicas y medidas para fortalecer y estabilizar los taludes (Alberti et al., 2006).

Figura 14 *Sistemas de Estabilización de Taludes*



Nota: (Alberti et al., 2006, p. 105).

2.3.8.1. Medidas de reducción de fuerzas actuantes

Son aquellas acciones o técnicas utilizadas con el objetivo de disminuir las fuerzas que actúan sobre un objeto o estructura, en este caso sobre el talud. Estas fuerzas pueden ser externas, como las cargas internas. Al reducir estas fuerzas, se pretende incrementar la seguridad y estabilidad de la estructura (Alberti et al., 2006).

a) Modificación geométrica

Es un sistema de estabilización en el que se modifica la geometría del talud para obtener una nueva configuración estable, que reduce las fuerzas que provocan el movimiento de la masa y aumenta el factor de seguridad al aumentar la tensión normal. Suele ser la primera opción considerada porque es fácil de realizar y de bajo coste cuando se trata de pendientes bajas (León & Miño, 2014).

Modificar geometría por bermas. Para contener un talud, la geometría de la pendiente se puede alterar construyendo bermas. De esta forma, los taludes quedarán escalonados, redistribuyendo las fuerzas debidas al peso del material, dando como resultado una nueva configuración más estable (Codina, 2005, p. 17).

Modificación de la geometría mediante cambio del ángulo del talud. La modificación de la geometría depende del grado de estabilidad que se desea conseguir, por lo que, a partir del ángulo inicial del talud, se puede calcular que la estabilidad va disminuyendo a ángulos menores (Codina, 2005, p. 17).

b) Drenaje

El propósito de las medidas de drenaje es eliminar o reducir el agua que pueda existir en el talud, eliminando o reduciendo la presión intersticial como factor inestable de la superficie de falla. El drenaje puede ser superficial, a través de zanjas y canalizaciones, o profundo, a través de zanjas horizontales, pozos o una combinación de drenes verticales y horizontales (García, 2022).

2.3.8.2. Medidas de incremento de fuerzas resistentes

Son acciones o técnicas utilizadas para aumentar la capacidad de resistencia de un objeto o estructura ante las fuerzas que actúan sobre él. Esto se logra en taludes mediante el fortalecimiento del suelo o el diseño de estructura de retención de manera que pueda soportar mayores cargas o tensiones (Alberti et al., 2006).

a) Estructuras ancladas

Corresponden a sistemas de estabilización de taludes en los que los elementos estructurales utilizados (barras, cables, varillas, varillas autoperforantes) están dispuestos de forma que resistan el deslizamiento, proporcionen tensiones normales a una superficie potencial de fractura, aumenten su resistencia, se deslicen, instalación simétrica en el suelo o rocas que componen la pendiente (García, 2022).

b) Estructuras de retención

Son estructuras continuas, que estabilizan activa o pasivamente grandes extensiones de terreno, se construyen al pie de talud como elementos de contención o soporte, mejorando su estabilidad mediante los siguientes efectos: Compensan la presión del suelo mediante empuje pasivo, actúan como elementos de retención de los bloques desprendidos, protegen la punta de la intemperie. Por otro lado, el muro no puede evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo (García, 2022).

Muros de gravedad. Estructura construida con una gran masa de concreto que aprovecha su propio peso para resistir la presión del suelo (García, 2022).

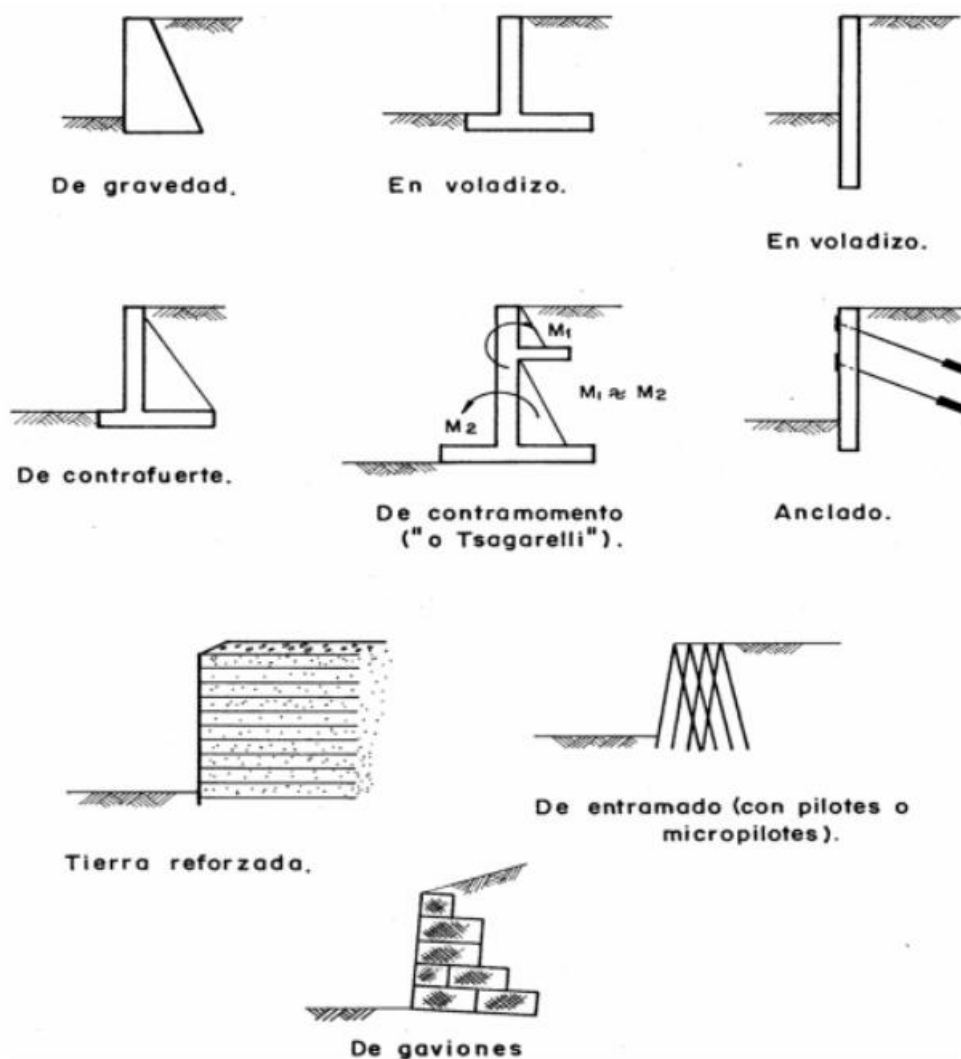
Muros en voladizo. Es un muro que se construye extendiéndose horizontalmente hacia afuera desde su base para aumentar su estabilidad y resistencia (Alberti et al., 2006).

Muros de gaviones. Es una estructura formada por cestas o jaulas metálicas rellenas de piedras o grava, utilizadas para contener o estabilizar el suelo en taludes o riberas (García, 2022).

Muro de tierra reforzado. Es un tipo de muro que combina una masa de tierra compactada con elementos de refuerzo, como geotextiles, para aumentar su resistencia al empuje del suelo (Alberti et al., 2006).

Muro anclado. Es un muro que se refuerza mediante anclajes o cables anclados al terreno más allá de su base para resistir la fuerza del suelo y aumentar su estabilidad (García, 2022).

Figura 15 Estructuras de Contención de Deslizamientos: Muros

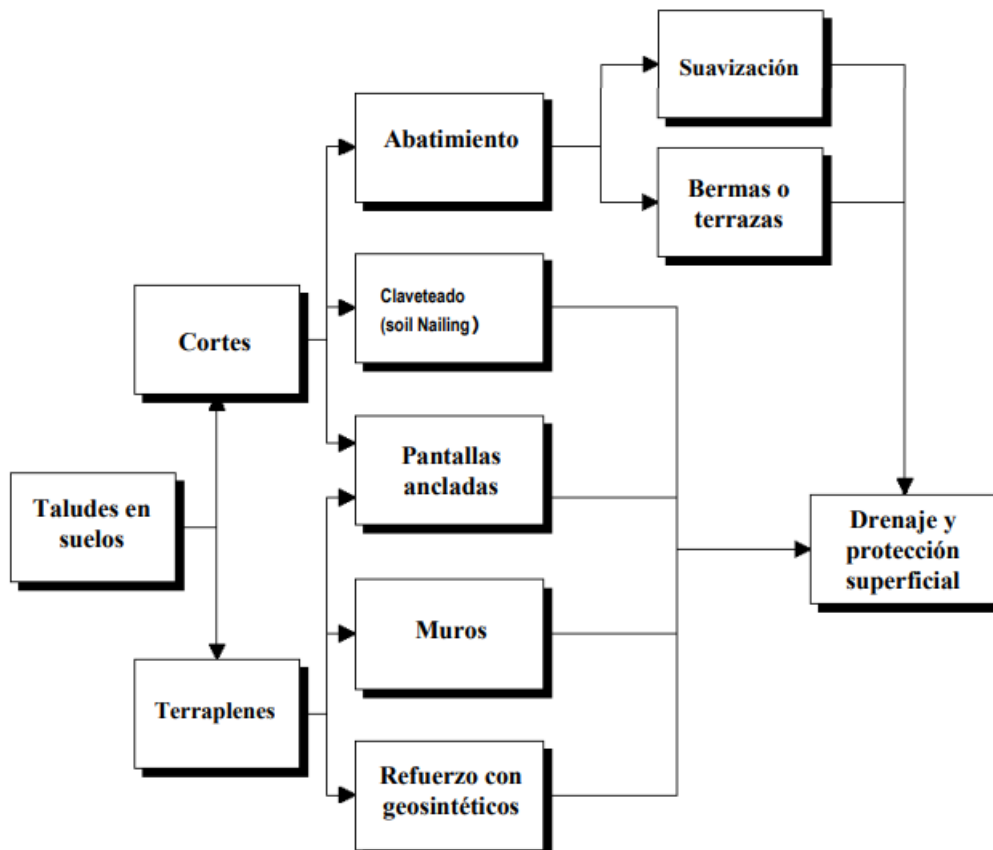


Nota: (Ugalde, 2015).

2.3.8.3. Aplicación de sistemas de estabilización

La aplicación de cualquier sistema de estabilización, conlleva la valoración de diferentes parámetros para definir la solución ideal, pudiendo inclusive llegar a considerarse la de combinación de varios de estos sistemas (García, 2022). Según Morales (2012) generalmente la estabilización de un talud se logra con el corte del mismo o con terraplenes a través de la colocación de taludes o anclajes, pero en ambos casos se tiene que considerar el drenaje adecuado que garantice evite o reduzca la saturación hídrica del talud. Al diseñar medidas de estabilización se debe considerar el factor de seguridad que se desea alcanzar. En el diseño de taludes permanentes bajo condiciones de carga normales, un valor de 1.5 es apropiado, mientras que para taludes temporales se recomienda un valor de alrededor de 1.3 (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU., 2003).

Figura 16 *Aplicación de Sistemas de Estabilización en Taludes*



Nota: (Morales, 2012).

2.3.9. Banquetas

Las banquetas de un talud son las estructuras diseñadas para cortar o rellenar un talud modificando su pendiente con el objetivo de lograr su estabilización. Estas estructuras están compuestas por diferentes componentes que trabajan en conjunto para asegurar la estabilidad del talud y prevenir la erosión. Al diseñar una banqueta de talud, se deben seguir ciertos principios y normas de ingeniería para asegurar la estabilidad y durabilidad de la estructura. Esto implica considerar la geometría y dimensiones adecuadas de la plataforma, así como la selección de los materiales más adecuados para el revestimiento y los sistemas de drenaje. El MTC (2018) establece criterios de valores referenciales para el corte de taludes.

Tabla 9

Valores Referenciales para Taludes en Corte

Altura de corte (m)	Roca fija	Roca suelta	Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arena
< 5	1:10	1:6-1:4	1:1-1:3	1:1	2:1
5-10	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
> 10	1:8	1:2		*	*

Nota: (MTC, 2018).

Los componentes de una banqueta generalmente son: (MTC, 2018)

Berma: Es una franja de terreno ubicada junto a la banqueta que puede ser utilizada para plantar árboles, instalar postes de luz o señalización, entre otros.

Pendiente de corte: Es el nivel de inclinación que tiene la banqueta con respecto al nivel del terreno. Debe ser adecuado para permitir el drenaje del agua de lluvia y evitar acumulaciones que puedan dificultar el paso peatonal.

Ángulo de inclinación: Es el grado de inclinación que presenta la superficie de la banqueta con respecto al terreno. Debe ser suficiente para permitir el flujo adecuado de agua y evitar estancamientos.

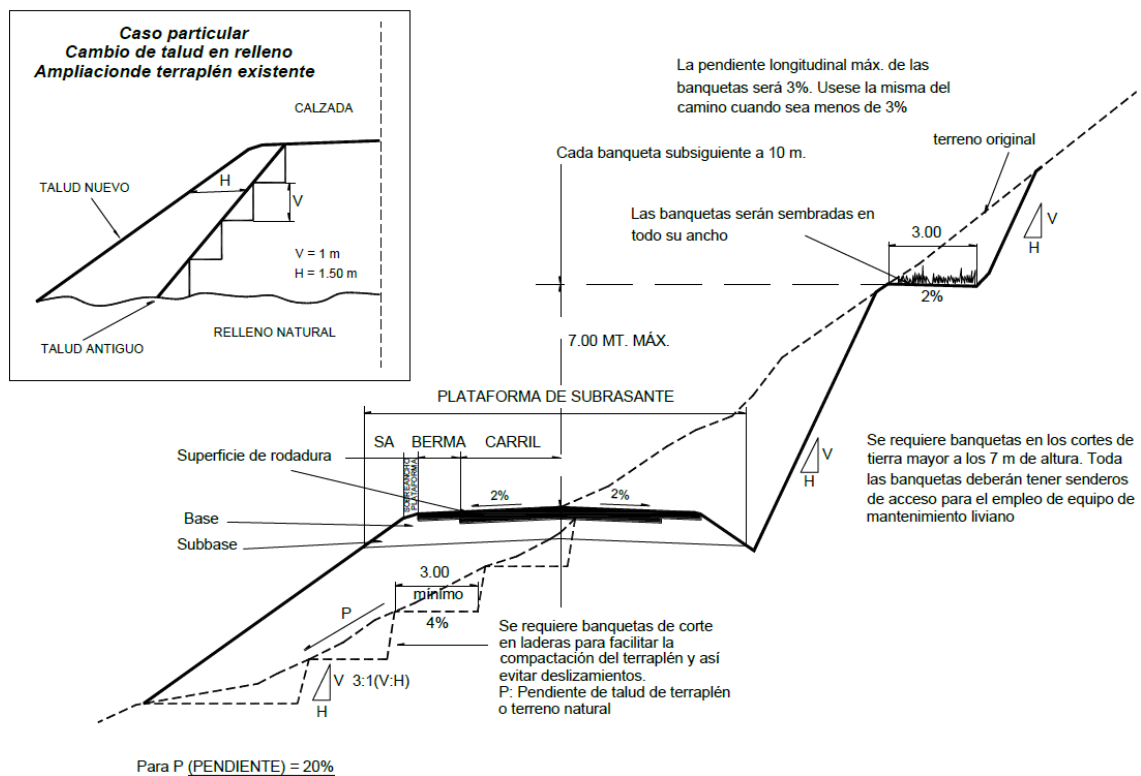
Ancho de banqueta: Es la distancia horizontal entre el límite de la acera y la calzada. Debe ser lo suficientemente amplio para permitir el paso peatonal cómodo y seguro, considerando también la circulación de personas con movilidad reducida o discapacidad.

Altura de banqueta: Es la altura o nivel que tiene la acera con respecto a la calzada. Debe ser suficiente para delimitar el espacio peatonal y evitar el acceso de vehículos.

Vegetación: En algunas ocasiones, las banquetas pueden contar con áreas destinadas a la plantación de árboles, arbustos u otras formas de vegetación. Estos elementos tienen beneficios estéticos y ambientales, como la reducción del calor urbano y la captación de contaminantes.

Figura 17

Sección Transversal Típica de Corte de Talud en una Carretera



Nota: (MTC, 2018).

2.3.10. Muro en gravedad

Un muro de gravedad es una estructura de contención diseñada para resistir las fuerzas laterales generadas por el suelo y el agua. A diferencia de otros tipos de muros de contención, como los muros de retención con contrafuertes, los muros de gravedad utilizan su propio peso para equilibrar estas fuerzas (León, 2013).

Los elementos principales de un muro de gravedad son los siguientes:

Base: Es la parte inferior del muro que se apoya sobre el suelo y distribuye las cargas hacia el terreno subyacente.

Talón: Es una porción más ancha de la base del muro ubicada en la parte trasera, que proporciona estabilidad y ayuda a prevenir el vuelco del muro.

Cuerpo: Es la estructura vertical del muro que soporta la carga del suelo y del agua. Puede ser de concreto, piedra, ladrillo, entre otros materiales.

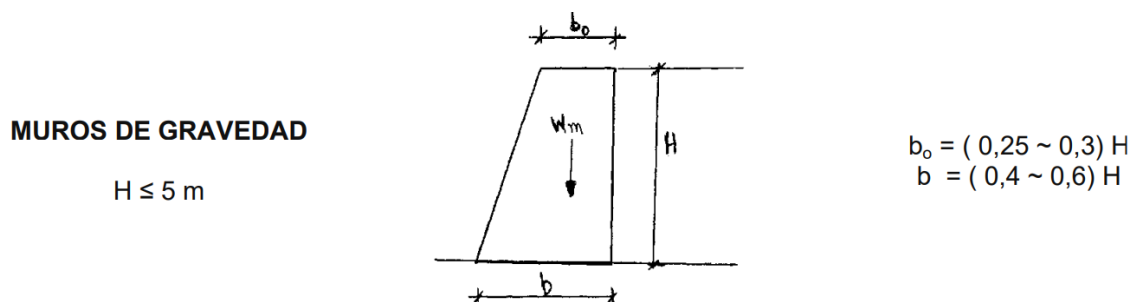
Coronación: Es la parte superior del muro, que puede tener una forma recta o inclinada, y suele usarse para proteger el muro de las condiciones climáticas y proporcionar un borde de seguridad.

$$b = (0.4 - 0.6) \times H \quad (41)$$

$$b_o = (0.25 - 0.30) \times H \quad (42)$$

Figura 18

Requerimientos Geométricos para Muros de Gravedad



Nota: Norma CE.020 (MVCS, 2012).

2.3.11. Muro en voladizo

Un muro en voladizo es una estructura que se sostiene por un extremo y se extiende hacia afuera en voladizo, sin apoyo en el otro extremo. Este tipo de muro es utilizado comúnmente en construcciones donde se requiere una amplia apertura sin columnas u otras obstrucciones (León, 2013).

Los elementos principales de un muro en voladizo son los siguientes:

Base: Es la parte inferior del muro que se apoya sobre el suelo y distribuye las cargas hacia el terreno subyacente.

Vástago o viga de soporte: Es el elemento estructural que se extiende desde la base hacia el extremo en voladizo. Proporciona resistencia y estabilidad al muro.

Cabezal: Es el refuerzo horizontal ubicado en la parte superior del muro, que ayuda a distribuir las cargas desde el voladizo hacia el cuerpo del muro.

Cuerpo: Es la estructura vertical del muro, que puede ser de concreto, ladrillo u otro tipo de material, y soporta la carga del voladizo y las cargas verticales.

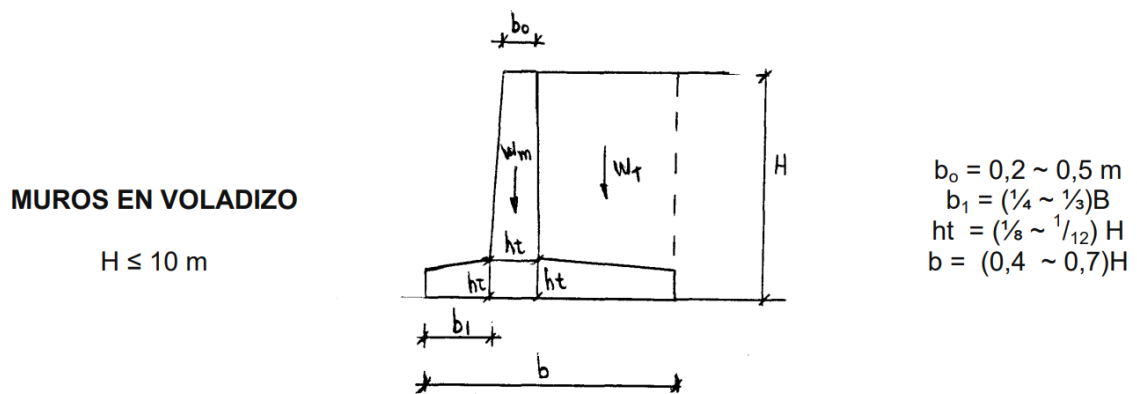
$$b = (0.4 - 0.7) \times H \quad (43)$$

$$ht = (1/8 - 1/12) \times H \quad (44)$$

$$b_1 = (1/4 - 1/3) \times B \quad (45)$$

Figura 19

Requerimientos Geométricos para Muros en Voladizo



Nota: Norma CE.020 (MVCS, 2012).

2.3.12. Muro en voladizo con contrafuerte

Un muro en voladizo con contrafuerte es una estructura que se sostiene por un extremo y se extiende hacia afuera en voladizo, pero tiene un contrafuerte o apoyo adicional en el otro extremo. Este tipo de muro se utiliza para proporcionar mayor estabilidad y resistencia frente a cargas laterales, como vientos fuertes o empujes del suelo (León, 2013).

Los elementos principales de un muro en voladizo con contrafuerte son los siguientes:

Base: Es la parte inferior del muro que se apoya sobre el suelo y distribuye las cargas hacia el terreno subyacente.

Vástago o viga de soporte: Es el elemento estructural que se extiende desde la base hacia el extremo en voladizo. Proporciona resistencia y estabilidad al muro.

Contrafuerte: Es un elemento estructural adicional que se extiende desde la base hacia el otro extremo contrario al voladizo. Tiene forma de pared o viga y ofrece mayor soporte y estabilidad al muro.

Cabezal: Es el refuerzo horizontal ubicado en la parte superior del muro, que ayuda a distribuir las cargas desde el voladizo y el contrafuerte hacia el cuerpo del muro.

Cuerpo: Es la estructura vertical del muro, que puede ser de concreto, ladrillo u otro tipo de material, y soporta la carga del voladizo, el contrafuerte y las cargas verticales.

$$b = (0.4 - 0.7) \times H \quad (46)$$

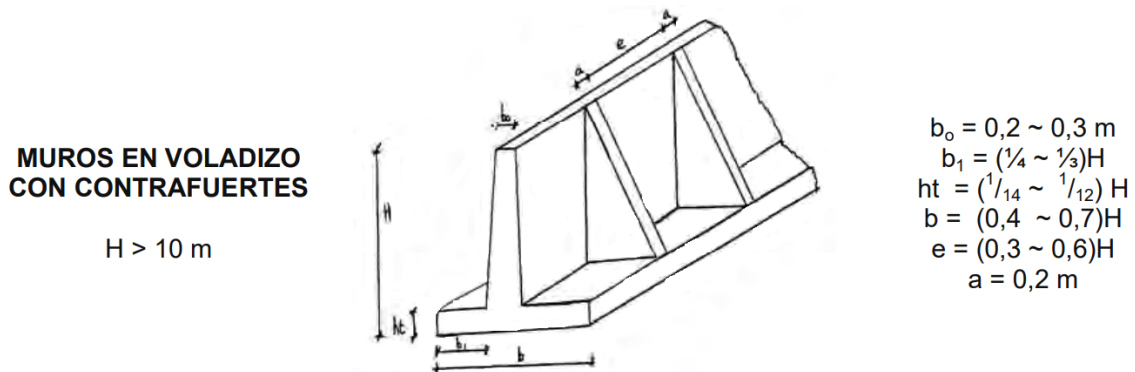
$$ht = (1/14 - 1/12) \times H \quad (47)$$

$$b1 = (1/4 - 1/3) \times B \quad (48)$$

$$e = (0.3 - 0.6) \times H \quad (49)$$

Figura 20

Requerimientos Geométricos para Muros en Voladizo con Contrafuerte



Nota: Norma CE.020 (MVCS, 2012).

2.3.13. Muro de tierra reforzada

Un muro de tierra reforzada es una estructura construida con materiales de tierra compactada y reforzada con geosintéticos, como geotextiles o geomallas. Este tipo de muro se utiliza para contener terrenos y proporcionar estabilidad en taludes o laderas (Avilés, 2014)

Los elementos principales de un muro de tierra reforzada son los siguientes:

Terraplén: Es la masa de tierra compactada que constituye la parte principal del muro. Puede estar compuesto por diferentes tipos de suelo, como arcilla, arena o gravilla, dependiendo de las características del terreno.

Geosintéticos: Son los elementos de refuerzo que se colocan dentro del terraplén para proporcionar resistencia y estabilidad. Los geotextiles son telas geométricas permeables que se colocan en capas horizontales, mientras que las geomallas son paneles rígidos o flexibles que se entrelazan con el suelo y se colocan en capas verticales.

Drenaje: Los muros de tierra reforzada suelen contar con un sistema de drenaje para evitar la acumulación de agua detrás del muro. Esto puede incluir tuberías perforadas, geodrenes o material drenante colocado en el relleno.

En cuanto al predimensionamiento de un muro de tierra reforzada, se pueden utilizar diferentes fórmulas. Algunas de las fórmulas comunes son:

Cálculo de la presión lateral: La presión lateral del suelo sobre el muro se calcula multiplicando la densidad del suelo por la altura del muro y la aceleración debida a la gravedad.

$$P = \gamma \times H \times g \quad (50)$$

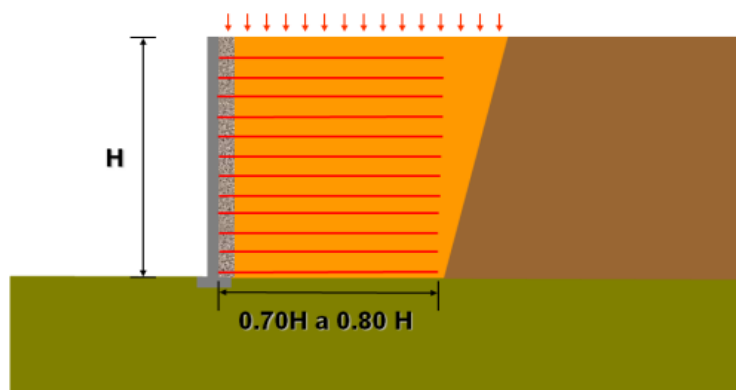
Donde P es la presión lateral, γ es la densidad del suelo, H es la altura del muro y g es la aceleración debido a la gravedad.

$$B = (0.70 - 0.80) \times H \quad (51)$$

Cálculo de la resistencia a la tracción del geosintético: La resistencia a la tracción del geosintético se determina mediante ensayos de laboratorio o datos proporcionados por el fabricante. Esta resistencia se utiliza para calcular la resistencia a la tracción requerida del geosintético para la estabilidad del muro.

Figura 21

Requerimientos Geométricos para Muros de Tierra Reforzada



Nota: (Avilés, 2014).

2.3.14. Anclajes

Un anclaje para taludes es una técnica utilizada para proporcionar estabilidad a un talud o ladera en riesgo de deslizamiento o colapso. Consiste en la instalación de

elementos de anclaje, que son barras o cables de acero que se insertan en el terreno para resistir las fuerzas que actúan sobre el talud (León, 2013)

Los elementos principales de un anclaje para taludes son los siguientes:

Barra o cable de acero: Es el elemento central del anclaje y se utiliza para transferir las fuerzas del talud al terreno resistente. La elección de la barra o cable depende de la carga y las condiciones específicas del proyecto.

Grapa o cuña: Es un dispositivo que se utiliza para fijar la barra o cable al terreno. Puede ser una placa metálica o un manguito de expansión que se instala en un taladro realizado en el terreno.

Adherente: Es el material utilizado para unir la barra o cable a la grapa o cuña. Puede ser un mortero de alta resistencia, una resina epoxi o un sistema de inyección de cemento.

El diseño de un anclaje para taludes se rige por la norma E.050 (MVCS, 2018). A continuación, se presentan los aspectos fundamentales del diseño según esta normativa:

Cálculo de las cargas: Se deben determinar las cargas que actuarán sobre el anclaje, como la presión lateral del suelo, las fuerzas sísmicas y las cargas de sobrecarga. Estas cargas se calculan de acuerdo a la norma.

$$P_w = \frac{0.90 \times F_y \times A_s}{n} \quad (52)$$

Donde, P_w es la carga de trabajo del anclaje, F_y el esfuerzo de fluencia del acero, A_s el área del acero de refuerzo, n el coeficiente de seguridad, 1.5 para anclajes provisionales y 1.75 para anclajes permanentes.

Longitud de bulbo: Determina la longitud del anclaje y la profundidad a la que se debe instalar para resistir las cargas estimadas. Se deben considerar factores como la cohesión, la resistencia al corte y la inclinación del talud.

$$L_b = \frac{P_w}{\pi \times D \times \tau_w} \quad (53)$$

Donde: L_b longitud del bulbo del anclaje, P_w carga de trabajo del anclaje, D diámetro de perforación, τ_w capacidad de adherencia de trabajo en el contacto suelo-material cementante, $\tau_w = \tau_{ult}/FS$, $FS \geq 2.00$.

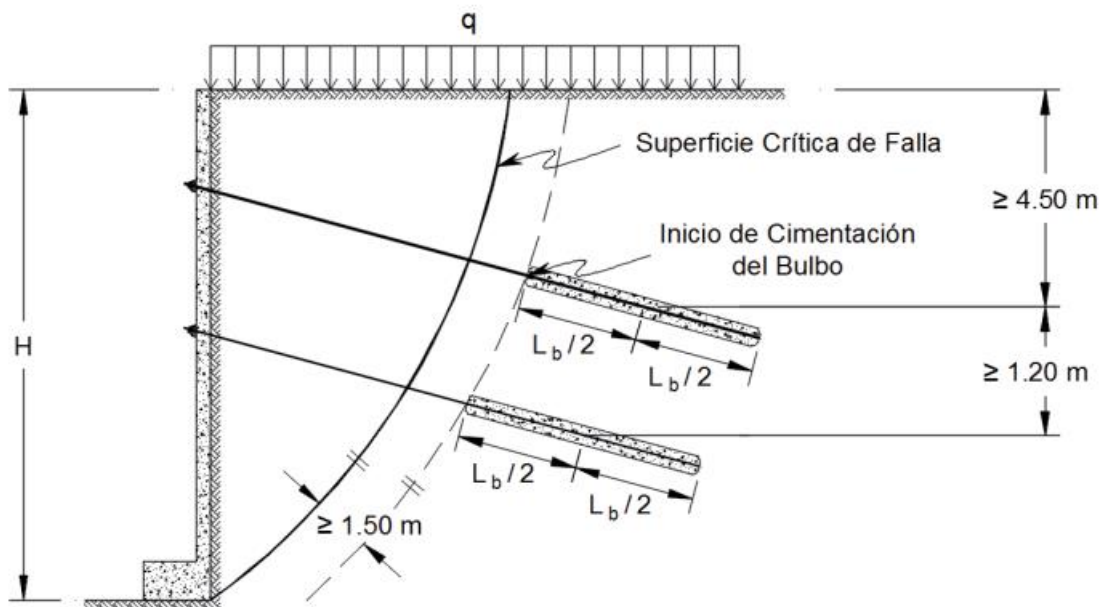
Longitud libre de anclaje: La longitud libre mínima de anclajes no es inferior a: 4.50 m para anclajes de cables y 3.00 para anclajes de barras.

Selección de la barra o cable: Seleccionar la barra o cable adecuado en función de la carga y la resistencia requerida. Se deben tener en cuenta aspectos como la capacidad de carga, la resistencia a la tracción y la resistencia a la corrosión.

Diseño de la grapa o cuña: Dimensionar y diseñar la grapa o cuña con base en las cargas y la resistencia del terreno. Se deben seguir las recomendaciones de la normativa para garantizar una conexión segura y resistente.

Figura 22

Requerimientos Geométricos para Sistemas Anclados



Nota: Norma E.050 (MVCS, 2018).

2.4. Hipótesis

Las estrategias de control del deslizamiento son eficientes para estabilizar el talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. *Variable independiente: Estrategias de control del deslizamiento*

Las estrategias de control del deslizamiento son aquellas medidas de estabilización del talud de forma permanente, para incrementar del coeficiente de seguridad (García, 2022). Tiene como dimensiones:

Cambio de geometría. Modificación o alteración de la forma o disposición del talud. Puede implicar cambios en las dimensiones, la posición, la orientación o la configuración del talud (Alberti et al., 2006).

Soluciones estructurales de contención (muros). Métodos o técnica para proporcionar estabilidad y resistencia al talud a través de la colocación de un muro (Alberti et al., 2006).

Soluciones estructurales de acción (anclajes). Métodos o sistemas utilizados para fijar, sostener o anclar el talud a una superficie más resistente del mismo con el fin de proporcionar estabilidad y resistencia (Alberti et al., 2006).

2.5.2. *Variable dependiente: Estabilidad del talud*

La estabilidad del talud es la seguridad del terreno frente a fallos o movimientos. Como primer paso es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, para luego determinar el factor de seguridad del talud natural y en caso de ser necesario plantear soluciones de contención del probable deslizamiento del talud. Para comprobar la estabilidad, de una masa de suelo, se debe determinar su factor de seguridad al deslizamiento, contrastando los esfuerzos que tienden a producir con los que tienden a evitar el deslizamiento (Escobar & Duque, 2017, p. 5).

Tabla 10

Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional	
				Indicadores	Ítem
VI Estrategias de control del deslizamiento	Medidas de estabilización del talud, que consideran el incremento del coeficiente de seguridad (García, 2022).	Cambio de geometría	Modificación del perfil del talud por medio del corte (García, 2022).	Pendiente	H:V
		Soluciones estructurales de contención (muros)	Muro de contención que resiste los esfuerzos de colapso (García, 2022).	Ángulo de inclinación del talud	°
				Tipo de muro	
				Altura	m
		Ancho	m		
Soluciones estructurales de acción (anclajes)	Sistema que refuerza los esfuerzos resistentes del suelo (García, 2022).	Nº de anclajes	N		
Espaciamiento			m		
VD Estabilidad del talud	Se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Para comprobar la estabilidad se estima su factor de seguridad al deslizamiento (Escobar & Duque, 2017, p. 5).	Características geométricas	Condiciones de la topografía del lugar (Escobar & Duque, 2017)	Pendiente	%
				Longitud	m
				Altura	m
		Características geológicas y geotécnicas	Condiciones del tipo de suelo y sus parámetros resistentes (Escobar & Duque, 2017)	Tipo de suelo	
				Cohesión	Kg/cm ²
				Ángulo de fricción	°
				Peso específico	Kg/m ³
		Susceptibilidad frente a deslizamientos	Relación de condicionantes (pendiente, vegetación, cercanía a la quebrada, geología, geomorfología) y desencadenantes (erosión del suelo) de un deslizamiento	Pendiente	%
				Geomorfología	%
				Geología	%
Factor de seguridad	Factor que, determina la estabilidad de un talud (Escobar & Duque, 2017)	Precipitaciones	mm/año		
		Estático	N		
			Dinámico	N	

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

El enfoque fue mixto, según Hernández et al. (2014) se aplica cuando los resultados obtenidos tienen carácter numérico y un proceso metódico para determinarlos, es decir, en el caso del estudio se ha utilizado el método científico para recopilar, analizar e interpretar datos numéricos relacionados con la estabilización de taludes y sus propuestas de control del deslizamiento.

El tipo de investigación fue aplicada, según Grajales (2000) este tipo de estudio hace uso de metodologías existentes, en este caso determinísticas, para su aplicación en la estimación del factor de seguridad, y a partir de los resultados, proponer un método de estabilización que, permita controlar el deslizamiento. Por tanto, fue de tipo aplicada porque el objetivo de la investigación fue aplicar los conocimientos teóricos existentes en la estabilización de taludes a situaciones reales. Siendo así, se buscó encontrar soluciones prácticas y eficientes para estabilizar los taludes y prevenir deslizamientos y colapsos.

La investigación según su alcance fue explicativa, porque según Cauas (2015) busca comprender y explicar las causas y efectos de las estrategias de estabilización de taludes. Se ha definido cada uno de los resultados a través de la explicación de los mismos, para presentar datos comprensibles al lector que involucren el análisis y comparación de la efectividad de las medidas para controlar el deslizamiento del talud.

Según el papel del investigador es no experimental, debido a que, tal como argumenta Grajales (2000) no se han alterado las condiciones del lugar en estudio, pero se convierte en cuasiexperimental en el aspecto que se simulara también el

estado pseudoestático o dinámico que viene a ser la alteración del modelo de superficie de falla con parámetros sísmicos, considerando que, tal como argumenta Manterola & Otzen (2015) en la investigación cuasiexperimental la muestra se define por conveniencia pero la relación entre variables es interviniente, siendo así se ha experimentado el grado de deslizamiento de taludes frente a escenarios de estabilidad estática y pseudo estática con y sin propuestas de control de deslizamientos.

Tabla 11

Tipo de Investigación según los Principales Criterios

Criterio	Tipo de investigación
Estrategia o enfoque metodológico	Mixto
Finalidad	Aplicada
Objetivos	Explicativa
Control de diseño de la prueba	No experimental
Fuente de datos	Mixta
Contexto	Biblioteca, laboratorio, campo
Temporalidad	Transversal (sincrónica),

Nota: (Grajales, 2000).

3.2. Diseño de investigación

No experimental descriptivo causal simple, debido a que, tal como expresa White & Sabarwal (2014) se estudian casos reales en los que se aplica la experimentación, en este caso dada por las diferentes estrategias de estabilización de taludes, sin asignar al azar los taludes a los diferentes tratamientos, es decir los taludes a los que se aplica estas estrategias de control son electos en este caso cuando el factor de seguridad es menor a 1.5 (Norma CE.020, MVCS, 2012). Se comparan diferentes condiciones y se analizan los resultados obtenidos para evaluar la eficacia de las estrategias de estabilización utilizadas. Aunque no se utiliza un diseño experimental puro, se recopilan datos de manera sistemática y se

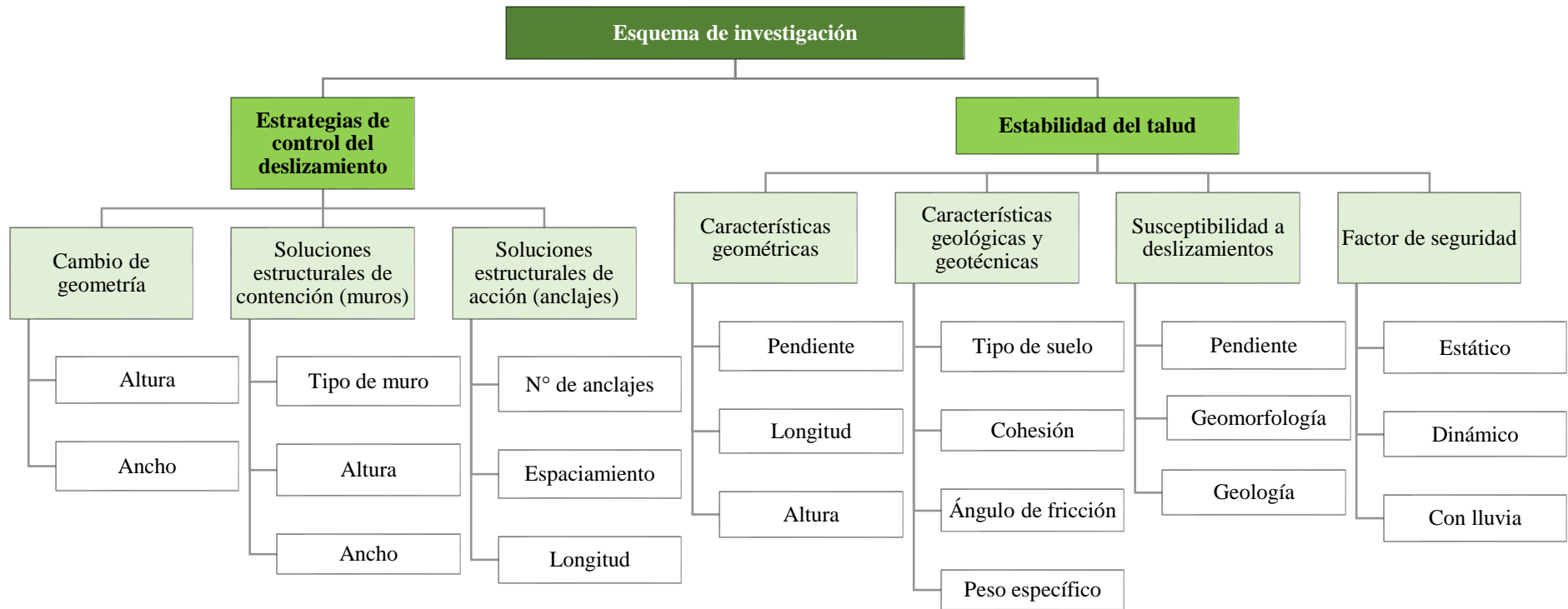
busca establecer relaciones causales entre las variables estudiadas. Siendo así, se ha modelado inicialmente el talud en sus condiciones normales de topografía y mecánica de suelos, para luego ser modificado por medio de la incorporación de estrategias de contención del deslizamiento, para asegurar la estabilidad del talud.

$$\begin{array}{l}
 GC \quad \rightarrow \quad \begin{array}{l} y1 \\ y2 \end{array} \\
 GE \quad x1, x2, x3 \quad \begin{array}{l} y1 \\ y2 \end{array}
 \end{array} \tag{54}$$

Se tiene el grupo control, en el cual se analiza el talud natural en condiciones estáticas (y1) y dinámicas (y2); pero luego se tiene el grupo experimental en el que, se analiza el talud, en tres escenarios de estabilización: con cambio de geometría (x1), con muros (x2) y con anclajes (x3), para verificar las variaciones en el factor de seguridad en condiciones estáticas (y1) y dinámicas (y2).

Figura 23

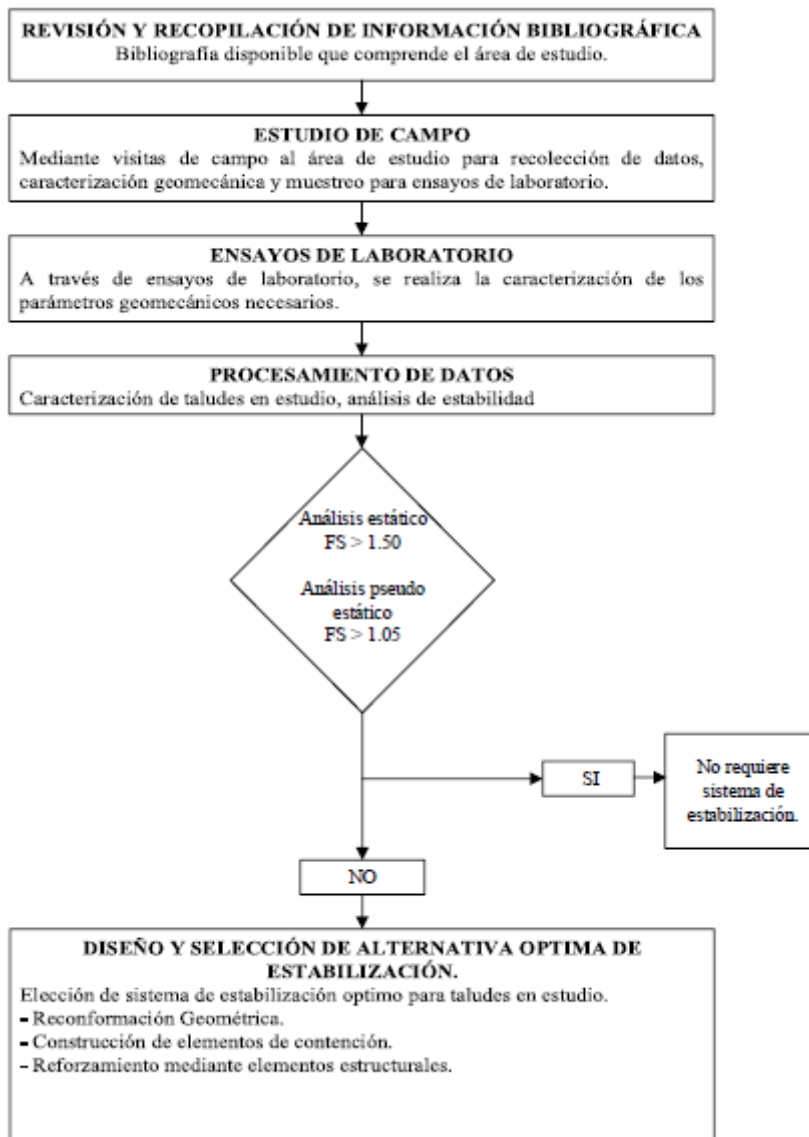
Esquema de Investigación



3.3. Métodos de investigación

Como método se ha aplicado la deducción, según Gómez (2012) “el pensamiento deductivo es un procedimiento de investigación que usa un tipo de pensamiento lógico general basados en leyes o principios para llegar a hechos específicos” (Gómez, 2012). En este caso, se ha utilizado las leyes de Mohr-Coulomb para a través del modelo determinista (Fig. 24) simular las condiciones reales del talud en estudio, hiendo de las leyes generales a un hecho concreto como es, el análisis de estrategias de estabilidad de taludes.

Figura 24 Modalidad de Investigación



Nota: Adaptado de (García, 2022).

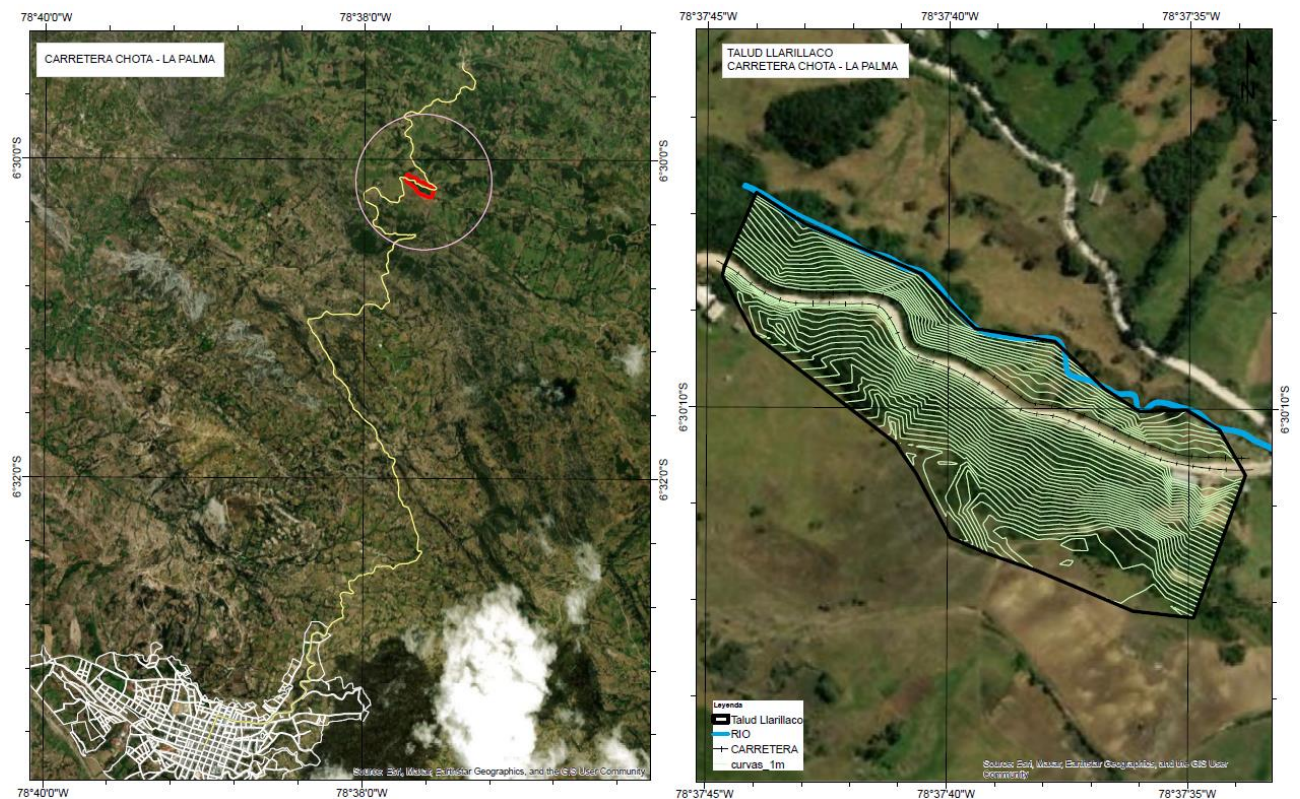
3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

El talud inestable Llarillaco ubicado en el trayecto de la carretera Chota – La Palma, provincia de Chota, de 14.5 km de extensión, que conecta al distrito de Chota con el distrito de Conchán, pero que, se ve constantemente afectada por fenómenos de deslizamiento según reportes de noticias en medios locales.

Figura 25

Carretera Chota – La Palma



3.4.2. Muestreo

El muestreo es no probabilístico definido por conveniencia (Scharager & Reyes, 2001) tomando como criterio aquel talud que, ya ha sido lugar de deslizamientos según informan el Gobierno Regional de Cajamarca (2013) e INDECI (2022).

3.4.3. Muestra

El talud superior Llarillaco está ubicado en la carretera Chota – La Palma, en la provincia de Chota, con una extensión de 2 ha, ubicado en las coordenadas UTM WGS84 17S 762432.13 m E, 9280559.08 m S, a 2830 msnm, situado a aproximadamente 10 km de la ciudad de Chota, definido en base a los reportes locales (Gobierno Regional de Cajamarca, 2013). Tiene una longitud de contacto con la carretera de 300 m lineales, de los cuales se han seccionado perfiles de talud cada 20 m, teniendo así 16 secciones de análisis numerados en la dirección de La Palma – Chota, tal como se detalla en la Fig. 26, de las cuáles se ha verificado que secciones requieren el control del deslizamiento planteando así tres propuestas de estabilización de taludes: Cambio de geometría (banquetas), solución estructural de contención (muros), solución estructural de acción (anclajes).

Figura 26

Ubicación del Talud Llarillaco en la Carretera Chota – La Palma

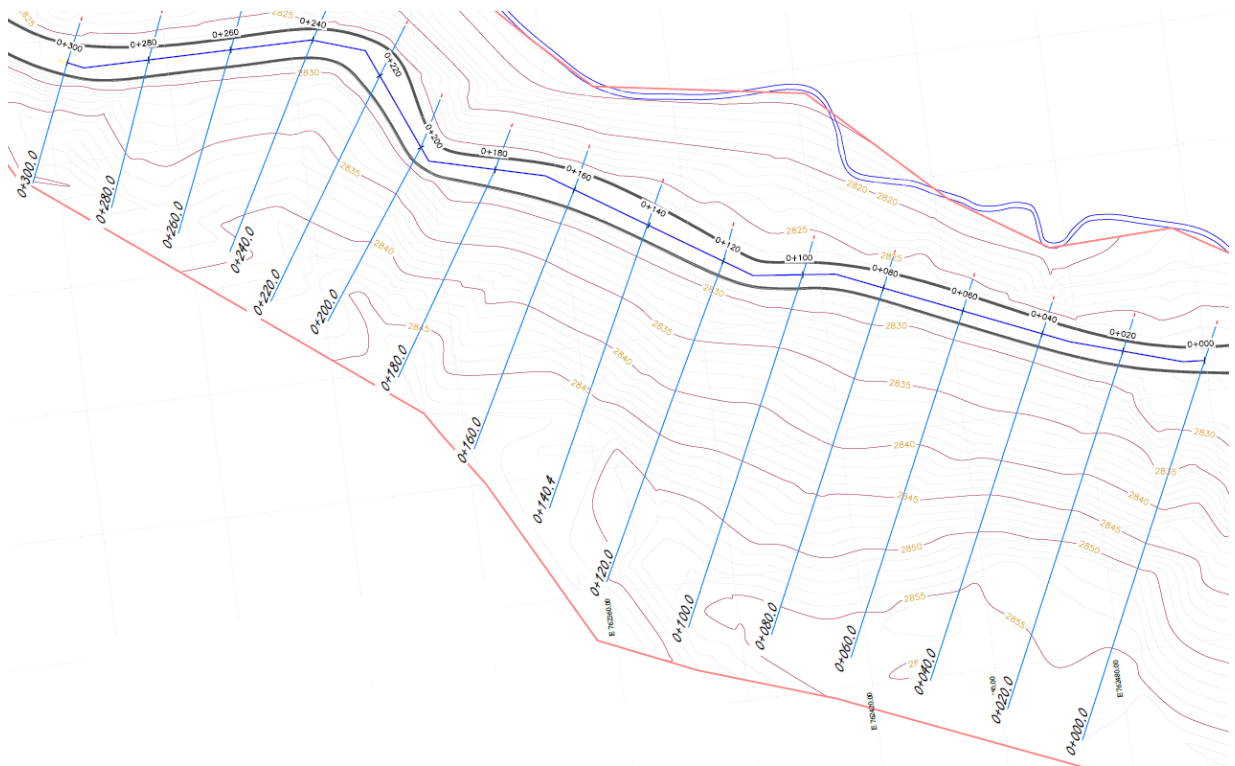


Tabla 12*Secciones de Estudio en la Carretera Chota – La Palma*

Sección	Progresiva en relación a la carretera	
	Chota - La Palma	
1	11+363	00+000
2	11+343	00+020
3	11+323	00+040
4	11+303	00+060
5	11+283	00+080
6	11+263	00+100
7	11+243	00+120
8	11+223	00+140
9	11+203	00+160
10	11+183	00+180
11	11+163	00+200
12	11+143	00+220
13	11+123	00+240
14	11+103	00+260
15	11+083	00+280
16	11+063	00+300

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**3.5.1. Técnicas****a) Observación**

Consiste en captar por medio de la vista, en forma directa y sistemática cualquier situación en función de los objetivos del estudio. La observación es la principal técnica de acción de toda investigación, permite conocer el problema y después poder evaluarlo a partir de la visualización global de este (Hernández et al., 2014). Como parte del estudio ha servido para explorar el talud de análisis.

b) Análisis de contenido

Es una técnica de investigación que se utiliza para analizar contenidos obtenidos mediante otras técnicas. Las herramientas utilizadas son cuadros de

registro y tablas de clasificación (Abela, 2002). Como parte del análisis de contenido, se han realizado los estudios básicos, como:

(1) Levantamiento topográfico e identificación de uso del suelo y cercanía a la quebrada

Técnica que permite conocer la superficie o área de un lugar de estudio en relación a su elevación y demás parámetros cartográficos para el seccionamiento de la zona de estudio. Así mismo, se han tomado puntos topográficos en áreas de cultivo, viviendas que forman parte del área de estudio, quebrada y demás puntos de interés que sirvan posteriormente para formular mapas de pendiente, uso del suelo y parámetros hídricos.

(2) Geología y geomorfología del lugar

Es la determinación de parámetros referentes a fallas geológicas y características propias de los husos de falla, entre otros datos, que, han permitido caracterizar la fenomenología del deslizamiento.

(3) Pruebas de suelos en campo y laboratorio

Como técnica ha permitido conocer las diferentes características del suelo de los taludes en estudio tanto en campo por medio del ensayo de SPT, como en laboratorio, con el ensayo de corte directo.

c) Estudio causal – comparativo

Permite comprender la causalidad a través del momento en que ocurre, por lo que, generalmente son estudios prospectivos. La investigación prospectiva se realiza antes de que los hechos ocurran. Por ejemplo, se ha analizado la estabilidad del talud, y que, estrategias lo pueden contener antes que se dé el fenómeno de deslizamiento, para ello, se han planteado dos acciones:

(1) Modelación en el programa SLIDE – GEO5

El programa permite modelar el perfil del talud para conocer el área de deslizamiento acorde a las metodologías de estudio.

(2) Medidas de estabilización de taludes

Son los medios de solución para el deslizamiento de un talud.

3.5.2. Instrumentos

a) Cuaderno de campo

Elemento de registro de lo observado durante el estudio. Todo proceso observado que, sirva para cumplir con los objetivos propuestos debe ser registrado (Abela, 2002), y para ello, se ha plasmado en el cuaderno de campo.

b) Formatos de registro de contenido

Es un medio que, ha plasmado los resultados de los estudios básicos realizados (1) por medio de un cuaderno de campo para el levantamiento topográfico (El cuaderno de campo ha servido como el medio de registro de todos los datos pertinentes al trabajo de campo), (2) un mapa geológico y geomorfológico, (3) formatos de ensayos de mecánica de suelos (Son los formatos en los que se presenta los resultados del EMS, por medio del ensayo de campo SPT y la recolección de muestra para ensayos complementarios en laboratorio), así mismo en cada proceso se han utilizado ciertos equipos, materiales e instrumentos de ejecución del ensayo tales como:

Levantamiento topográfico e identificación de uso del suelo

- GPS diferencial CHCNAV i90
- GPS de mano Garmin Zumo Xt 5.5.

Estudio de geología y geomorfología

- Brújula Brunton 5020/Azimutal
- Flexómetro Stanley de 50 m

- GPS de mano Garmin Zumo Xt 5.5.

Estudio de mecánica de suelos

- SPT Dirimpex
- Balanza Henkel 40x50 EPR bch200cg
- Tamices y malla de acero Inox
- Horno Memmert
- Copa Casagrande Riceli
- Equipo de corte directo Palio

c) Matriz de estudio causal – comparativo

Muestra los resultados resumen y agrupados del:

(1) Modelo SLIDE de corte de talud

El modelo SLIDE muestra el área de deslizamiento del talud en estado estático y pseudoestático o también denominado dinámico. Se utilizarán como instrumentos:

Computadora portátil HP 16 Gb

Programa Slide2 v9.0

(2) Propuestas para la estabilización de taludes

Son cada uno de los métodos o tecnologías propuestas para garantizar la estabilidad del talud.

- Computadora portátil HP 16 Gb
- Programa Slide2 v9.0

Tabla 13*Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Medición de Datos*

Técnica de investigación	Instrumento de investigación	Implicancias de cada técnica	Instrumento de medición
Observación	Cuaderno de campo		
		Levantamiento topográfico	GPS diferencial CHCNAV i90 GPS de mano Garmin Zumo Xt 5.5.
		Geología y geomorfología	Brújula Brunton 5020/Azimutal Flexómetro Stanley de 50 m GPS de mano Garmin Zumo Xt 5.5.
Análisis de contenido	Cuaderno de registro		SPT Dirimpex Balanza Henkel 40x50 EPR bch200cg Tamices y malla de acero Inox Horno Memmert Copa Casagrande Riceli Equipo de corte directo Palio
		Modelación en el programa SLIDE	Computadora portátil HP 16 Gb Programa Slide2 v9.0
Estudio causal comparativo	Matriz de estudio causal – comparativo	Medidas de estabilización de taludes	Computadora portátil HP 16 Gb Programa Slide2 v9.0

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Proceso de obtención de los datos

3.6.1.1. Levantamiento topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico con GPS diferencial CHCNAV i90 en el talud Llarillaco, se ha determinado los puntos de control sobre el talud que se desea medir (Estos puntos deben ser elementos estables que permitan una buena referencia). Se ha establecido una red de puntos de control alrededor del talud, distribuidos aproximadamente de manera uniforme.

Se ha configura y encendido el equipo GPS diferencial asegurándose de que la antena esté correctamente instalada. Luego se ha configurado el equipo GPS para operar en modo diferencial. En seguida, se debe ir al primer punto de control y colocar la antena del GPS diferencial en dicho punto. Esperar a que el equipo GPS establezca una conexión con los satélites y se obtenga una precisión aceptable para registrar las coordenadas del punto de control utilizando la función de medición del equipo GPS. Es importante tomar varias mediciones para obtener una mejor precisión. Por tanto, se debe repetir este procedimiento en cada uno de los puntos de control establecidos.

Luego se procede a realizar las mediciones en el talud: Se coloca la antena del GPS diferencial en diferentes puntos a lo largo del talud, de manera que se cubra toda el área de interés. Se espera a que el equipo GPS establezca una conexión con los satélites y se obtenga una precisión aceptable. Se registra las coordenadas de estos puntos utilizando la función de medición del equipo GPS. También es importante tomar varias mediciones en cada punto para obtener una mejor precisión. Se han registrado puntos dentro del talud, áreas de vegetación, ubicación de viviendas, coordenadas del borde de la quebrada aledaña, entre otros.

Finalmente, se han descargado los datos del GPS al software de post-procesamiento (Civil 3D 2022). Y se ha realizado el procesamiento de los datos para obtener las coordenadas finales de los puntos medidos, así mismo, se ha realizado el análisis topográfico requerido utilizando las coordenadas obtenidas, generando así los planos en planta y de secciones.

Figura 27

Levantamiento Topográfico del Talud Llarillaco con GPS diferencial



3.6.1.2. Análisis de susceptibilidad a deslizamientos

Para el análisis de susceptibilidad a deslizamiento de acuerdo a la metodología CENEPRED (2015) y al análisis de Idrogo (2023) se ha planteado la relación entre condicionantes y desencadenantes, considerando como condicionantes a la pendiente, geología y geomorfología, mientras que, el

desencadenante evaluado fue la precipitación, considerando que, la lluvia es de igual intensidad en toda la comunidad de Los Lanches.

Para determinar la vulnerabilidad se ponderan los parámetros de acuerdo a la Tabla 14 para luego aplicar las ecuaciones (55), (56), (57), y determinar el valor de la susceptibilidad el cual se califica según los rangos dados por CENEPRED (2015) en muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo, según se encuentre el valor entre los rangos dados en la metodología. Estos mapas se elaboran por separado para cada indicador y luego se unen por medio del programa ArcGIS 10.8.

$$\text{Valor condicionante} = \sum \text{Peso indicador} \times \text{Peso parámetro} \quad (55)$$

$$\text{Valor desencadenante} = \text{Peso indicador} (1.00) \times \text{Pesolluvia} \quad (56)$$

$$\text{Susceptibilidad} = \text{Peso} \times \text{Valor condicionante} + \text{Peso} \times \text{valor desencadenante} \quad (57)$$

Únicamente se ha evaluado la susceptibilidad del talud, por lo tanto, no se cuenta con ningún parámetro de evaluación adicional. Esto se debe a que el parámetro de evaluación solo se incluye cuando se analiza de forma integral el peligro, mientras que en este estudio solo se está analizando la susceptibilidad del talud para caracterizarlo simplemente, ya que, la finalidad se centra en la evaluación de las estrategias del control de deslizamientos. Por lo tanto, solo se han considerado los parámetros condicionantes y desencadenantes, los cuales conforme al manual CENEPRED (2015), se han estimado utilizando pares ponderados (ver anexo Matriz SAATY).

Tabla 14

Parámetros para Evaluar Susceptibilidad a Deslizamientos

Variable	Dimensión	Peso	Indicador	Peso	Parámetro	Peso
Susceptibilidad	Condicionante	0.6	Pendiente	0.558	> 45° Pendiente escarpada	0.497
					25-45° pendiente muy fuerte	0.244
					15-25° pendiente fuerte	0.141
					5-15° pendiente moderada	0.075
					<5° terrenos llanos y/o inclinados	0.043
			Vegetación	0.260	Tierra sin vegetación	0.497
					Zonas con pastizales	0.244
					Zonas con algunos árboles	
					Bosque secundario	0.141
					Bosque primario	0.075
			Geomorfología	0.122	<5° terrenos llanos y/o inclinados	0.043
					Colina alta empinada	0.327
					Colina alta inclinada	0.171
					Colina baja inclinada	0.094
					Terraza alta en depósitos aluviales	0.049
			Geología	0.057	Depósitos inconsolidados aluviales recientes	0.505
					Formación Quilquiñan/Mujarrum	0.254
					Formación Cajamarca	0.136
					Formación Yumagual	0.069
					Depósitos coluviales	0.036
Lluvia (mm/año)	1.000	Desencadenante	0.4	Extremadamente lluvioso	0.423	
				Muy lluvioso	0.269	
				Lluvioso	0.157	
				Moderadamente lluvioso	0.096	
				Escasamente lluvioso	0.056	

Nota: Ver en anexo Matriz SAATY.

a) Pendiente

Con los datos tomados durante el levantamiento topográfico se ha planteado el mapa de pendientes en el sector utilizando la asignación de TOPO-RASTER a las curvas de nivel generadas en el programa Civil 3D 2022 y exportadas al programa ArcGIS 10.8, para luego utilizando el comando reclasificar valorar las pendientes de acuerdo a los rangos y pesos dados por CENEPRED (2015).

b) Vegetación

Durante el levantamiento topográfico también se han recolectado puntos límites de zonas con pastizales, áreas con árboles, bosques secundarios y demás áreas ponderadas según la metodología CENEPRED (2015), utilizando esta información para formular el mapa de vegetación en el programa ArcGIS 10.8.

c) Geomorfología

Para el estudio se ha descargado el mapa geomorfológico del Instituto Geológico, Metalúrgico y Minero (INGEMENT), pero se ha verificado que, la descripción geomorfológica que refiere el mapa se cumpla esto con ayuda de un especialista en geología, se ha visitado el talud y se ha realizado una inspección visual. Esto ha permitido que se observe las características geomorfológicas y geológicas presentes, como la forma del talud, los tipos de rocas y suelos, las discontinuidades y fracturas, y evidencia de movimientos anteriores en el talud. Finalmente, se trabajó con el mapa geomorfológico adaptado según las condiciones observadas en campo.

d) Geología

El análisis geológico es el proceso de identificación de fallas, fracturas y formaciones: la primera etapa consiste en deducir las formaciones geológicas y visualizarlas en un mapa utilizando información foto-geológica y geoespacial. La

segunda etapa consiste en la identificación local o regional de estas estructuras, la recogida de datos y la descripción de los afloramientos. Por último, esta información se analiza e interpreta para comprender la evolución geológica y tectónica de la zona. Para el estudio se ha descargado el mapa geológico del Instituto Geológico, Metalúrgico y Minero (INGEMENT), pero se ha verificado que, la descripción geológica que refiere el mapa se cumpla esto con ayuda de un especialista en geología, utilizando instrumentos de mano como, GPS, clinómetro, brújula, lupa, martillo geológico, cincel y ácido clorhídrico para identificar y analizar las discontinuidades y fracturas presentes en las rocas del talud, además de clasificar las mismas según su textura y composición visual, validando la formación geológica que, refiere el INGEMENT. El mapa general para toda la región de Cajamarca se cortó para el área de estudio utilizando el programa ArcGIS 10.8.

e) Precipitación

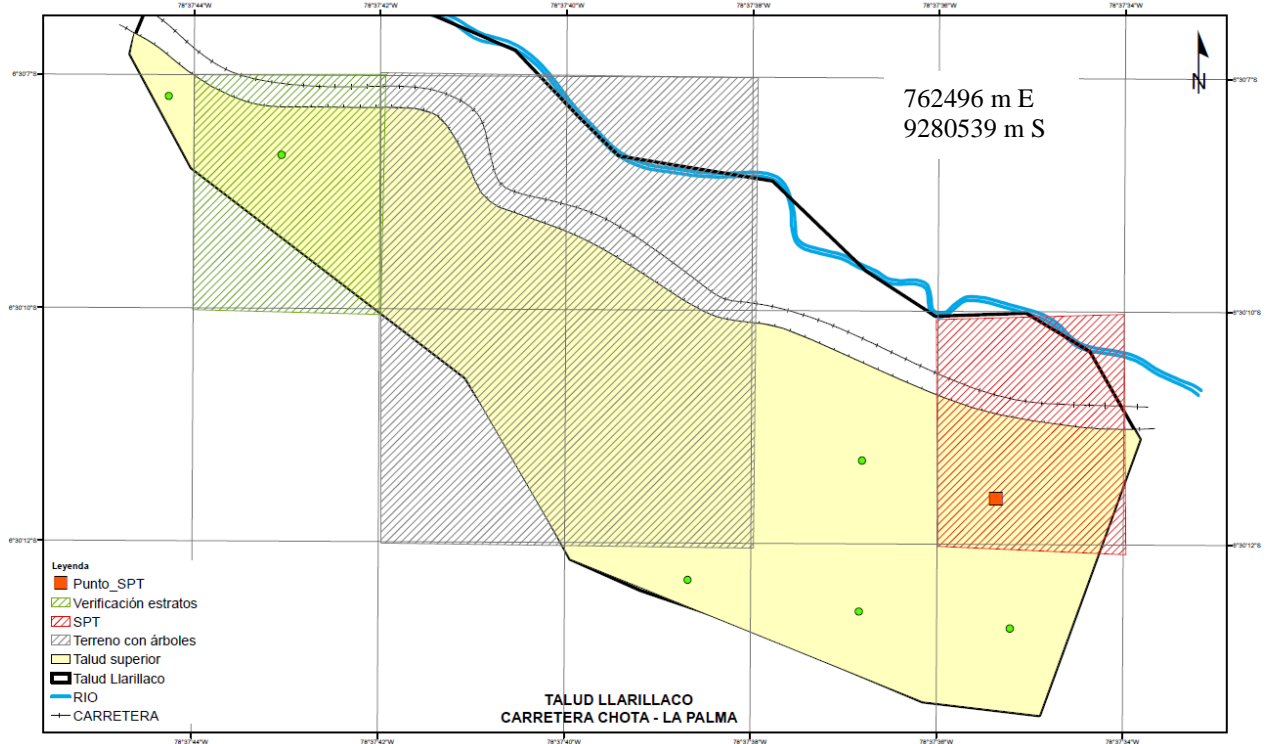
La precipitación es la misma en toda la extensión del área de estudio y de acuerdo a los datos dados por SENAMHI para la estación Chota es una zona lluviosa.

3.6.1.3. Ensayo SPT con recuperación de muestra

El ensayo de SPT (Standard Penetration Test) con recuperación de muestra en un talud es similar al ensayo estándar de SPT, pero con la adición de recuperar muestras del suelo para su posterior análisis.

Figura 28

Cuadrángulos para Muestreo de Suelo con SPT



El procedimiento general para realizar el ensayo de SPT con recuperación de muestra en un talud consta de varias etapas clave. En primer lugar, se debe seleccionar un lugar de prueba que sea representativo del suelo circundante y que permita la penetración del equipo de ensayo. Para asegurar la representatividad, se dividió el talud en cuadrículas iguales para determinar los puntos de análisis. La Fig. 29 muestra claramente cuáles son las áreas cubiertas por vegetación (árboles), donde no es posible realizar el ensayo de SPT. De acuerdo a esto, se identificaron siete cuadrículas como áreas potenciales para el análisis mediante SPT.

Sin embargo, debido a la importancia de un área crítica definida en el ensayo de susceptibilidad, se dio prioridad a dicha área en la elección del punto de muestreo. Se consideró la heterogeneidad del material del talud al tomar la

decisión final de seleccionar la cuadrícula de color rojo como punto de muestreo principal.

Adicionalmente, con el fin de verificar la consistencia de los estratos encontrados en el lado derecho del talud con los del lado izquierdo, se realizó una calicata a cielo abierto en un punto aleatorio del otro extremo del talud. Esta excavación se llevó a cabo únicamente a modo de prueba y confirmación, proporcionando información adicional sobre la homogeneidad de los estratos a través del talud.

En resumen, el procedimiento para el ensayo de SPT con recuperación de muestra en el talud seleccionado implicó una cuidadosa elección del lugar de prueba, considerando aspectos como la representatividad del suelo circundante y la factibilidad de penetración del equipo de ensayo. Además, se dio prioridad a un área crítica definida en el ensayo de susceptibilidad y se realizó una calicata adicional para confirmar la consistencia de los estratos en diferentes puntos del talud.

Siendo así, en el talud Llarillaco se ha realizado el ensayo SPT en las coordenadas UTM WGS84 17S 762496 m E, 9280539 m S a 2852 msnm, para una profundidad de 6 m, con apoyo de los técnicos del laboratorio GSE-Chota de acuerdo al procedimiento de la NTP 339.133 (INACAL, 2019), dado por:

Preparación del equipo: Contar con el equipo necesario para realizar el ensayo, que normalmente incluye una barra de golpeo, un tubo de perforación, un martillo de golpeo y un equipo de extracción de muestras.

Perforación inicial: Usar el martillo de golpeo para golpear la barra de golpeo, que está equipada con el tubo de perforación, en el suelo. La barra de golpeo se hace girar y hundida en el suelo golpeándola repetidamente hasta alcanzar la

profundidad deseada. Durante este proceso, se debe registrar el número de golpes necesarios para avanzar cada 15 a 30 cm.

Extracción de muestra: Una vez que se alcanza la profundidad deseada, se extrae la barra de golpeo con el tubo de perforación. El tubo de perforación contiene el suelo que ha sido desplazado durante las etapas de perforación. Se puede extraer simplemente levantando el tubo de perforación o utilizando un equipo de extracción de muestras.

Análisis de la muestra: Las muestras extraídas se deben analizar en un laboratorio para determinar la composición del suelo, las propiedades mecánicas y cualquier otra información relevante.

Figura 29

Realización del Ensayo de SPT



En el sondaje realizado se ha determinado cinco estratos con diferente clasificación de suelo en los 6 m analizados, luego de dicha profundidad el suelo continúa teniendo la misma clasificación, por ello, ya no se ha recuperado muestra en el ensayo de SPT luego de llegar a dicha profundidad. El suelo en todo el talud es fino integrado por limos y arcillas de baja y alta plasticidad, el estrato 1 es arcilla de alta plasticidad, el estrato 2 limo de alta plasticidad, el estrato 3 arcilla de alta plasticidad, el estrato 4 y 5 limo de alta plasticidad y del estrato 6 en adelante arcilla de alta plasticidad.

Figura 30

Clasificación del Suelo por Estratos según el Ensayo de SPT

Prof. (m) 0.00	Inicio de Ensayo	N/ 15	N/ 30	N/ 45	N/ 30cm		SPT	Rp (kg/cm2)	ϕ (°)	δu (kg/cm2)	CLASIFICACION SUCS			Muestra
					N/ campo	N/ corre gido					Descripcion	Tipo de Suelo	Simbolo	
1.00	0.00	5	7	6	13	10	39	30.0	0.98	Material arcillosas, de color amarillento oscuro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	CH		M1	
2.00	1.00	6	12	11	23	17	69	32.1	1.73	Material limos arcillosos, de color amarillento claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	MH		M2	
3.00	2.00	17	11	10	21	16	63	31.7	1.58	Material arcillosas, de color amarillento claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	CH		M-03	
4.00	3.00	12	12	12	24	18	72	32.3	1.80	Material limos arcillosos, de color marron claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	MH		M-04	
5.00	4.00	15	13	15	28	24	95.2	33.9	2.38	Material limos arcillosos, de color marron claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	MH		M-05	
6.00	5.00	18	25	32	57	48	193.8	40.4	4.85	Material arcillosos, de color beige claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	CL		M-06	

3.6.1.4. Estudio de mecánica de suelos

En la muestra recuperada por cada estrato en el laboratorio GSE-Chota se han realizado los ensayos de mecánica de suelos básicos para la clasificación del suelo, NTP 339.127 humedad (INACAL, 2019), NTP 339.128 granulometría (INACAL, 2019), NTP 339.129 límites de consistencia (INACAL, 2019) y mecánicos NTP 339.171 corte directo (INACAL, 2017) para determinar la cohesión y ángulo de fricción del suelo, obteniendo los resultados de la Tabla 13.

Tabla 15

Resultados del Estudio de Mecánica de Suelos

Estrato	1	2	3	4	5	6
Profundidad	0-1 m	1-2 m	2-3 m	3-4 m	4-5 m	5-6 m
Humedad (%)	35.4	30.97	40.17	26.51	23.77	18.34
% Grava	0	0	0	0.8	0.4	0.3
% Arena	3.4	7.9	2.4	8.9	9.9	36.5
% Finos	96.6	92.1	97.6	90.3	89.7	63.2
LL	53.5	52.5	57.6	51.6	50.3	45.3
LP	28.4	29.4	29.8	28.6	28.4	26.5
IP	25.1	23.1	27.8	23	21.9	18.8
SUCS	CH	MH	CH	MH	MH	CH
AASHTO	A-7-6(17)	A-7-6(16)	A-7-6(19)	A-7-6(16)	A-7-6(15)	A-7-6(10)
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.76	1.78	1.76	1.78	1.78	1.84
Cohesión (kg/cm ²)	0.33	0.29	0.33	0.29	0.29	0.26
Ángulo de fricción (°)	5.18	7.41	5.18	7.41	7.41	11.36
Profundidad de cimentación (m)	1	2	3	4	5	6
Ancho de cimentación (m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Factor de seguridad	3	3	3	3	3	3
q adm (kg/cm ²)						
Cimentación corrida	0.59	0.68	0.75	0.88	0.98	1.31
Cimentación cuadrada	0.73	0.83	0.9	1.01	1.1	1.45

Los resultados muestran que el suelo ensayado está compuesto por seis estratos de diferentes tipos de suelo fino. Los estratos 1, 3 y 6 son arcillas de alta

plasticidad, mientras que los estratos 2, 4 y 5 son limos de alta plasticidad, por tanto, el 50% de los suelos estudiados son arcillas y el otro 50% limos, aunque no ubicados continuamente, a excepción del estrato 4 y 5 que al tener la misma clasificación forman un solo estrato. Todas las muestras de suelo de los estratos tienen un rango de humedad entre el 18.34% y el 40.17%, lo cual indica que el suelo puede estar en un estado húmedo, no obstante, esta humedad no lleva a una saturación del suelo, y se explica debido a que, la muestra fue tomada en época de lluvia (durante el mes de abril). La cohesión del suelo es variable, con valores que van desde 0.26 kg/cm² hasta 0.33 kg/cm². Esto significa que algunos estratos tienen una mayor capacidad de resistir la deformación y mantener su forma sin necesidad de aplicar fuerzas externas, mientras que otros estratos presentan una menor capacidad de cohesión. El ángulo de fricción del suelo también es variable, con valores que van desde 5.18° hasta 11.36°. Esto significa que algunos estratos tienen una mayor resistencia al deslizamiento, mientras que otros tienen una menor resistencia. El estrato 6 es el que tiene el mayor ángulo de fricción, lo que indica que tiene una mayor resistencia al deslizamiento, mientras que, los estratos N° 1 y 3 son los que tienen el menor ángulo de fricción, lo que indica que tienen una menor resistencia al deslizamiento. Ahora, la capacidad portante del suelo, determinado como parte del ensayo de corte directo es un valor relativo que, no se utiliza en el análisis de estabilidad del talud, sino en la propuesta de contención (muros) y que depende del tipo de cimentación por el cual se opte en este caso brindan datos para una cimentación corrida y cimentación cuadrada, donde la cimentación cuadrada logra alcanzar mayor capacidad portante que, la cimentación corrida, así mismo, a mayor profundidad de desplante mayor capacidad portante, en todos los casos, independientemente del tipo de suelo que,

conforme el estrato en análisis, por lo que, el estrato 6 alcanza la mayor capacidad portante (1.45 kg/cm²), mientras que, el estrato 1 alcanza la menor capacidad portante (0.59 kg/cm²), siendo así, esta estimación da luces acerca de la resistencia mecánica del suelo. Finalmente, los parámetros (densidad, cohesión y ángulo de fricción) fueron utilizados en el análisis de estabilidad del talud.

a. NTP 339.127 Humedad (INACAL, 2019)

Equipos y/o materiales

- Balanza de precisión para pesar el suelo fresco y seco.
- Bandeja de secado, preferiblemente de aluminio, para colocar la muestra de suelo.
- Horno de secado con control de temperatura para secar la muestra de suelo.
- Desecadora para enfriar la muestra seca antes de pesarla.
- Papel de filtro o papel de aluminio para cubrir la bandeja de secado.
- Pipetas o jeringas para la extracción de muestras de suelo.
- Termómetro para verificar la temperatura del horno.
- Rotulador o etiquetas para identificar las muestras de suelo.

Procedimiento

- Pesarse una muestra de suelo fresco en una bandeja de secado previamente tarada.
- Colocar la muestra en un horno de secado a una temperatura de entre 105-110°C durante al menos 24 horas.
- Retirar la muestra del horno y dejarla enfriar en una desecadora.
- Pesarse nuevamente la muestra seca en la bandeja de secado.

Figura 31

Realización del Ensayo de Contenido de Humedad por Estrato



b. NTP 339.128 Ensayo de granulometría (INACAL, 2019)

Equipos y/o materiales

- Balanza de precisión para pesar la muestra y las fracciones obtenidas.
- Tamices de diferentes aberturas para separar las diferentes fracciones.
- Tamizador mecánico para facilitar el proceso de tamizado.
- Cepillo o brocha para limpiar los tamices y eliminar cualquier residuo.
- Bandejas de secado para secar las fracciones obtenidas.
- Pipetas o jeringas para realizar los lavados con agua.
- Mechero de Bunsen o fuente de calor para el secado de las fracciones.
- Papel de filtro o papel de aluminio para cubrir las bandejas de secado.
- Botellas de lavado o sistemas de filtración para realizar los lavados con agua.

Procedimiento

- Secar la muestra al aire o en un horno a temperatura baja para evitar la pérdida de agua por evaporación.
- Realizar una serie de lavados con agua para eliminar los finos y materiales solubles presentes en la muestra.
- Secar las diferentes fracciones obtenidas después de los lavados.

- Pesar cada fracción después de secarlas.
- Calcular el porcentaje de peso que corresponde a cada tamaño de partícula.
- Representar los resultados en una curva granulométrica.

Figura 32

Realización del Ensayo de Granulometría por Estrato



c. NTP 339.129 Ensayo de límite líquido

Equipos y/o materiales

- Muestra de suelo representativa.
- Tamices N° 40.
- Balanza de precisión para pesar la muestra.
- Vaso de precipitados o recipiente para mezclar la muestra con agua.
- Agua destilada.
- Dispositivo de penetración, como el aparato de Casagrande.
- Regla o instrumento de medición para medir la longitud de la abertura.
- Libreta o hoja de papel para registrar los datos obtenidos.

Procedimiento

- Secar la muestra al aire o en un horno a temperatura baja para eliminar la humedad.

- Tamizar la muestra por la malla N° 40.
- Pesar aproximadamente 120 gramos de la muestra tamizada.
- Poner la muestra en un depósito y agregar agua destilada.
- Amasar la muestra hasta obtener una pasta homogénea.
- Transferir la pasta a una cápsula de porcelana o una taza de Casagrande.
- Comenzar el ensayo de límite líquido utilizando un dispositivo de penetración, como el aparato de Casagrande.
- Perforar la pasta con el dispositivo de penetración en forma de surco y aplicar golpes al equipo para dejar un surco cerrado y una base plana.
- Medir la longitud de la abertura.
- Realizar la prueba de penetración nuevamente en diferentes puntos del surco, aplicando golpes adicionales hasta que el surco se cierre a una longitud de entre 10 y 15 mm.
- Registrar el número de golpes precisos para cerrar la abertura.
- Realizar al menos tres repeticiones del ensayo para obtener un promedio.

Figura 33

Realización del Ensayo de Límite Líquido por Estrato



d. NTP 339.129 Ensayo de límite plástico

Equipos y/o materiales

- Muestra de suelo representativa.
- Tamices de diferentes aberturas.
- Balanza de precisión para pesar la muestra.
- Vaso de precipitados o recipiente para mezclar la muestra con agua.
- Agua destilada.
- Placa de vidrio.
- Herramienta para formar los rollitos de suelo (puede ser una herramienta especializada o simplemente los dedos).
- Herramienta para aplicar fuerza al intentar doblar los rollitos (puede ser una herramienta especializada o simplemente los dedos).

Procedimiento

- Utilizar la muestra restante del ensayo de límite líquido.
- Pesar aproximadamente 20 gramos de la muestra tamizada.
- Poner la muestra en un depósito y agregar suelo y/o agua destilada, según requiera.
- Amasar la muestra con los dedos o con una herramienta adecuada hasta obtener una pasta homogénea.
- Formar rollitos de aproximadamente 3 mm de diámetro con la pasta de suelo hasta que se quiebren.
- Colocar los rollitos en una placa de vidrio.
- Pesar antes y después de llevar la muestra al horno.
- Realizar al menos tres repeticiones del ensayo para obtener un promedio.

Figura 34

Realización del Ensayo de Límite Plástico por Estrato



e. NTP 339.171. Ensayo de corte directo

Equipos y/o materiales

- Muestra representativa de suelo.
- Anillo de corte de acero inoxidable.
- Caja de corte o soporte especializado.
- Dispositivo de corte
- Dispositivo de carga (máquina de carga).
- Extensómetros para medir las deformaciones verticales y horizontales.
- Regla o instrumento de medición para medir las dimensiones de la muestra.
- Libreta y calculadora para registrar y calcular los datos.

Procedimiento

- Preparar una muestra de suelo representativa y compactarla en una muestra cilíndrica de suelo dentro de un anillo de corte de acero inoxidable.
- Poner la muestra compactada en una celda de corte, que suele ser una caja o un soporte especializado.

- Ajustar y asegurar la celda de corte en un dispositivo de corte.
- Aplicar una carga axial vertical constante a la muestra de suelo mediante el uso de un dispositivo de carga.
- Aplicar una carga horizontal incremental a través de un sistema de carga controlada.
- Registrar las deformaciones verticales y horizontales utilizando extensómetros.
- Medir y registrar la carga correspondiente en cada etapa.
- Calcular el ángulo de corte y la resistencia al corte (cohesión) utilizando las fórmulas correspondientes.

Figura 35

Realización del Ensayo de Corte Directo por Estrato



3.6.1.5. Modelamiento del talud natural en el programa Geo 5

Inicialmente se ha modelado el talud natural, es decir en sus condiciones normales sin la inclusión de alguna estrategia de control del deslizamiento. Esto se ha realizado para poder definir aquellos perfiles de talud que requieren la incorporación de estrategias de control del deslizamiento y cuales se mantienen estables sin necesidad de algún planteamiento de contención.

Para ello, se ha modelado y analizado el deslizamiento del talud en el programa Geo 5 utilizando cinco modelos: Bishop simplificado, Fellenius ordinario, Spenser, Jambu Simplificado y Morgenstern-Price. Primero se ha realizado el modelamiento estático donde simplemente se analiza el perfil del talud agregando las características físico mecánicas del suelo; pero para las condiciones sísmicas se consideran mediante un análisis pseudoestático, en el que la aceleración máxima del sismo se introduce mediante los coeficientes verticales y horizontales de este análisis (Sanhueza & Rodríguez, 2013, p. 4).

Tabla 16

Clasificación de Suelos de Acuerdo a la Amplificación Sísmica

Perfil del suelo	Zona sísmica				Tp (S)
	1	2	3	4	
So Roca dura	0.8	0.8	0.8	0.8	0.3
S1 Suelos muy rígidos	1.0	1.0	1.0	1.0	0.4
S2 Suelos intermedios	1.05	1.15	1.2	1.6	0.6
S3 suelos blandos	1.1	1.2	1.4	2.0	1.0

Nota: Tp(S) periodo fundamental de vibración sísmica (MVCS, 2018).

Por tanto, para el análisis dinámico de estabilidad de taludes se determina la aceleración máxima por sismo. Donde, la aceleración horizontal máxima de diseño (Amax-d) se obtiene multiplicando el factor de zona sísmica por un coeficiente de suelo (S), pero en AASHTO y FHWA se recomiendan reducir a la

mitad el valor de A_{max-d} calculado, para así obtener la aceleración horizontal y vertical pseudoestática (Valiente, et al., 2015).

$$A_{m\acute{a}x-d} = \text{Factor s\acute{m}ico de zona} \times S \quad (59)$$

$$A_{m\acute{a}x-d} = 0.25 \times 1.20 = 0.300 \quad (60)$$

En la ecuaci3n 33, el factor s\acute{m}ico equivale a 0.25 debido a que el distrito de Chota se ubica en la zona s\acute{m}ica 2 seg\un{u}n la norma E.030 (MVCS, 2018), y el factor de amplificaci3n s\acute{m}ica del suelo (S) es igual a 1.20 debido a que el suelo del \u00e1rea de estudio es un suelo intermedio codificado como S2. Por tanto, la aceleraci3n de dise\u00f1o A_{maxd} equivale a 0.300.

$$Ad = \frac{A_{m\acute{a}x-d}}{2} \quad (61)$$

$$Ad = \frac{0.300}{2} = 0.150 \quad (62)$$

En la ecuaci3n 34, se toma en cuenta la recomendaci3n del AASHTO y FHWA descritas por Valiente, et al. (2016), que sugieren tomar un factor s\acute{m}ico para el an\u00e1lisis pseudo est\u00e1tico de $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{3}$ del valor de A_{maxd} , por lo que el coeficiente pseudo est\u00e1tico (Ad) equivale a 0.150.

Determinado los coeficientes de aceleraci3n m\u00e1xima por sismo se realiza el an\u00e1lisis din\u00e1mico. Durante los c\u00e1lculos, el software genera diversos resultados, como los diferentes planos de da\u00f1o analizados, los planos de da\u00f1o m\u00e1s desfavorables, la distribuci3n de los segmentos considerados en la masa de deslizamiento y los diagramas de cuerpo libre para cada segmento en los planos de da\u00f1o estudiados (Sanhueza & Rodr\u00edguez, 2013, p. 4). Finalmente, los factores de seguridad obtenidos son contrastados con la norma CE.020 (MVCS, 2012) para verificar que sean superiores a 1.50 en condiciones est\u00e1ticas y a 1.25 en condiciones din\u00e1mica; aquellos taludes que, no han cumplido con este criterio han sido objeto de an\u00e1lisis de las estrategias de control del deslizamiento.

a) Procedimiento de modelamiento del talud natural

A continuación, se presenta un procedimiento básico detallado para modelar el deslizamiento de un talud en el programa Geo 5:

Inicializar el programa Geo 5: Abre el programa Geo 5 en el ordenador.

Crear un nuevo proyecto: Se hace clic en “Archivo” en la barra de menú y selecciona “Nuevo proyecto” para crear un nuevo archivo de proyecto.

Definir las propiedades del material: Se hace clic en “Materiales” en la barra de menú y selecciona “Propiedades de los materiales” para definir las características del suelo, como cohesión, ángulo de fricción interna, densidad.

Crear una geometría del talud: Se hace clic en “Geometría” en la barra de herramientas y selecciona “Geometría del talud” para definir la forma y las dimensiones del talud.

Definir los tipos de análisis: Se hace clic en “Análisis” en la barra de herramientas y selecciona “Tipo de análisis” para elegir el método de cálculo que desees utilizar, como el análisis de equilibrio límite, en este caso con los modelos: Bishop simplificado, Fellenius ordinario, Spenser, Jambu simplificado, Morgenstern-Price, en condiciones estáticas y pseudoestáticas (dinámicas).

Ejecutar el análisis: Se hace clic en “Análisis” en la barra de herramientas y selecciona “Ejecutar análisis” para iniciar el cálculo del deslizamiento del talud. El programa genera un informe con los resultados del análisis, como la estabilidad del talud, las fuerzas internas, los desplazamientos, etc.

Evaluar los resultados y realizar ajustes si es necesario: Se revisa los resultados del análisis y evalúa la estabilidad del talud. Si es necesario, se realiza ajustes en las condiciones de contorno, y ejecuta nuevamente el análisis hasta conseguir simular las condiciones de campo.

3.6.1.6. Modelamiento de las estrategias de control de deslizamientos en Slide 6.0

El modelamiento en Slide 6.0 de las estrategias de control de deslizamiento del talud, como el cambio de geometría, anclajes y muros sigue los siguientes pasos:

Análisis de estabilidad: realizar un análisis de estabilidad basado en el escenario actual para determinar su factor de seguridad.

Evaluación de estrategias: a partir del análisis de estabilidad del suelo natural, evaluar las estrategias de control de deslizamiento a implementar, como el cambio de geometría del talud, la instalación de anclajes o la construcción de muros contrafuerte.

Modelado de las estrategias: modificar el modelo en Slide para incorporar las estrategias de control seleccionadas. Para el cambio de geometría del talud, ajustar las pendientes y dimensiones del talud. Para los anclajes, incluir en el modelo las fuerzas generadas por los anclajes y sus anclajes correspondientes. Para los muros, agregar las propiedades de los muros y su interacción con el suelo.

Análisis de estabilidad con estrategias: realizar un nuevo análisis de estabilidad con las estrategias de control aplicadas. Comparar los resultados con el escenario actual para evaluar el impacto de las estrategias en la estabilidad del talud.

Evaluación de resultados: analizar los resultados obtenidos del análisis de estabilidad con las estrategias de control. Determinar si las estrategias son efectivas para reducir el riesgo de deslizamiento y si se requiere realizar ajustes adicionales.

Optimización de estrategias: en caso de ser necesario, ajustar las estrategias de control y repetir los pasos 5-7 para encontrar la combinación óptima de medidas de control que mejoren la estabilidad del talud.

3.6.1.7. Diseño y análisis de banquetas (corte del talud)

El diseño de banquetas en un talud consiste en la creación de una superficie horizontal a lo largo del talud para garantizar su estabilidad. A continuación, se describe un procedimiento general para el diseño de banquetas en un talud:

Evaluación del talud: Antes de comenzar con el diseño, es necesario evaluar el talud para determinar su grado de inclinación, estabilidad y características del suelo. Esto se puede hacer a través de estudios geotécnicos y topográficos. Del análisis del talud natural se ha determinado que, no en todas las secciones se puede aplicar banquetas debido a que existen secciones que geoméricamente se encuentran tendidas es decir no tienen pendiente abrupta y no es pertinente la propuesta de banquetas, siendo así, se ha planteado el análisis de aquellos tramos en los que, se puede aplicar banquetas.

Definición del ancho de la banqueta: El ancho de la banqueta depende del tipo de suelo, en el manual de “Diseño geométrico” DG-2018 (MTC, 2018) se recomienda que, para suelos arcillosos se trabaje con ancho mínimo de berma para que, se pueda construir la banqueta de 3 m, con una pendiente de 1:1, por ello dichas condiciones han sido utilizada para el diseño de las banquetas en toda la sección del talud no obstante se ha verificado que, no en todos los caso se podía plantear estas, porque el perfil del talud no contribuía para el diseño de banquetas. Siendo así, las banquetas se han planteado del Km 11+303 al Km11+363, del Km 11+063 al Km 11+203, debido a que, de la sección Km 11+223 al 11+283 el perfil del talud no permite el planteamiento de banquetas.

$$\text{Proporción de banqueta} = \frac{\text{Altura de banqueta}}{\text{Altura de talud}} \quad (63)$$

$$\text{Ancho de banqueta} = \text{Altura de banqueta} \times$$

$$\text{Tangente del ángulo de inclinación del talud} \geq 3 \text{ m} \quad (64)$$

Diseño y análisis del perfil de la banqueta: La banqueta se ha dibujado y predimensionado en el programa civil 3D, pero luego se ha trasladado al programa Slide para su análisis estático y dinámico, a fin de determinar si la propuesta logra contener el deslizamiento.

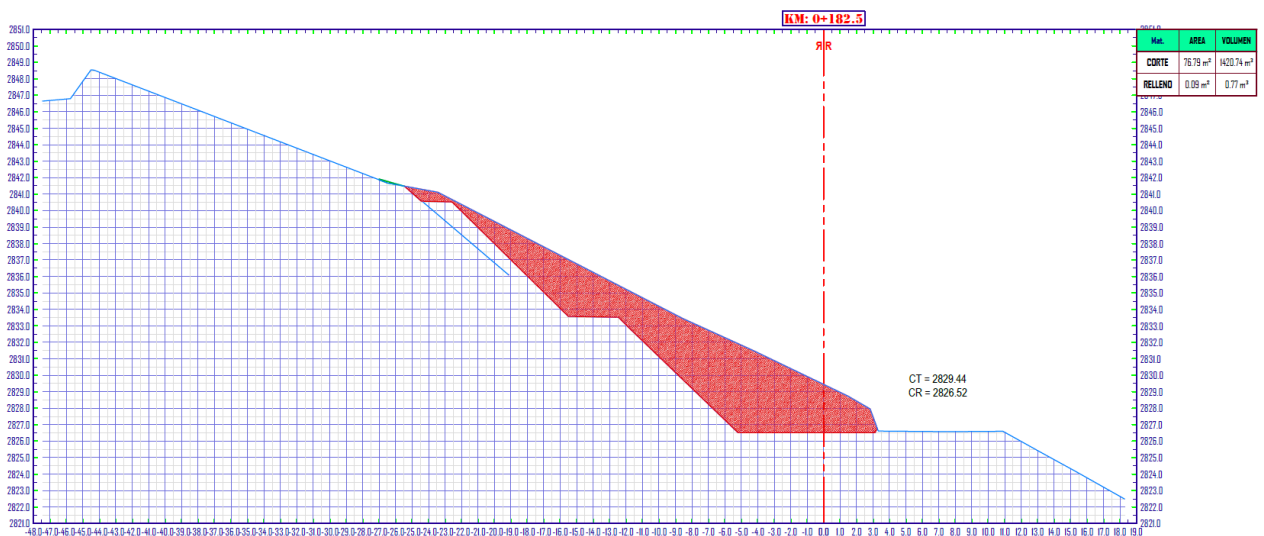
Tabla 17

Datos Técnicos de Banqueta del Talud Llarillaco, carretera La Palma – Chota

Banqueta	
Pendiente	1:1
Ancho de berma	3.00
Altura del talud	7.00
Ángulo de corte	45°

Figura 36

Banqueta del Talud Llarillaco, sección Km 0+182, Carretera La Palma – Chota



3.6.1.8. Diseño y análisis de muros en GEO5

El diseño cuantitativo de un muro en un talud de forma general implica los siguientes pasos:

Recopilación de datos: Reúna toda la información relevante sobre el sitio donde se construirá el muro contrafuerte. Esto incluye datos topográficos, características del suelo, condiciones de drenaje, carga esperada en el muro, entre otros.

Determinación de las presiones activas y pasivas: Calcule las presiones activas y pasivas que actuarán sobre el muro contrafuerte. Las presiones activas son aquellas que empujan el muro hacia afuera, mientras que las presiones pasivas son las que lo empujan hacia adentro. Estas presiones dependen de factores como el ángulo de fricción del suelo, la altura del talud, la inclinación del muro, entre otros.

Selección del tipo de muro contrafuerte: Identifique el tipo de muro contrafuerte más adecuado para las condiciones del sitio. Algunas opciones comunes incluyen muros de gravedad, muros de contrafuertes y muros de anclaje.

Diseño de los elementos estructurales: Determine las dimensiones y geometría del muro contrafuerte, así como la ubicación y diseño de los contrafuertes o anclajes. Esto se realiza utilizando el equilibrio de fuerzas para garantizar la estabilidad y resistencia del muro.

Verificación de estabilidad: Lleve a cabo análisis de estabilidad para garantizar que el muro contrafuerte sea capaz de resistir las cargas y presiones esperadas. Esto implica comprobar el deslizamiento, volcamiento y puntualización del muro.

- **Presión de tierra activa:** La presión de tierra activa se calcula utilizando la fórmula de Rankine, que se puede expresar de la siguiente manera: (Nuñez, 2020)

$$Ea = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times Ka \quad (65)$$

$$Ep = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times Kp \quad (66)$$

Donde: E_a presión de tierra activa, K_a coeficiente de presión lateral de la tierra, γ peso unitario del suelo, H altura del muro sobre el suelo, E_p empuje pasivo, K_p coeficiente de presión pasiva.

- **Estabilidad global:** Para evaluar la estabilidad global del muro y evitar su volcamiento, se utiliza la fórmula de equilibrio de momentos. (Nuñez, 2020)

$$M_{resistente} \geq M_{carga} \quad (67)$$

$$F_{sv} = \frac{M_r + M_{rp \text{ estabilizante}}}{M_v \text{ desestabilizante}} \geq 2.0 \quad (68)$$

$$FDS = \frac{P \times \mu + E_{ph} \text{ fuerzas resistentes}}{E_i \text{ fuerzas actuantes}} \geq 1.5 \quad (69)$$

Donde: F_{sv} factor de seguridad a volcamiento, FDS factor de seguridad a deslizamiento, M_r momento resistente, M_{rp} momento resistente pasivo, M_v momento de volteo, P momento resistente, μ coeficiente de fricción, E_{ph} momento resistente pasivo, E_i momento de deslizamiento

- **Capacidad de carga del suelo:** La capacidad de carga del suelo se puede determinar mediante la fórmula de Terzaghi.

$$Q_{ult} = c \times A + q \times A \quad (70)$$

Donde: Q_{ult} capacidad de carga última del suelo, c : cohesión del suelo, A área de la base del muro, q carga distribuida sobre la base del muro.

Análisis de estabilidad con el muro: Realice un análisis de estabilidad del talud utilizando el método de elementos finitos. Esto ayuda a determinar si el muro es el adecuado y logra contener el deslizamiento.

Detalles constructivos: Elabore los detalles constructivos del muro contrafuerte, incluyendo los tipos de materiales, métodos de construcción y especificaciones de calidad necesarios para su ejecución, sí logra contener el deslizamiento.

Figura 38

Verificación de Equilibrio del Muro de Gravedad

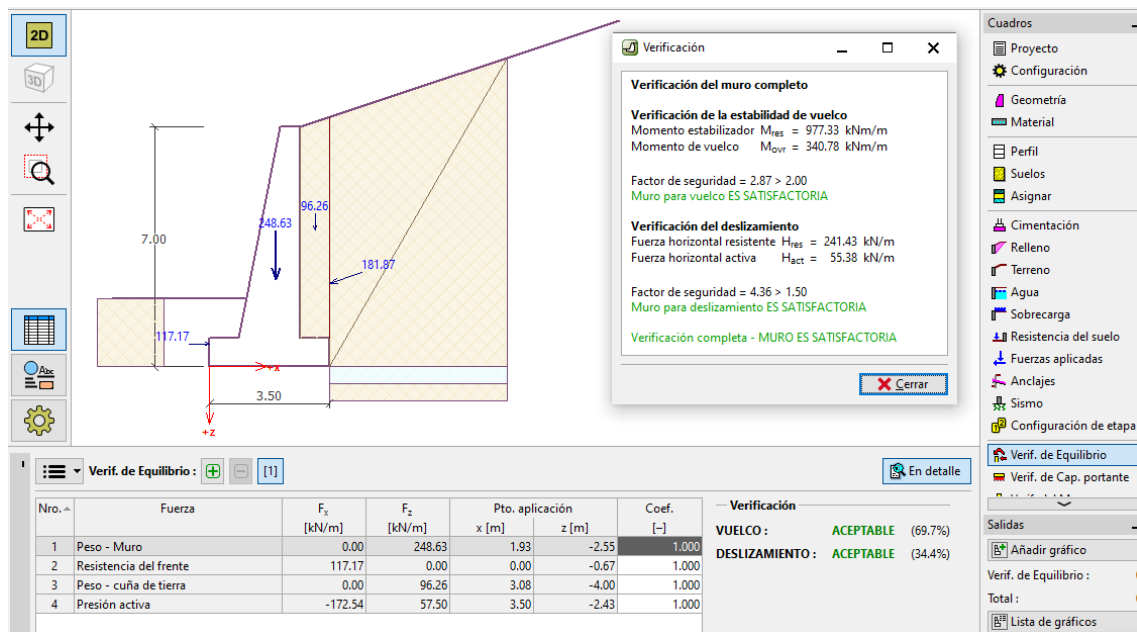
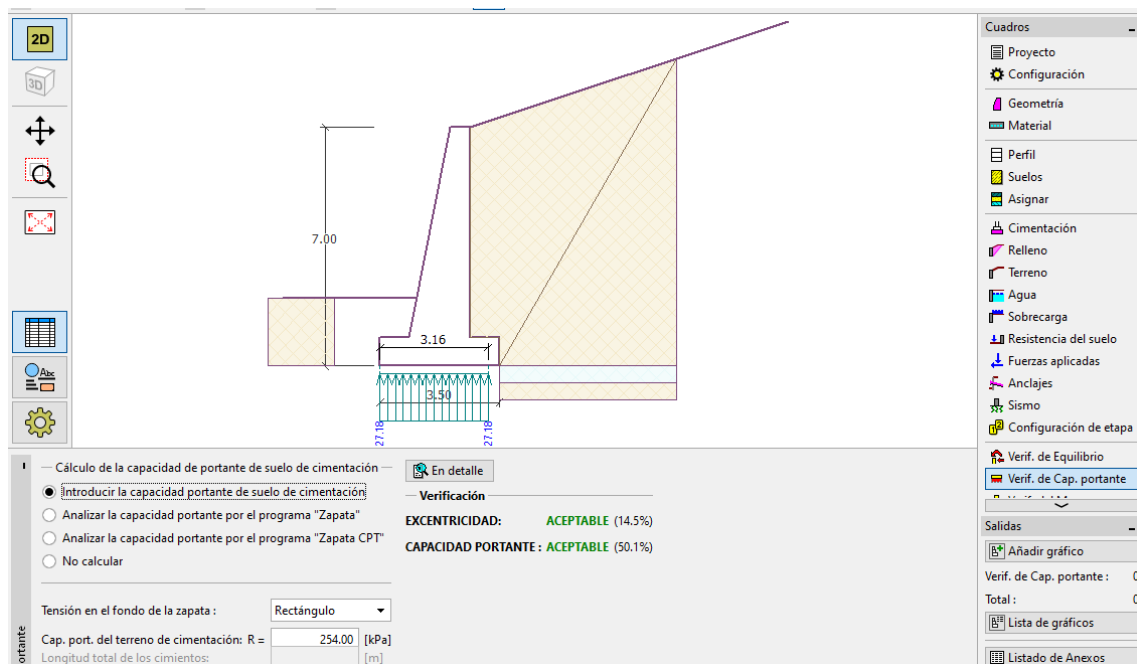


Figura 39

Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Gravedad



b) Diseño de muro en voladizo

Inicialmente se ha predimensionado el muro en voladizo tomando en cuenta las recomendaciones de la norma CE.020 (MVCS, 2012), para luego proceder al diseño del muro de gravedad en el programa GEO5, para su análisis de estabilidad por vuelco, deslizamiento y capacidad portante, cumpliendo estos tres criterios favorablemente (ver anexo).

Tabla 19

Dimensiones del Muro en Voladizo

GEOMETRÍA DEL MURO			
Altura del muro :		H	= 10 m
Ancho de la Cresta:	(min 30 cm)	B2	= 0.6 m
Ancho de la Base:	$0.5*H - 0.7*H$		= 7 m
Ancho de la Punta:	$0.10*H$		= 1.0 m
Ancho Inferior:	$0.10*H$		= 1.0 m
Ancho del Talon:			= 5.0 m
Altura de al Zapata:	$0.10*H$		= 1.0 m
Nivel de Desplante		D	= 2 m

Figura 40

Dimensiones del Muro en Voladizo

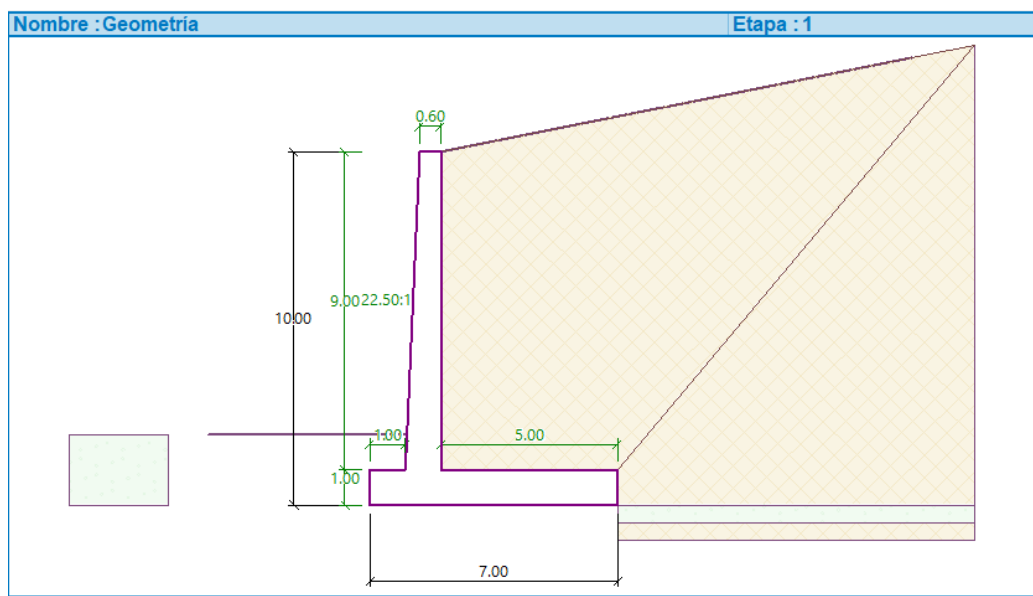


Figura 41

Verificación de Equilibrio del Muro en Voladizo

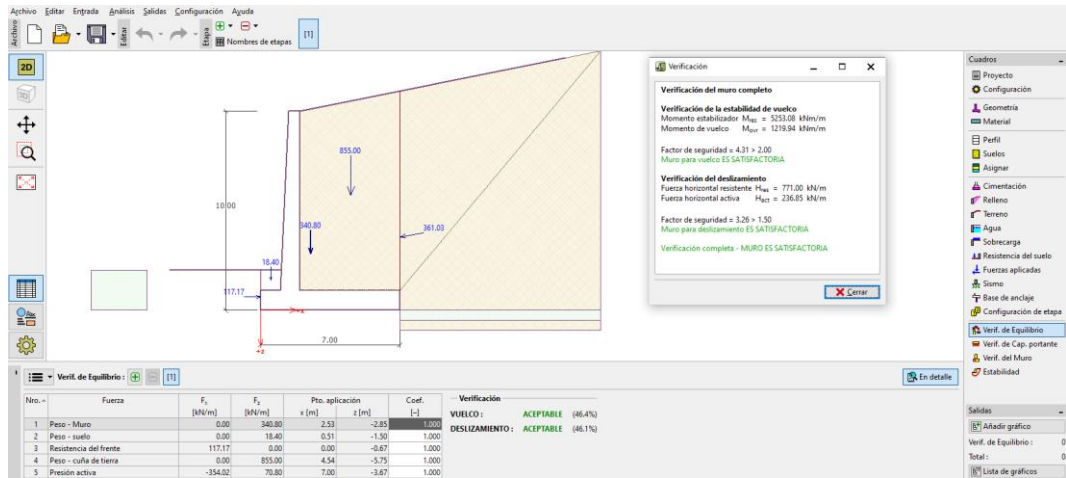
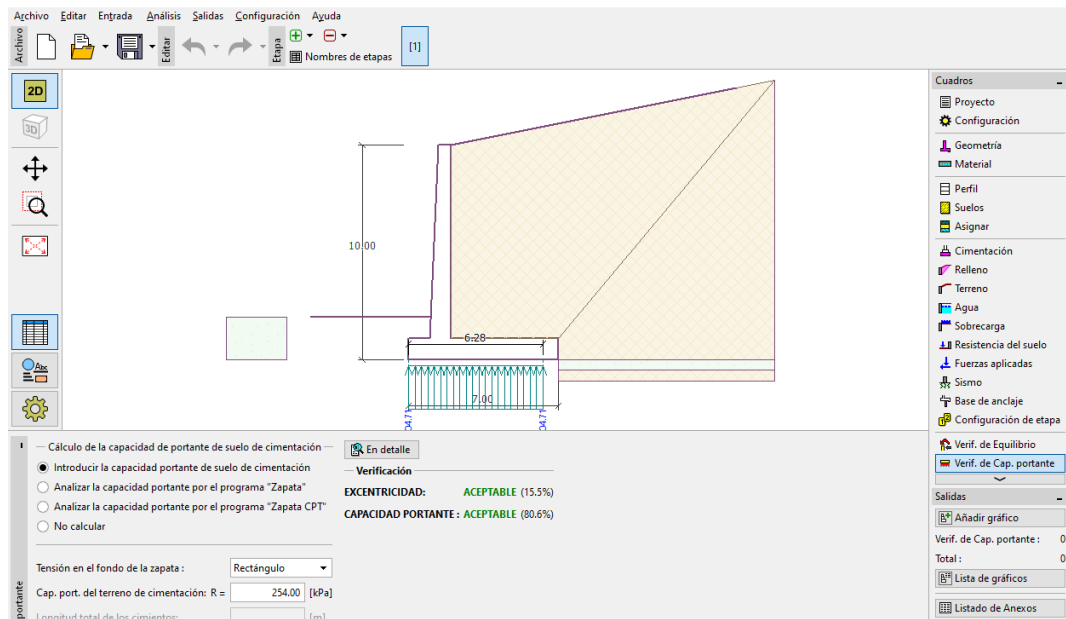


Figura 42

Verificación de la Capacidad Portante del Muro en Voladizo



c) Diseño de muro en voladizo con contrafuerte

Inicialmente se ha predimensionado el muro en voladizo con contrafuerte tomando en cuenta las recomendaciones de la norma CE.020 (MVCS, 2012), para luego proceder al diseño del muro de gravedad en el programa GEO5, para su

análisis de estabilidad por vuelco, deslizamiento y capacidad portante, cumpliendo estos tres criterios favorablemente (ver anexo).

Tabla 20

Dimensiones del Muro en Voladizo con Contrafuerte

GEOMETRÍA DEL MURO				
Altura del muro :		H	=	12 m
Ancho de la Cresta:	(max 35 cm)	B2	=	0.35 m
Ancho de la Base:	$0.4 \cdot H - 0.7 \cdot H$		=	8.4 m
Ancho de la Punta:		H /12	=	1.0 m
Ancho Inferior:		H /12	=	1.0 m
Ancho del Talon:			=	6.4 m
Altura de al Zapata:		H /12	=	1.0 m
Nivel de Desplante		D	=	2 m

Figura 43

Dimensiones del Muro en Voladizo con Contrafuerte

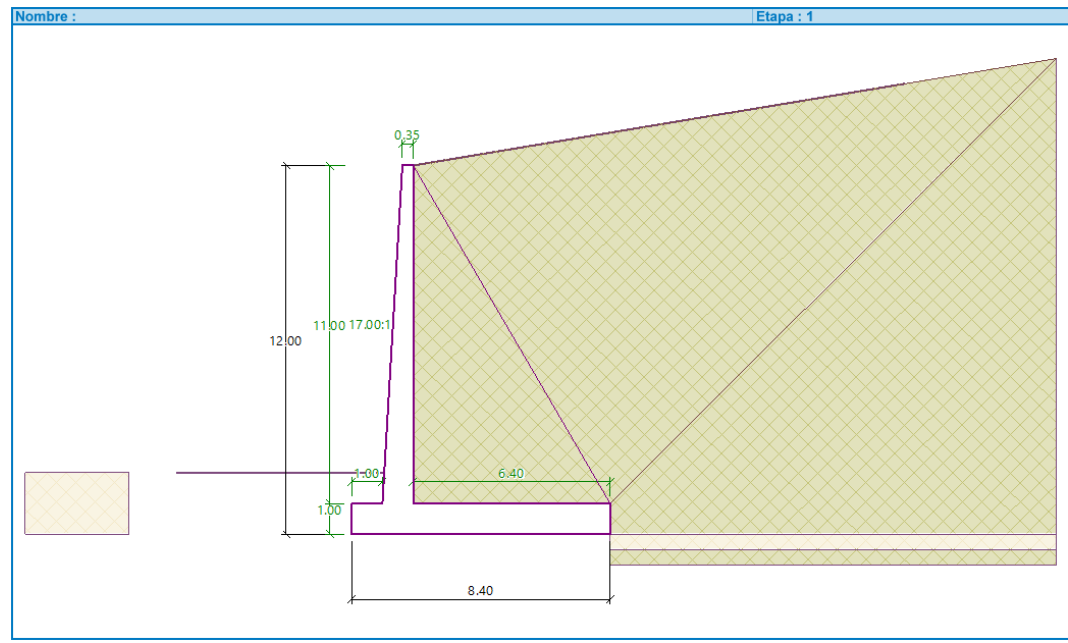


Figura 44

Verificación de Equilibrio del Muro en Voladizo con Contrafuerte

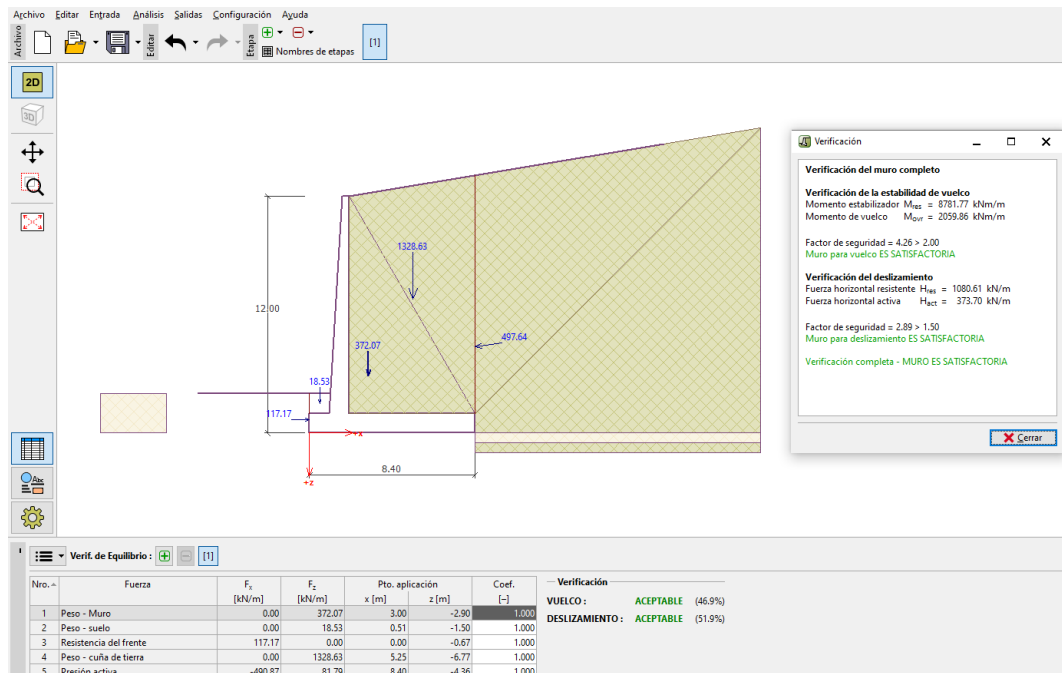
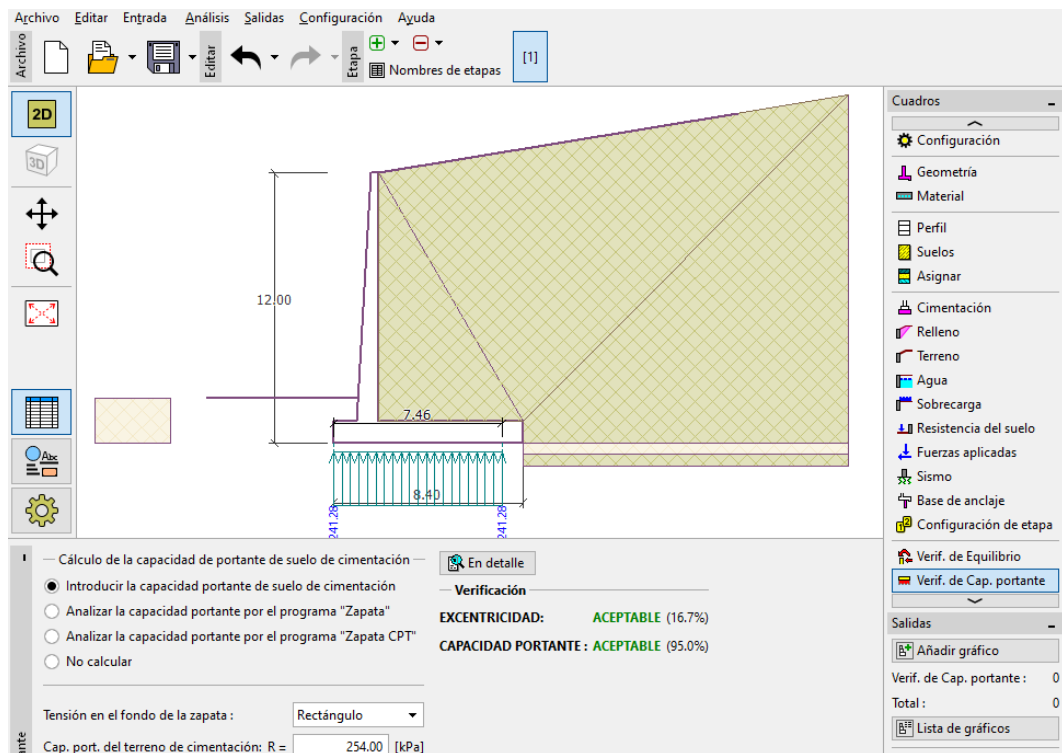


Figura 45

Verificación de la Capacidad Portante del Muro en Voladizo con Contrafuerte



d) Diseño de muro de tierra reforzada

Para el diseño de muro de tierra reforzada se ha planteado el predimensionamiento de este en base al manual de Avilés (2014), pero luego en el programa GEO5 se ha verificado la estabilidad de este a vuelco, deslizamiento y capacidad portante, a fin de corroborar que este cumpla los criterios de diseño (ver anexo).

Figura 46 Dimensiones del Muro de Tierra Reforzada

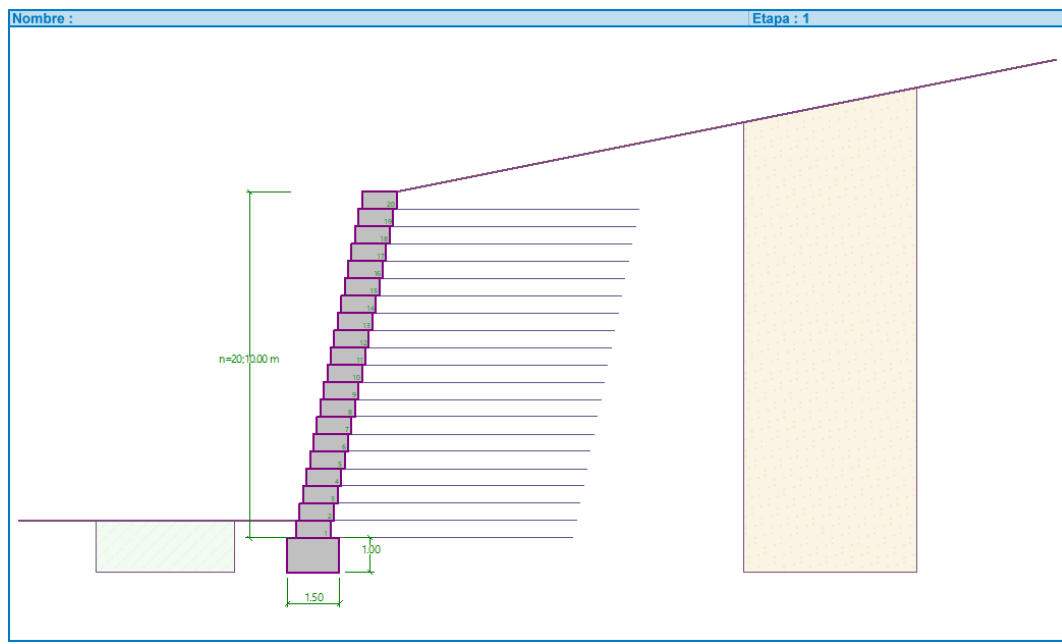


Figura 47 Verificación de Equilibrio del Muro de Tierra Reforzada

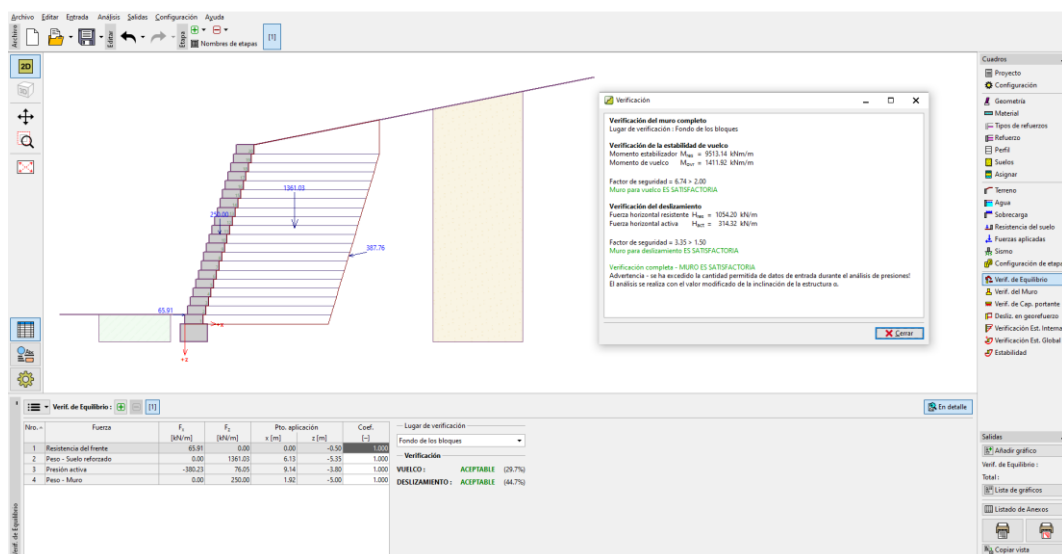


Figura 48

Verificación de la Capacidad Portante del Muro de Tierra Reforzada

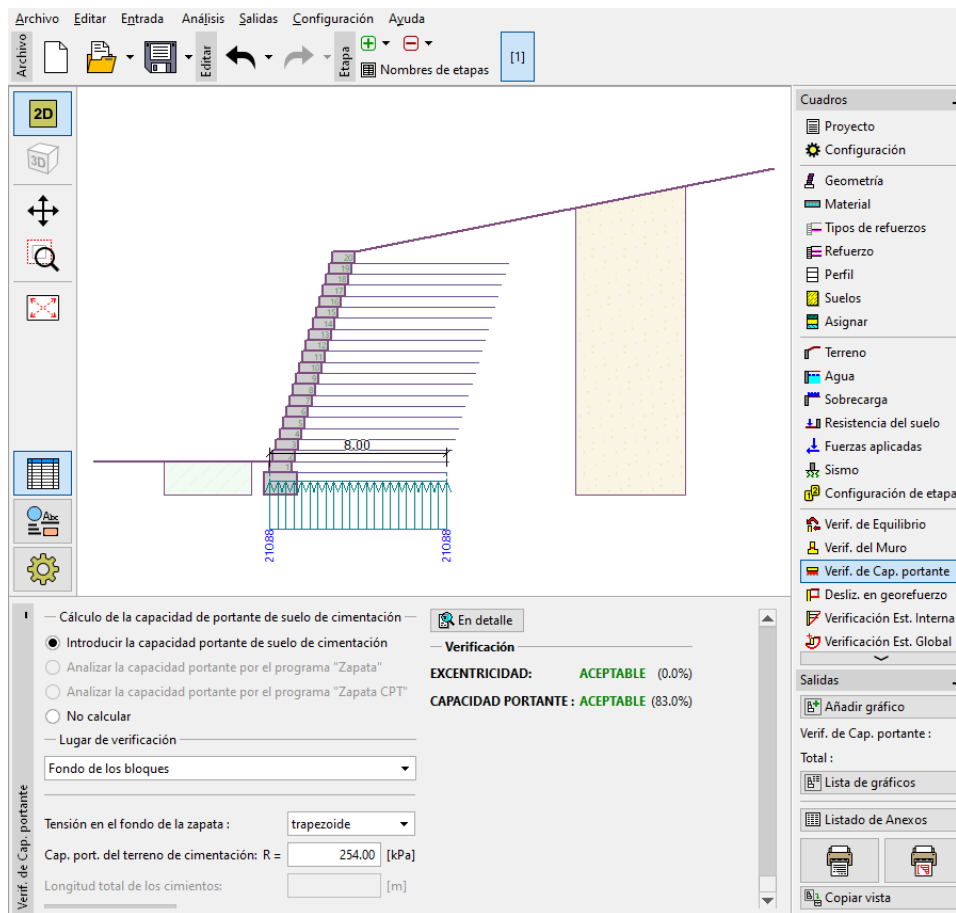
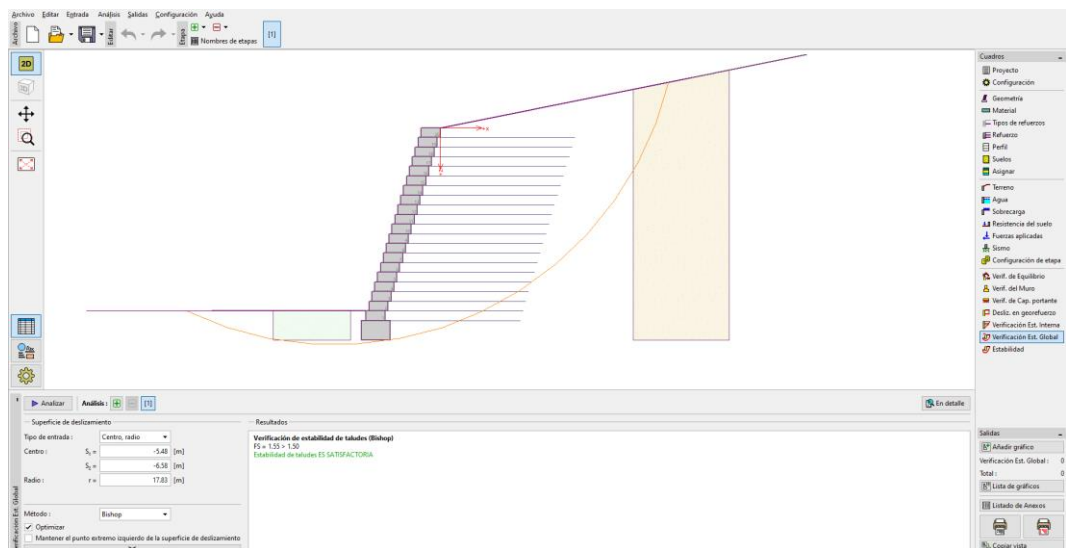


Figura 49

Verificación Global del Muro de Tierra Reforzada



3.6.1.9. Diseño y análisis de anclajes

El diseño cuantitativo de un sistema de anclaje para estabilizar un talud implica seguir un procedimiento detallado que incluye los siguientes pasos:

Evaluación del talud: Realice una evaluación geotécnica exhaustiva del talud para determinar sus características geológicas y propiedades del suelo, incluyendo la cohesión, el ángulo de fricción interna y la permeabilidad del suelo.

Análisis de estabilidad: Realice un análisis de estabilidad del talud utilizando el método de elementos finitos. Esto ayuda a determinar si es necesario un sistema de anclaje y la magnitud de las fuerzas que actúan sobre el talud.

Selección del tipo de anclaje: Elija el tipo de anclaje más adecuado según las condiciones y características del talud. Los tipos comunes de anclajes incluyen anclajes pasivos, anclajes activos y anclajes de cables. En este caso se ha optado por anclaje de cables.

Determinación de las cargas actuantes: Identifique las cargas que actúan sobre el talud y que deben resistir los anclajes, como la carga del suelo, las cargas externas y las cargas sísmicas.

Selección de materiales: Seleccione los materiales adecuados para los anclajes, como acero de alta resistencia para los cables o barras de anclaje y mortero de inyección para los anclajes inyectados.

Dimensionamiento del anclaje: Utilice métodos de cálculo y diseños estándar para dimensionar los anclajes, teniendo en cuenta los factores de seguridad y las condiciones de carga. Estos métodos pueden incluir el método de equilibrio de fuerzas, la teoría de la elasticidad o el método de diseño en base a la capacidad de carga. En este caso, para el dimensionamiento y diseño del anclaje se ha considerado diseñarlo en relación a los cuatro grupos de categorización divididos

según el factor de seguridad del talud natural, siendo los tramos del Km 11+323 al Km 11+363, del Km 11+163 al Km 11+303, del Km 11+063 al Km 11+143, con excepción del Km 11+103 que trabaja solo como un grupo. Siendo así se han dimensionado y diseñado cuatro tipos diferentes de anclajes, aunque en realidad la variación entre uno y otro tiene que ver simplemente con la profundidad de colocación y el número de torones que requiere para su disposición (ver anexo).

Diseño del anclaje: Determine los parámetros de diseño necesarios para el sistema de anclaje, como la capacidad de carga requerida, la longitud y el diámetro del anclaje, y la disposición espacial de los anclajes.

Tabla 21

Diseño de Anclajes del Tramo Km 11+363 al Km 11+323

DISEÑO DE ANCLAJES 11+363						
N° Anclajes	Separación vertical	Separación Horizontal	Longitud Total	Angulo respecto a la horizontal	Capacidad máxima de diseño	
	(m)	(m)	(m)		(kN)	
8	1.5	1.5	29	30°	980	
1	1.5	1.5	28	30°	980	
1	1.5	1.5	26	30°	980	
1	1.5	1.5	24	30°	980	
1	1.5	1.5	21	30°	980	

Tabla 22

Características de los Anclajes del Tramo Km 11+363 al Km 11+323

Díámetro de Perforación	Tipo de Inyección	Número de Torones	Área de un torón	Área total de acero requerido	Resistencia de un torón	Relación a/c en la lechada	Resistencia Fc en la lechada
(mm)		(unid)	cm2	(cm2)	(KN)		(kg/cm2)
165	ISR	8	1.4	13.59	134.0	0.5	210

Tabla 23*Diseño de Anclajes del Tramo Km 11+303 al Km 11+163*

DISEÑO DE ANCLAJES 11+303					
N° Anclajes	Separación vertical	Separación Horizontal	Longitud Total	Angulo respecto a la horizontal	Capacidad máxima de diseño
	(m)	(m)	(m)		(kN)
10	1.5	1.5	28	30°	740
1	1.5	1.5	24	30°	740
1	1.5	1.5	25	30°	740
1	1.5	1.5	18	30°	740
1	1.5	1.5	22	30°	740
1	1.5	1.5	20	30°	740

Tabla 24*Características de los Anclajes del Tramo Km 11+303 al Km 11+163*

Diámetro de Perforación	Tipo de Inyección	Número de Torones	Área de un torón	Área total de acero requerido	Resistencia de un torón	Relación a/c en la lechada	Resistencia Fc en la lechada
(mm)		(unid)	cm ²	(cm ²)	(KN)		(kg/cm ²)
140	ISR	6	1.4	7.74	134.0	0.5	210

Tabla 25*Diseño de Anclajes del Tramo Km 11+103*

DISEÑO DE ANCLAJES 11+103					
N° Anclajes	Separación vertical	Separación Horizontal	Longitud Total	Angulo respecto a la horizontal	Capacidad máxima de diseño
	(m)	(m)	(m)		(kN)
3	1.5	1.5	14	30°	320
1	1.5	1.5	12	30°	320
1	1.5	1.5	15	30°	320

Tabla 26*Características de los Anclajes del Tramo Km 11+103*

Díámetro de Perforación	Tipo de Inyección	Número de Torones	Área de un torón	Área total de acero requerido	Resistencia de un torón	Relación a/c en la lechada	Resistencia Fc en la lechada
(mm)		(unid)	cm ²	(cm ²)	(KN)		(kg/cm ²)
125	ISR	3	1.4	3.35	134.0	0.5	210

Tabla 27

Diseño de Anclajes del Tramo Km 11+063

DISEÑO DE ANCLAJES 11+063					
N° Anclajes	Separación vertical	Separación Horizontal	Longitud Total	Angulo respecto a la horizontal	Capacidad máxima de diseño
	(m)	(m)	(m)		(kN)
7	1.5	1.5	14	30°	320

Tabla 28

Características de los Anclajes del Tramo Km 11+063

Díámetro de Perforación	Tipo de Inyección	Número de Torones	Área de un torón	Área total de acero requerido	Resistencia de un torón	Relación a/c en la lechada	Resistencia Fc en la lechada
(mm)		(unid)	cm ²	(cm ²)	(KN)		(kg/cm ²)
125	ISR	3	1.4	3.35	134.0	0.5	210

Análisis de estabilidad con el anclaje: Realice un análisis de estabilidad del talud utilizando el método de elementos finitos. Esto ayuda a determinar si el sistema de anclaje es el adecuado y logra contener el deslizamiento.

Detallado del anclaje: Elabore los detalles constructivos y especificaciones técnicas para la instalación de los anclajes, incluyendo la ubicación de los puntos de anclaje, la profundidad de excavación, la posición del anclaje y las especificaciones de la cabeza del anclaje.

3.6.2. *Procesamiento de datos*

Los resultados son presentados en tablas, gráficos y mapas según el objetivo de estudio, para el objetivo 1, se muestran mapas de pendiente, de vegetación, de ubicación respecto a la quebrada, geológicos y geomorfológicos, que permiten plasmarlo en un mapa final de susceptibilidad, con sus respectivas tablas de áreas, mientras que, para el objetivo 2 se hace uso de figuras que, muestran y describen los resultados alcanzados del análisis de estabilidad del talud, tal como, para el objetivo 3 donde se muestran tablas y figuras de los factores de seguridad del talud con cada una de las estrategias de control de deslizamientos, mientras que, para el objetivo 4 se han elaborado tablas de resumen de resultados con la finalidad de comparar la eficiencia del uso de una u otra estrategia de control frente al deslizamiento del talud de estudio Llarillaco en la carretera Chota – La Palma. Así mismo, los datos se procesaron mediante técnicas de organización, esquematización y análisis usando programas computacionales, en referencia a los estudios realizados, es decir:

- Para el levantamiento topográfico se usó el programa AUTOCAD 2022 y CIVIL3D 2022, con la finalidad de realizar los planos en planta y secciones según el perfil del talud.
- Para el análisis de susceptibilidad se ha empleado el programa ArcGIS 10.8 para ponderar los condicionantes y desencadenantes a fin de generar los mapas respectivos acorde a la metodología CENEPRED (2015).
- Para el estudio de mecánica de suelos se ha empleado el software Microsoft Excel 2022, a fin de presentar tablas y gráficos los parámetros del suelo.

- Para el diseño de las estrategias de control del deslizamiento se ha utilizado el programa GEO 5, mismo que, facilita el predimensionamiento, diseño y análisis de la estabilidad del talud con las propuestas de contención.
- El análisis de estabilidad de taludes se ha realizado mediante el modelamiento del perfil del talud natural y con estrategias de control de deslizamientos en el programa GEO 5 y SLIDE vs. 6.0 correspondientemente, de acuerdo a la facilidad que brindan para el modelamiento. Y procesando en tablas, gráficos, y demás referentes en Microsoft Excel 2022 para mostrar los datos de la investigación de manera apropiada y entendible para el lector.

3.6.3. *Análisis de datos*

El análisis estadístico de la información se ha realizado en el programa Minitab 22, con la finalidad de aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0) o la hipótesis alternativa (H_1).

3.7. Aspectos éticos

Noreña et al. (2012) describe algunos de los aspectos éticos y criterios de rigor científico que son indispensables en una investigación, por lo que, se han orientado estos hacia el presente estudio:

Adecuación o coherencia teórica y epistemológica: Coherencia y congruencia de la investigación con los fundamentos teóricos y epistemológicos del estudio.

Coherencia. Implica que los diferentes elementos de la investigación se ajusten y se relacionen entre sí de manera lógica y consistente. En este aspecto, la investigación a seguido una secuencia de procesos lógicos.

Validez. Capacidad de la investigación para medir lo que pretende medir. Implica que los resultados obtenidos reflejen de manera precisa y confiable la estabilidad del talud y la efectividad de las estrategias propuestas.

Fiabilidad. Los datos recopilados y analizados son precisos, consistentes y verificables, debido a que, se ha descrito paso a paso los procesos que, se deben seguir para el análisis de las estrategias de control del deslizamiento.

Consistencia o dependencia: Coherencia y consistencia de los resultados obtenidos a lo largo del proceso de investigación. En este sentido, los resultados y conclusiones son consistentes entre sí y están respaldados por la evidencia recopilada durante el proceso de investigación.

Autenticidad: Originalidad y sinceridad de la investigación. Esto implica que los investigadores son transparentes en cuanto a sus intenciones, fuentes de financiamiento y argumentan que, no existe conflictos de interés.

Transferibilidad o aplicabilidad. Capacidad de aplicar los resultados de la investigación en diferentes contextos con condiciones similares.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN





4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Susceptibilidad a deslizamientos del talud Llarillaco

El talud Llarillaco presenta una susceptibilidad alta en el 72.20% de su superficie. Esto se debe a varias razones. En primer lugar, el talud tiene pendientes elevadas mayores al 25°, lo que lo hace más propenso a deslizamientos. Además, geomorfológicamente gran parte de la extensión evaluada corresponde a laderas de montaña, colinas altas empinadas, colinas altas inclinadas y/o colinas bajas inclinadas, siendo así son áreas con gran pendiente y formas accidentadas y escarpadas que pueden llevar al deslizamiento de un talud. Otro factor que aumenta la susceptibilidad del talud es que pertenece a la formación geológica Quilquiñan, y es de conocimiento que, la geología del área puede influir en la estabilidad del talud, ya que ciertos tipos de rocas y suelos son más propensas a la erosión y a la inestabilidad. Por último, las fuertes precipitaciones generan un proceso erosivo de moderado a alto en el suelo del talud, contribuyendo a la degradación del suelo, aumentando así el riesgo de deslizamientos y movimientos de tierra.

Tabla 29





Susceptibilidad del Talud Llarillaco

	Susceptibilidad	Área (ha)	%
	Muy alto	0.58	14.94
	Alto	2.44	63.31
	Medio	0.84	21.71
	Bajo	0.00	0.04
	Total	3.86	100.00

Se han analizado los condicionantes del talud Llarillaco utilizando la metodología CENEPRED (2015). Los condicionantes son aquellas características del entorno que influyen en las condiciones del lugar y pueden desencadenar deslizamientos del talud. Según el análisis realizado, se determinó que el 54.56% del talud presenta un alto condicionante para que ocurran deslizamientos. Esto implica que existen varias características combinadas, como una pendiente pronunciada, geología desfavorable y geomorfología propensa a la inestabilidad, que aumentan significativamente el riesgo de deslizamientos. Además, el 23.69% del talud se identificó como un lugar con muy alto condicionante para deslizamientos. Esto sugiere que las características del entorno mencionadas anteriormente son aún más pronunciadas en esta zona, aumentando aún más el riesgo de deslizamientos del talud. Es importante prestar especial atención a esta área y tomar medidas de mitigación adecuadas para evitar tragedias. Por otro lado, se encontró que solo el 20.53% del talud tiene un condicionante medio para deslizamientos. Esto indica que en esta zona las características del entorno que podrían desencadenar deslizamientos son menos pronunciadas en comparación con el resto del talud. Sin embargo, esto no significa que el riesgo sea nulo, ya que otros factores estáticos y dinámicos pueden influir en la estabilidad del talud.

Tabla 30






Condicionantes del Talud Llarillaco

	Condicionante	Área (ha)	%
	Muy alto	0.91	23.69
	Alto	2.11	54.56
	Medio	0.79	20.53
	Bajo	0.05	1.22
	Total	3.86	100.00

El talud Llarillaco presenta diferentes rangos de pendiente en su superficie. El 24.28% del área tiene una pendiente comprendida entre el 15-25°, lo que indica que esta parte del talud es moderadamente inclinada; esta pendiente contribuye al aumento de la erosión y a la inestabilidad del suelo. Por otro lado, el 41.02% del área del talud tiene una pendiente mayor al 45°, esta zona es muy inclinada; esta pendiente pronunciada aumenta significativamente el riesgo de deslizamientos y movimientos de tierra, ya que la fuerza de la gravedad actúa enérgicamente sobre el terreno y puede provocar la pérdida de estabilidad de la masa del talud frente a cargas estáticas y/o dinámicas. Además, solo el 2.35% de la superficie del talud tiene una pendiente menor a 5°, lo que indica que esta zona es relativamente más plana y estable en comparación con el resto del talud. Sin embargo, es importante tener en cuenta que incluso en esta área menos inclinada, pueden ocurrir fenómenos de inestabilidad si hay otros factores como presencia de agua, debilidad geológica, falta de vegetación o eventos climáticos extremos (lluvias fuertes).

Tabla 31






Pendiente del Talud Llarillaco

	Pendiente	Área (ha)	%
	Mayor a 45°	0.684	17.73
	25°-45°	1.583	41.02
	15°-25°	0.937	24.28
	5°-15°	0.564	14.62
	0°-5°	0.091	2.35
	Total	3.861	100.00

La vegetación en el 53.93% del área es bosque secundario, es decir bosques que han sido reforestados o ha habido intervención de la mano del hombre, mientras que, en los bosques primarios el hombre no ha intervenido para su disposición, siendo estos tan solo el 16.54%. El 14.59% del área son zonas con algunos árboles, el 5.94% zonas con pastizales y el 9% tierra sin vegetación, siendo estas áreas con escasa cobertura vegetal y que por ende tienen mayores condiciones para el deslizamiento de taludes.

Tabla 32

Vegetación del Talud Llarillaco






	Vegetación	Área (ha)	%
	Tierra sin vegetación	0.35	9.00
	Zonas con pastizales	0.23	5.94
	Zonas con algunos árboles	0.56	14.59
	Bosque secundario	2.08	53.93
	Bosque primario	0.64	16.54
	Total	3.86	100.00

La mayor parte del Talud Llarillaco se encuentra en un grupo de relieve montañoso o colinado, que muestra características estructurales y erosivas. El 18.69% son laderas de montaña, el 41.33% colinas altas empinadas, el 7.64% colinas altas inclinadas, el 15.03% colinas bajas inclinadas y el 17.32% terrazas altas. Esta descripción indica que el paisaje del Talud Llarillaco está dominado por montañas y colinas, lo que sugiere una topografía accidentada. El relieve montañoso indica la presencia de elevaciones significativas y cambios bruscos en la altitud. Además, este relieve está asociado con rocas sedimentarias y volcánicas. Esto implica que la geología de la zona incluye tanto rocas formadas a partir de la acumulación de sedimentos como aquellas formadas por la actividad volcánica. La combinación de rocas sedimentarias y volcánicas en el Talud

Llarillaco puede dar lugar a un paisaje diverso y complejo desde el punto de vista geológico. Estas diferentes formaciones rocosas pueden presentar diferentes resistencias a la erosión y tener propiedades distintas en términos de capacidad mecánica, de allí que, su aporte a la susceptibilidad frente a deslizamientos sea de moderada a alta.

Tabla 33

Geomorfología del Talud Llarillaco

	Geomorfología	Área (ha)	%
	Ladera de montaña	0.721	18.69
	Colina alta empinada	1.595	41.33
	Colina alta inclinada	0.295	7.64
	Colina baja inclinada	0.580	15.03
	Terraza alta	0.669	17.32
	Total	3.861	100.00

El 47.41% del Talud Llarillaco está compuesto por rocas pertenecientes a la formación geológica Quilquiñan/Mujarrun. Esta formación geológica es parte de la era mesozoica, específicamente del periodo cretáceo y de la época superior. La formación Quilquiñan/Mujarrun está compuesta principalmente por rocas sedimentarias, como calizas, lutitas y margas. Estos tipos de rocas se formaron a lo largo de largos períodos de tiempo a partir de la acumulación de sedimentos, que posteriormente se compactaron y mineralizaron. Es importante destacar que la unidad hidrológica de esta formación se clasifica como acuitardo sedimentario. Esto significa que las rocas de la formación tienen baja permeabilidad y actúan como una barrera para el movimiento y la filtración del agua subterránea, por lo que, su contribución a la susceptibilidad frente a deslizamientos es moderada. El 11.64% del talud Llarillaco forma parte de la formación Cajamarca, la cual se integra por rocas calizas y margas perteneciente a la era mesozoica, cretacio

superior, dentro de la unidad hidrológica acuitardo sedimentario. Y únicamente el 7.98% del talud Llarillaco se encuentra dentro de la formación geológica Yumagual integrada por rocas sedimentaria, litológicamente calificadas como calizas, lutitas y margas pertenecientes al mesozoico cretáceo superior, además de ubicarse en la unidad hidrológica del acuitardo sedimentario.

Tabla 34

Geología del Talud Llarillaco






	Geología	Área (ha)	%
	Depósitos inconsolidados	1.06	27.38
	Formación Quilquiñan	1.83	47.41
	Formación Cajamarca	0.45	11.64
	Formación Yumagual	0.31	7.98
	Depósitos coluviales	0.22	5.61
	Total	3.861	100.00

Figura 50

Condicionantes: Pendiente, del Talud Llarillaco

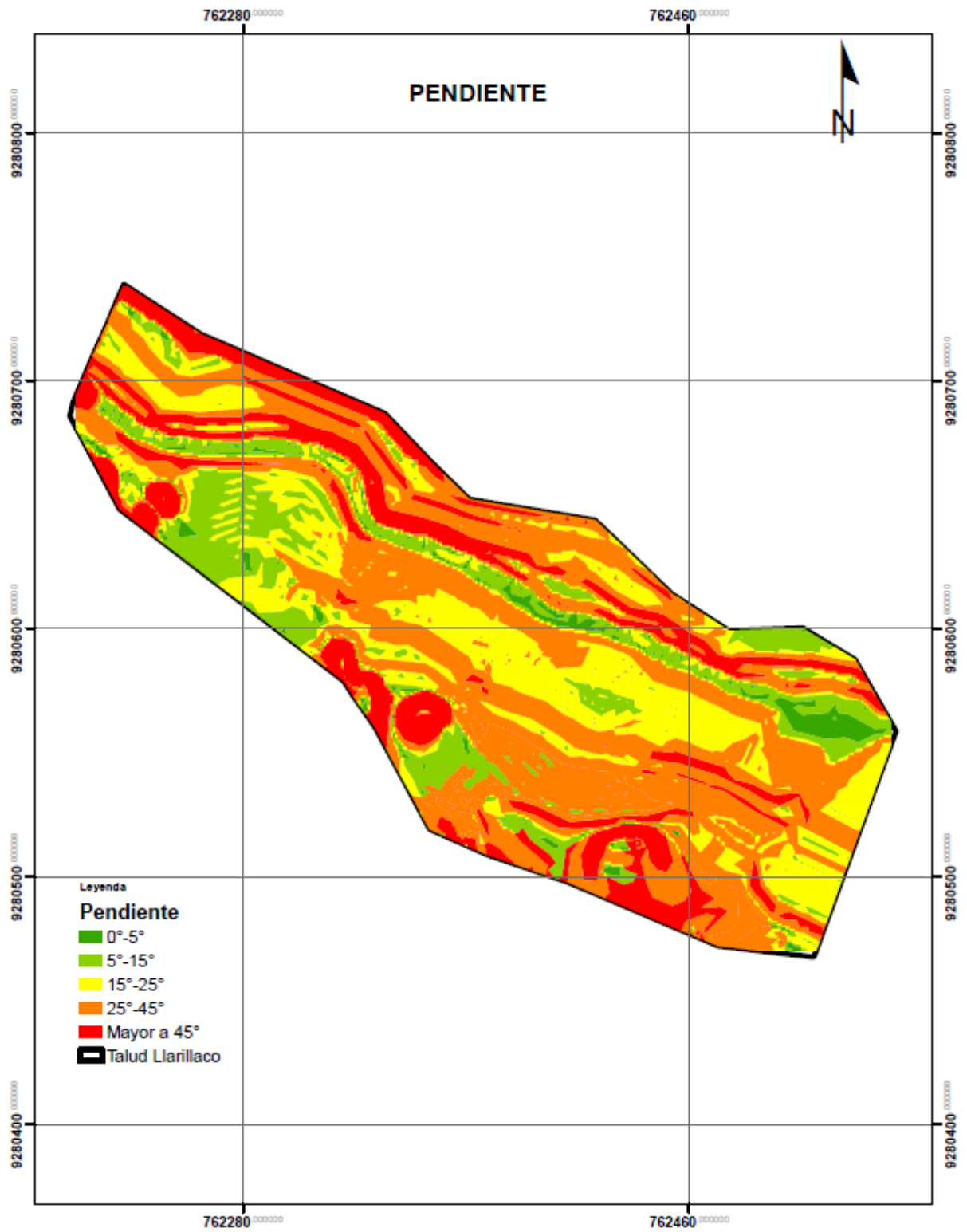


Figura 51

Condicionantes: Vegetación del Talud Llarillaco

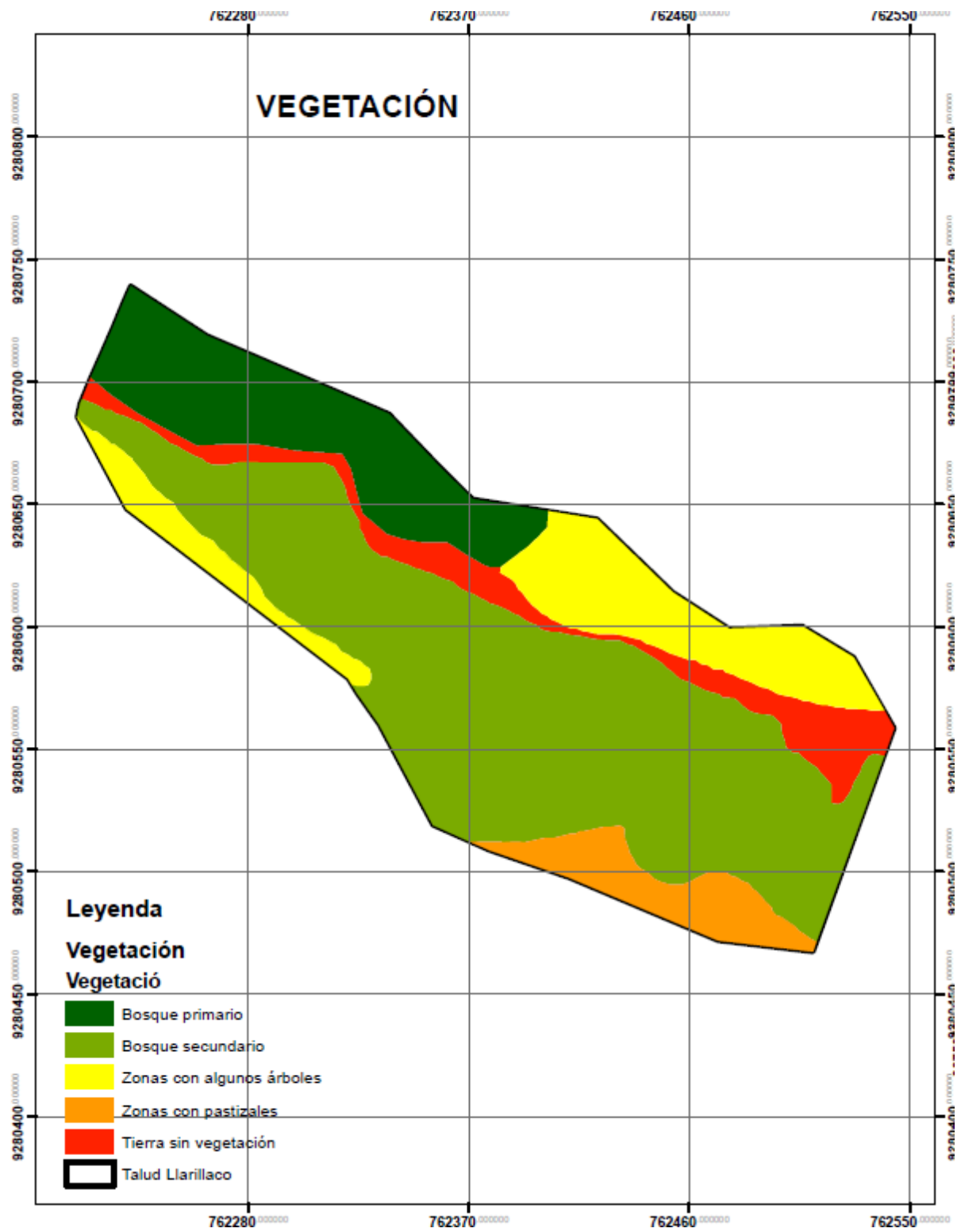


Figura 52

Condicionantes: Geomorfología del Talud Llarillaco

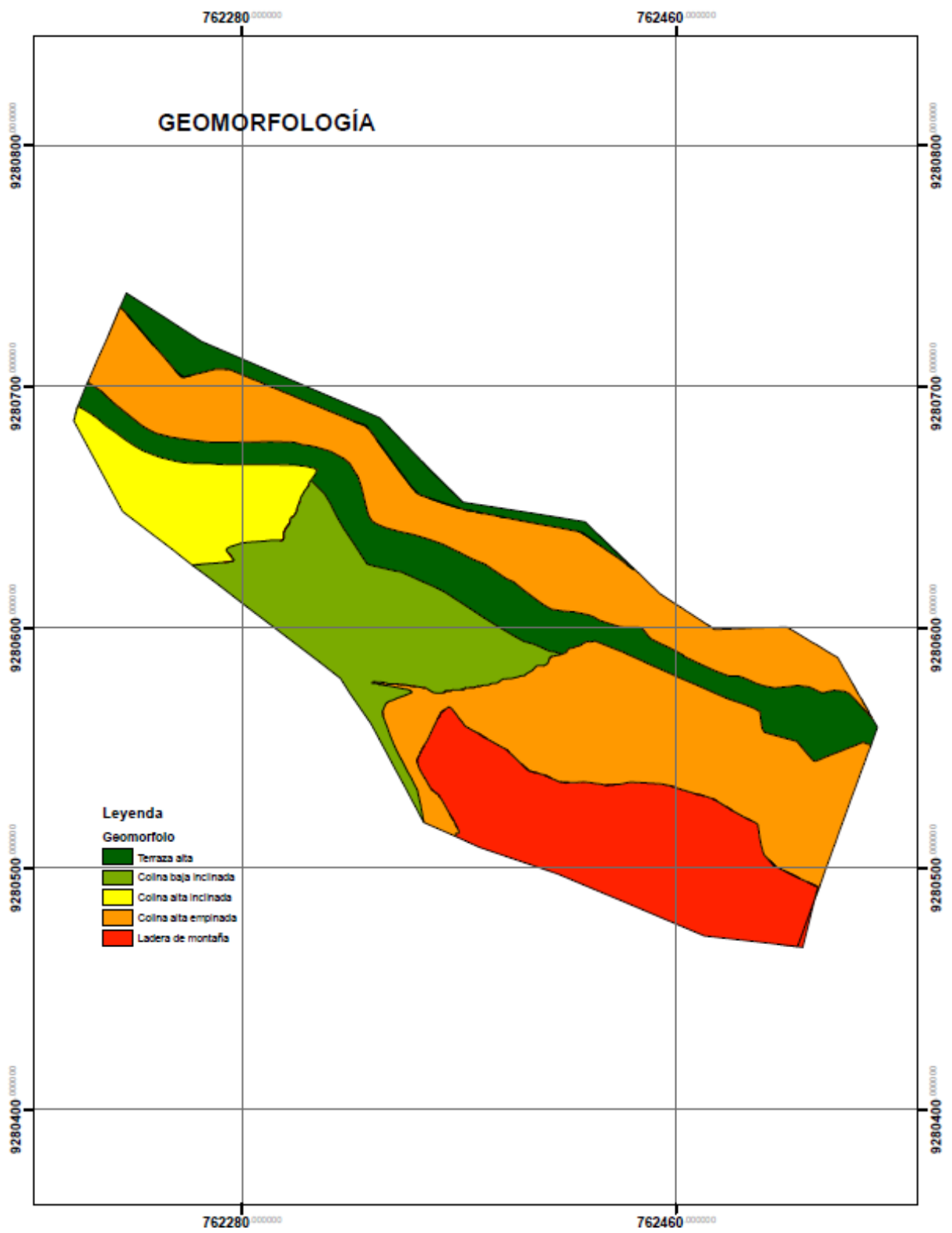


Figura 53

Condicionantes: Geología del Talud Llarillaco

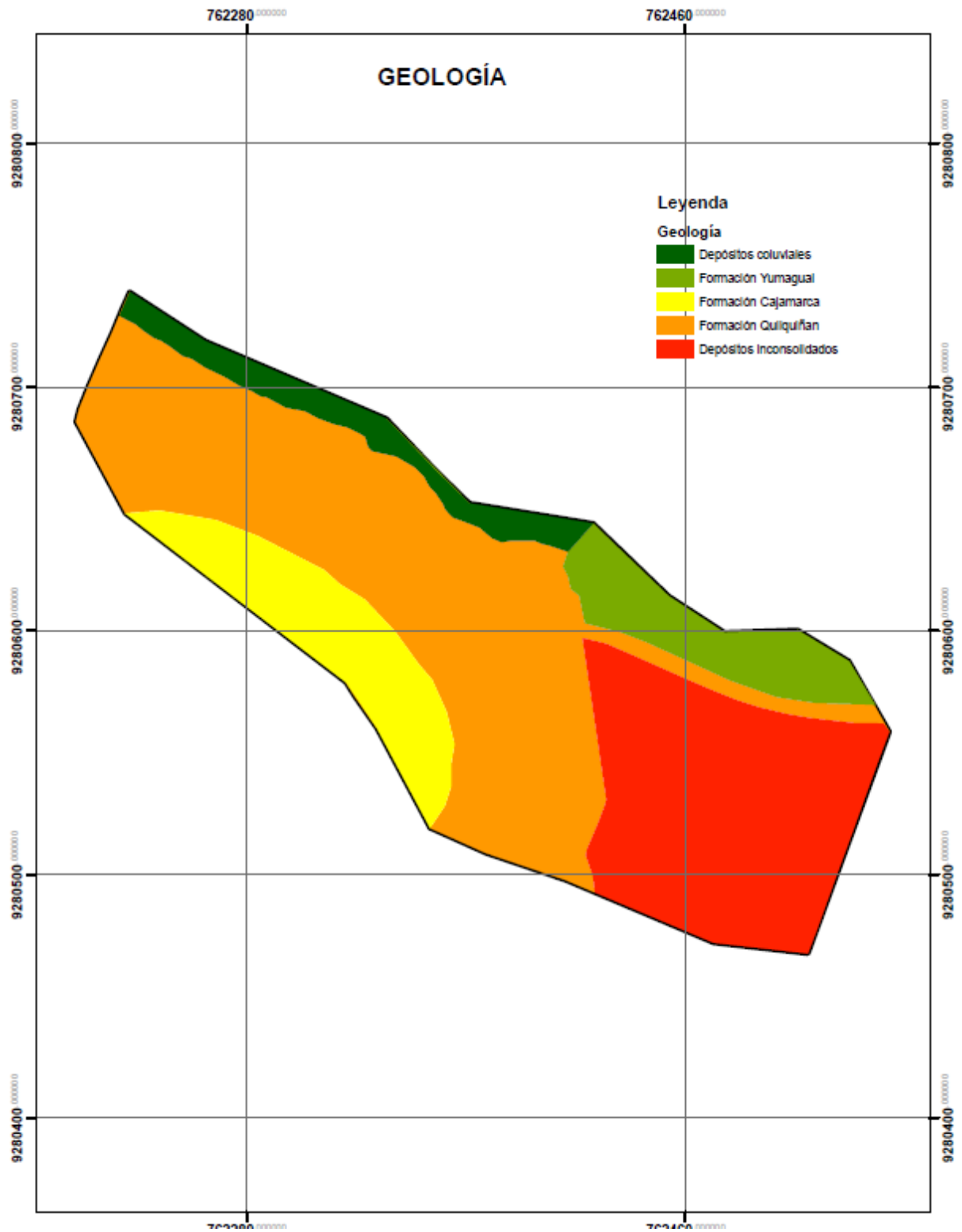


Figura 54

Condicionantes del Talud Llarillaco

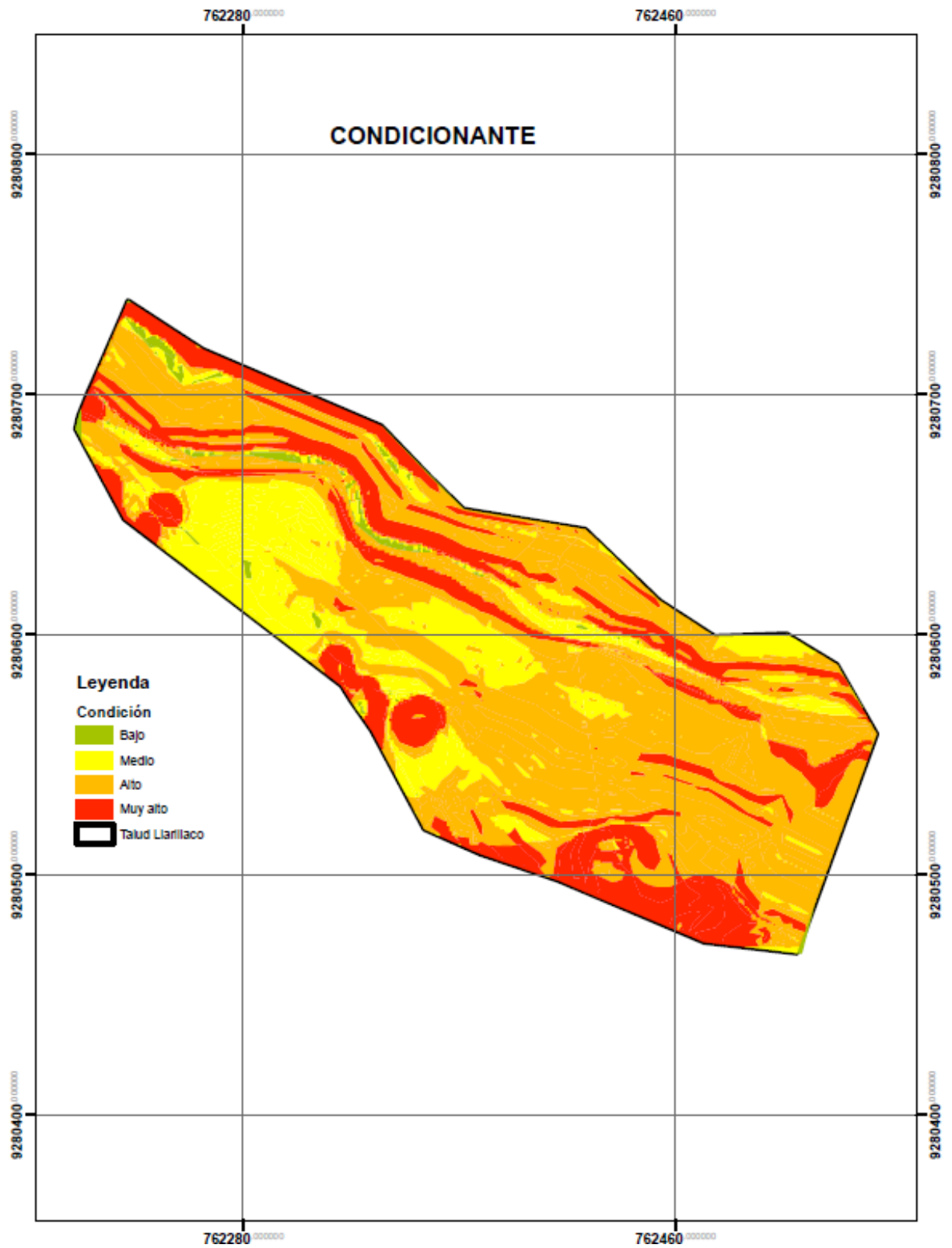
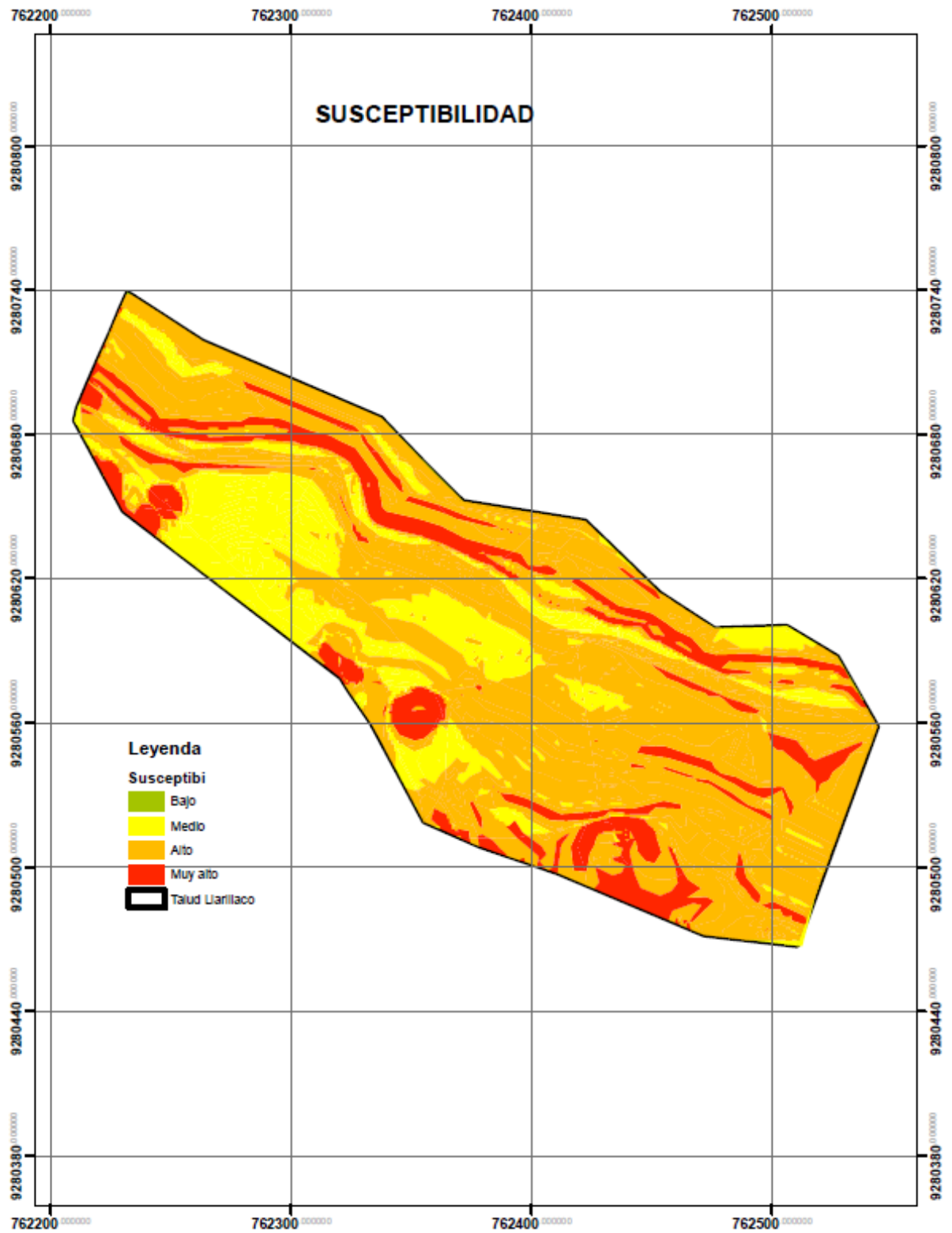


Figura 55

Susceptibilidad a Deslizamientos del Talud Llarillaco



4.1.2. Análisis de estabilidad del talud Llarillaco

De las 16 secciones de análisis, se ha verificado que, éstas se pueden dividir en cuatro grupos de acuerdo al factor de seguridad estático y dinámico que han alcanzado. El primer grupo, que abarca desde el Km 11+323 hasta el Km11+363, tiene un factor de seguridad estático que varía de 0.882 a 0.934 y un factor de seguridad dinámico de 0.65 a 0.669. Esto sugiere que, aunque el talud parece estar estable, aumentar las cargas estáticas debido a factores internos o externos podría provocar deslizamientos, incluso sin la presencia de actividad sísmica, por tanto, es un talud inestable. El segundo grupo corresponde al Km 11+163 al Km 11+303 que presenta un factor de seguridad estático de 1.076 a 1.193 y dinámico de 0.741 a 0.854, por tanto, el talud se mantiene relativamente estable en condiciones estáticas, pero ante la acción sísmica llega a deslizarse. El tercer grupo está integrado por los perfiles de talud del Km 11+123 al Km 11+143 y del Km 11+063 al Km 11+083, que presentan factor de seguridad estático de 1.36 a 1.589 y dinámico de 0.937 a 1.091, siendo así el talud es estable en condiciones estáticas, pero no en condiciones dinámicas, donde se deslizaría. Mientras que, el grupo 4 está integrado solamente por la sección 11+103 debido a que, está presenta el factor de seguridad en condiciones estáticas y dinámicas más alto, siendo 1.926 y 1.216 respectivamente, lo que, indica estabilidad frente a deslizamiento en condiciones estáticas, pero en condiciones dinámicas solamente es 97.28% estable, debido a que, no alcanza el factor de seguridad mínimo de 1.25. Así mismo, se han comparado los factores de seguridad alcanzados por diferentes métodos de análisis, verificando que, con el método Fellenius se obtienen los factores de seguridad estático y dinámico más bajos, en comparación con los métodos Morgenstern-Price, Janbu y Spenser.

El talud Llarillaco presenta deslizamientos en sus extremos, específicamente en el extremo superior derecho hacia la parte central y en el extremo inferior izquierdo. Estas son las dos áreas del talud con factores de seguridad estáticos y dinámicos más bajos, lo que significa que son más propensas a deslizamientos y pérdida de estabilidad. Sin embargo, en la parte central del talud, orientada al margen izquierdo, se observa un aumento en su estabilidad con factores de seguridad estables frente a condiciones estáticas. Aunque, en condiciones dinámicas, los factores de seguridad son inestables. En conclusión, se infiere que todas las secciones del talud superior Llarillaco en la carretera La Palma - Chota requieren estrategias de control de deslizamientos para garantizar su estabilidad tanto en condiciones estáticas como en condiciones dinámicas. Esto implica que se deben implementar medidas de ingeniería y obras de estabilización para prevenir deslizamientos y asegurar la seguridad de la carretera.

Figura 56 Factores de Seguridad del Talud Llarillaco por Grupos

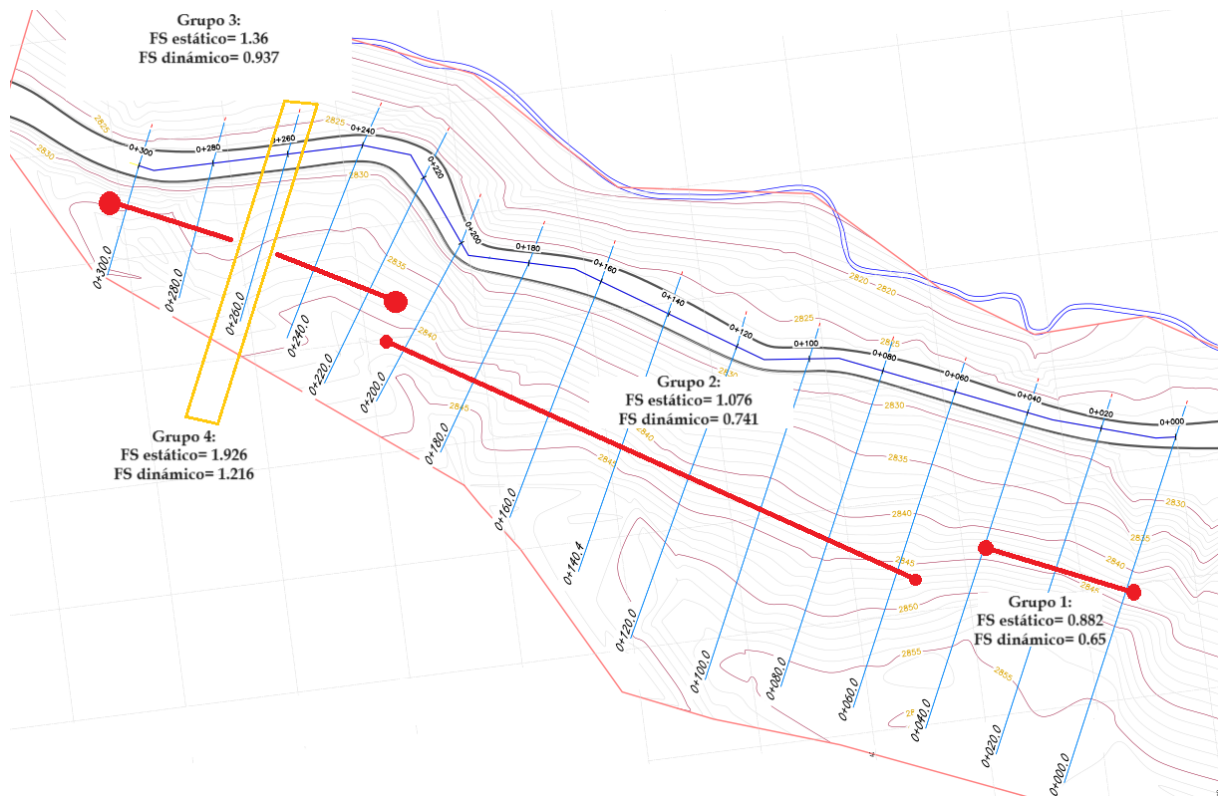


Tabla 35 Factores de Seguridad del Talud Llarillaco en Condiciones Estáticas y Dinámicas por Diferentes Métodos de Estimación

	Bishop Simplified		GLE/Morgenstern-Price		Janbu Simplified		Ordinary/Fellenius		Spencer	
	Estático	Pseudoestático	Estático	Pseudoestático	Estático	Pseudoestático	Estático	Pseudoestático	Estático	Pseudoestático
11+363	0.88	0.65	0.89	0.66	0.89	0.66	0.86	0.64	0.89	0.66
11+343	0.91	0.67	0.92	0.68	0.92	0.68	0.89	0.65	0.92	0.68
11+323	0.93	0.67	0.94	0.68	0.94	0.68	0.92	0.66	0.94	0.68
11+303	1.07	0.74	1.08	0.75	1.08	0.75	1.05	0.72	1.08	0.75
11+283	1.15	0.78	1.15	0.79	1.15	0.79	1.11	0.75	1.15	0.79
11+263	1.12	0.75	1.13	0.76	1.13	0.76	1.1	0.74	1.13	0.76
11+243	1.09	0.76	1.1	0.77	1.1	0.77	1.06	0.75	1.1	0.77
11+223	1.13	0.79	1.13	0.8	1.13	0.8	1.1	0.78	1.13	0.8
11+203	1.23	0.84	1.23	0.85	1.23	0.85	1.2	0.83	1.23	0.85
11+183	1.14	0.8	1.14	0.8	1.14	0.81	1.11	0.77	1.14	0.81
11+163	1.23	0.88	1.23	0.88	1.23	0.88	1.21	0.86	1.23	0.88
11+143	1.23	0.88	1.23	0.88	1.23	0.88	1.21	0.86	1.23	0.88
11+123	1.74	1.1	1.74	1.1	1.74	1.1	1.67	1.06	1.74	1.11
11+103	1.9	1.2	1.9	1.2	1.9	1.2	1.83	1.15	1.9	1.2
11+083	1.58	1.09	1.58	1.09	1.58	1.09	1.51	1.04	1.58	1.09
11+063	1.07	1.02	1.07	1.03	1.07	1.03	1.03	0.98	1.07	1.03
Máximo	1.9	1.2	1.9	1.2	1.9	1.2	1.83	1.15	1.9	1.2
Mínimo	0.88	0.65	0.89	0.66	0.89	0.66	0.86	0.64	0.89	0.66

Figura 57 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+363

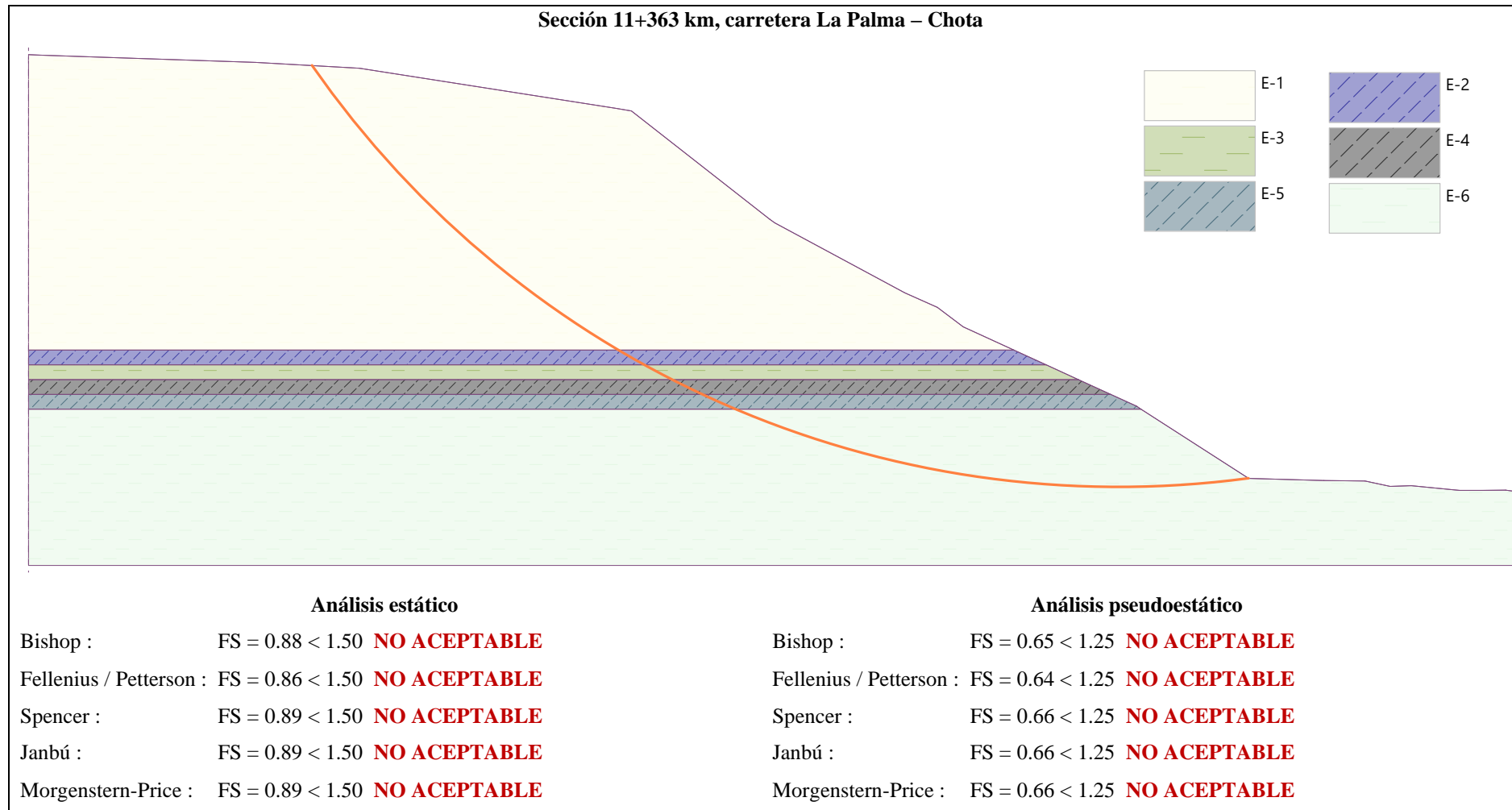


Figura 58 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+343

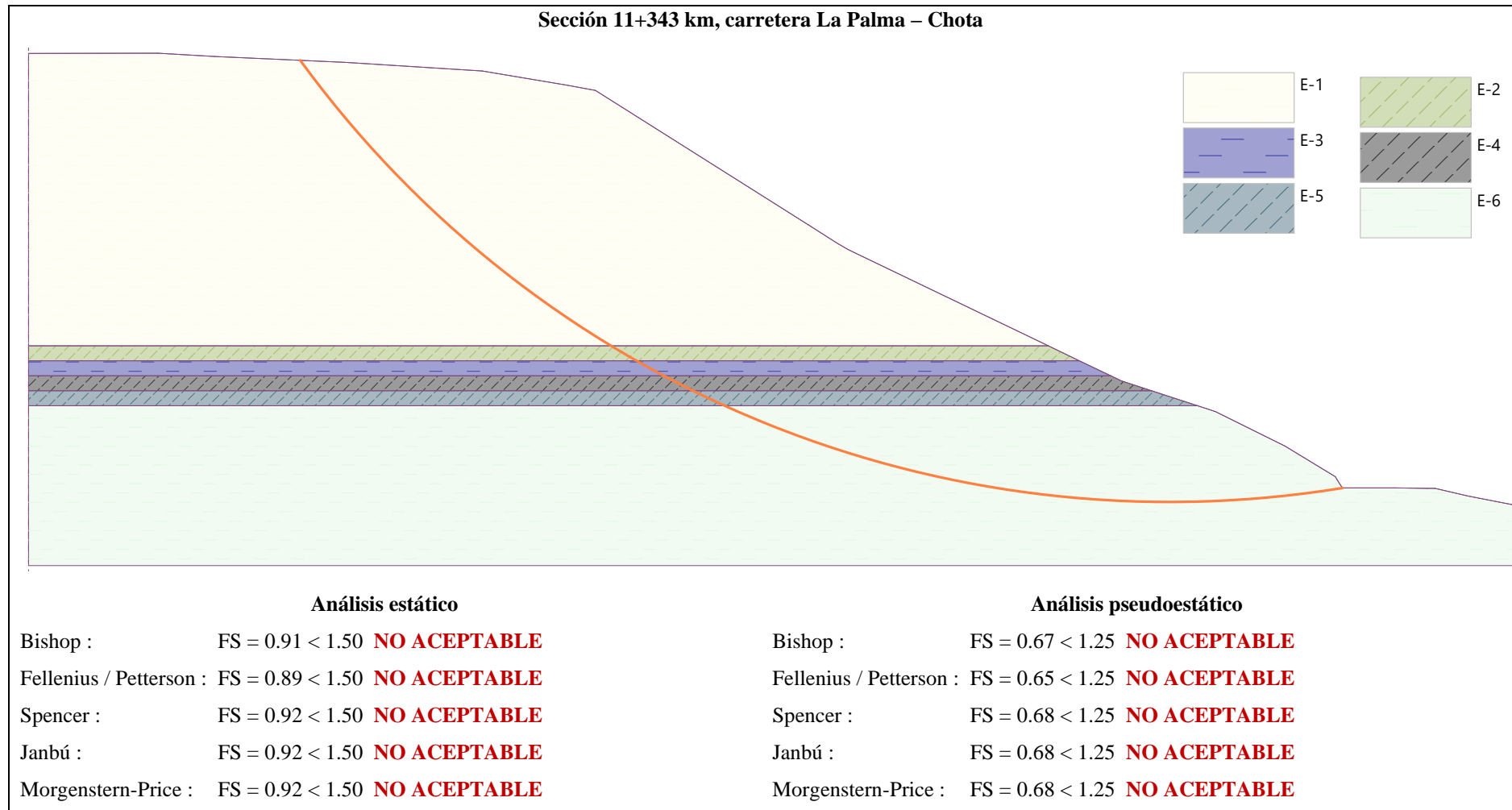


Figura 59 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+323

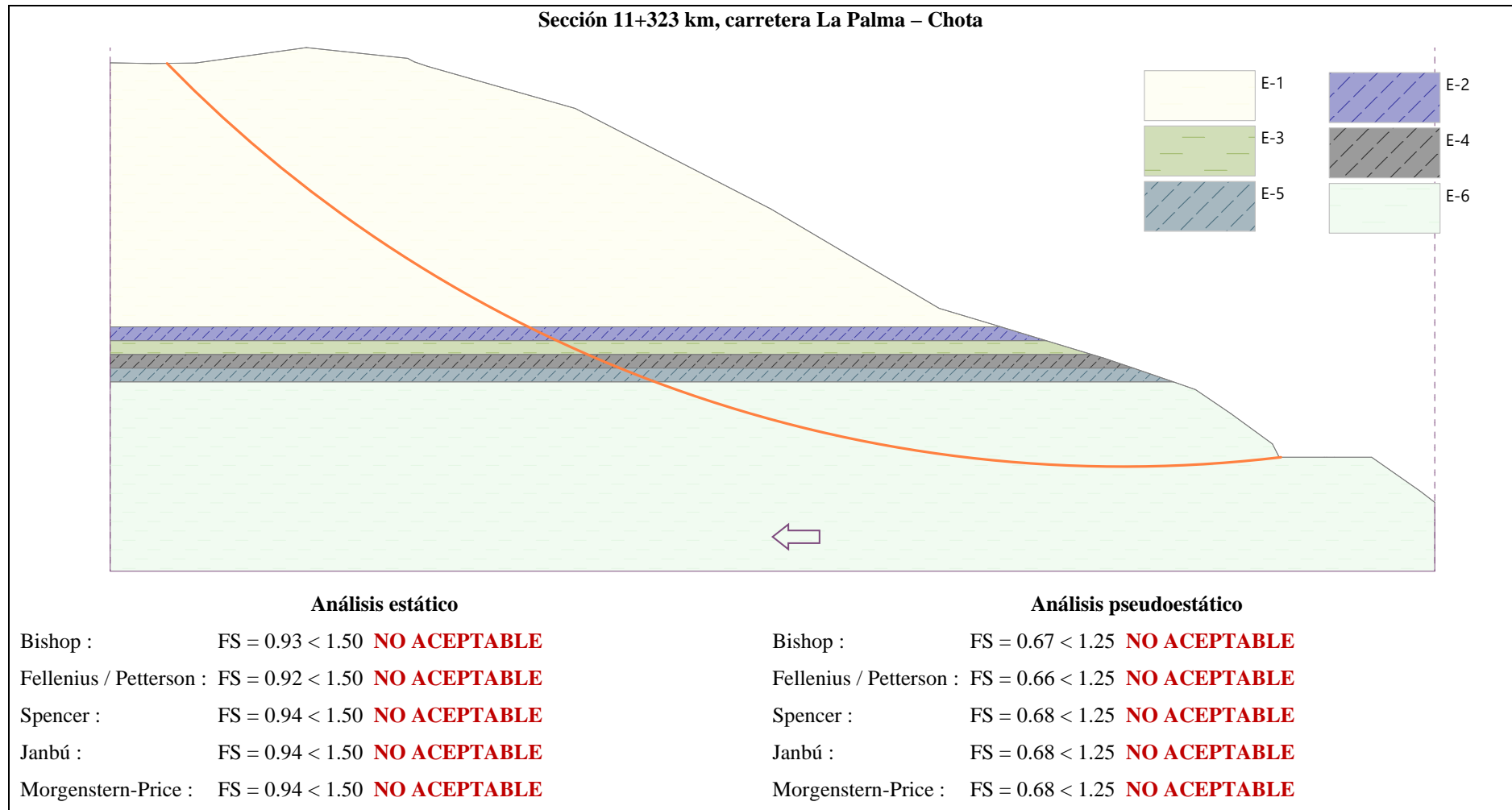


Figura 60 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+303

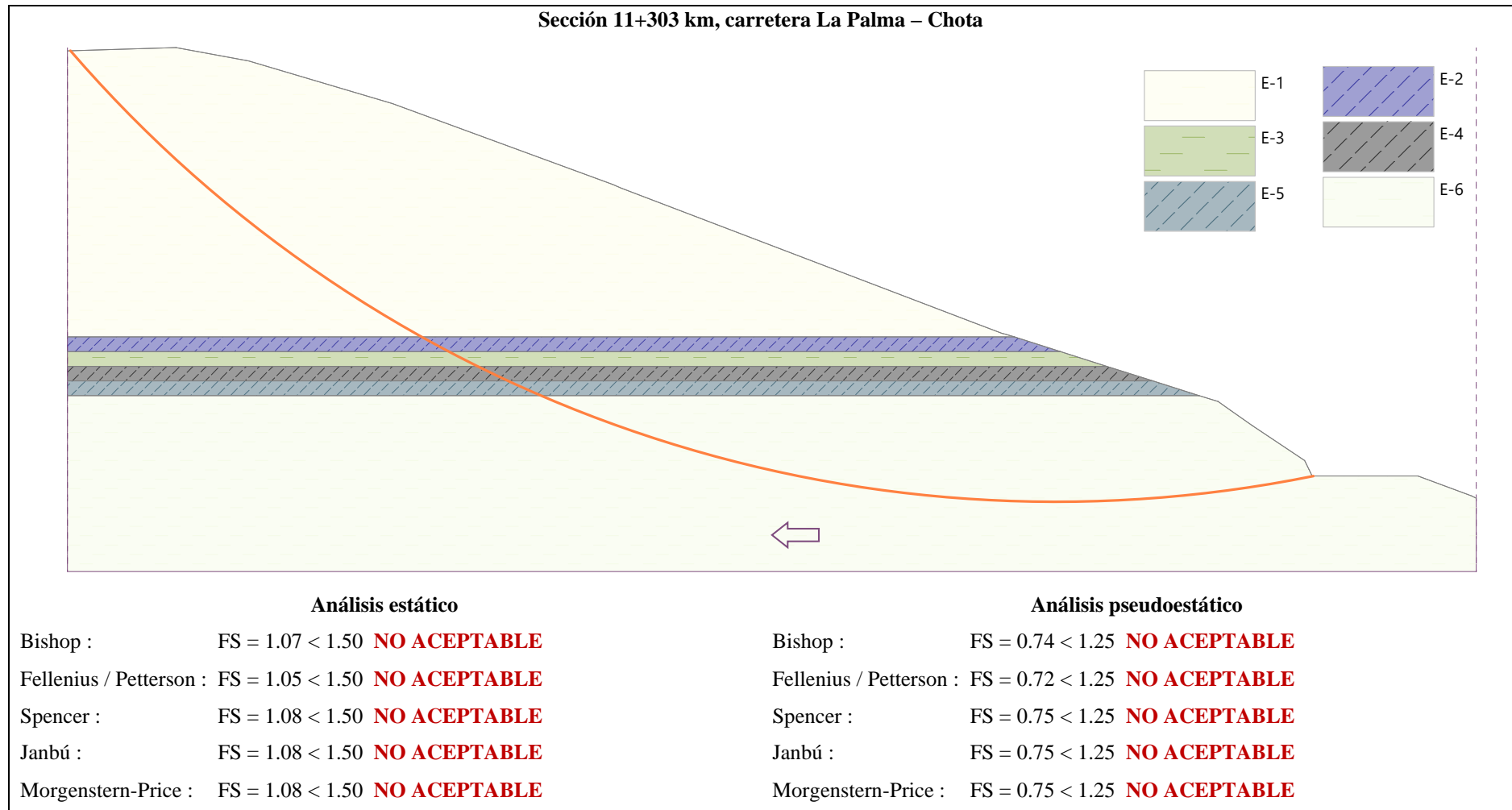


Figura 61 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+283

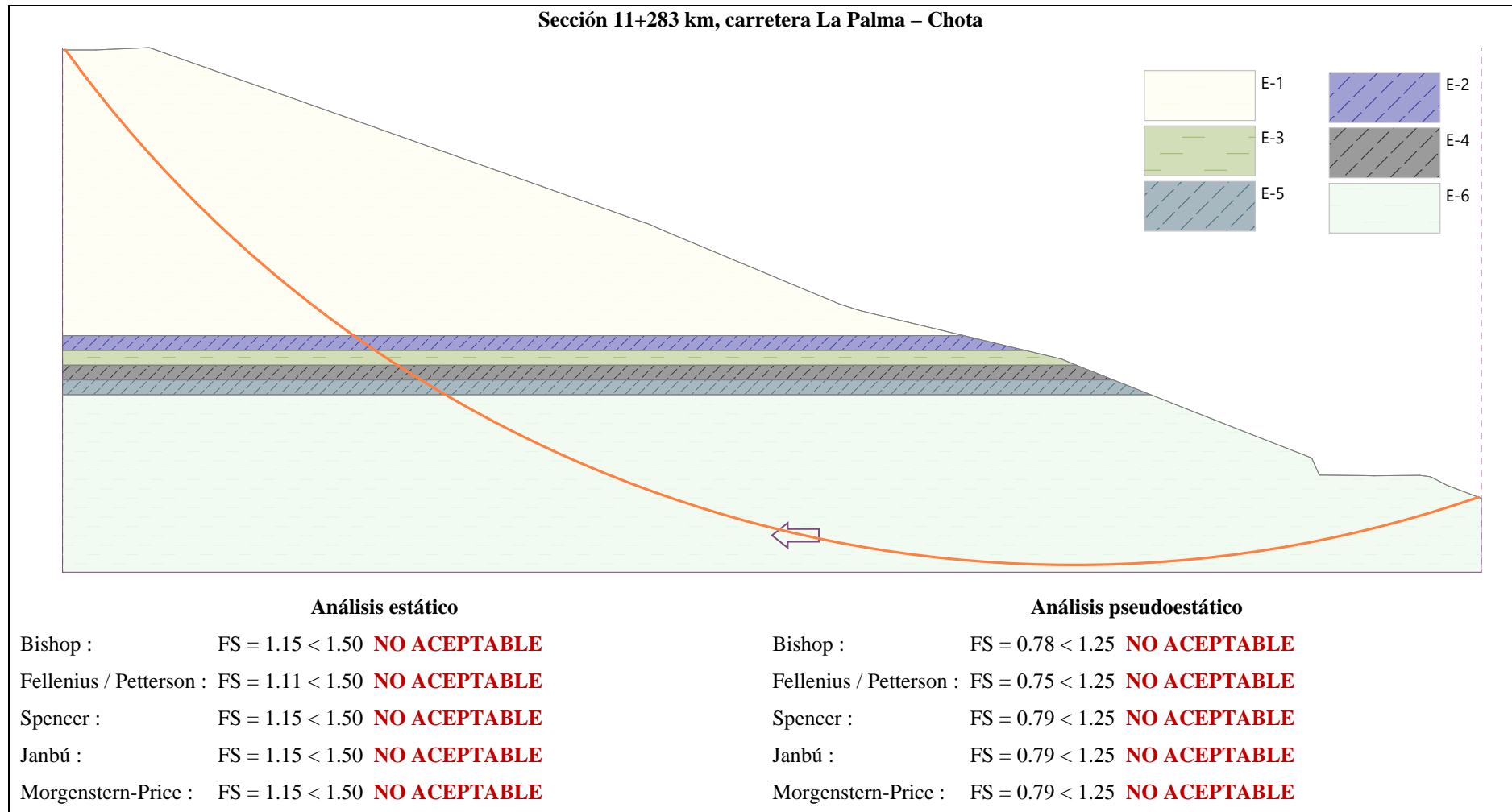


Figura 62 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+263

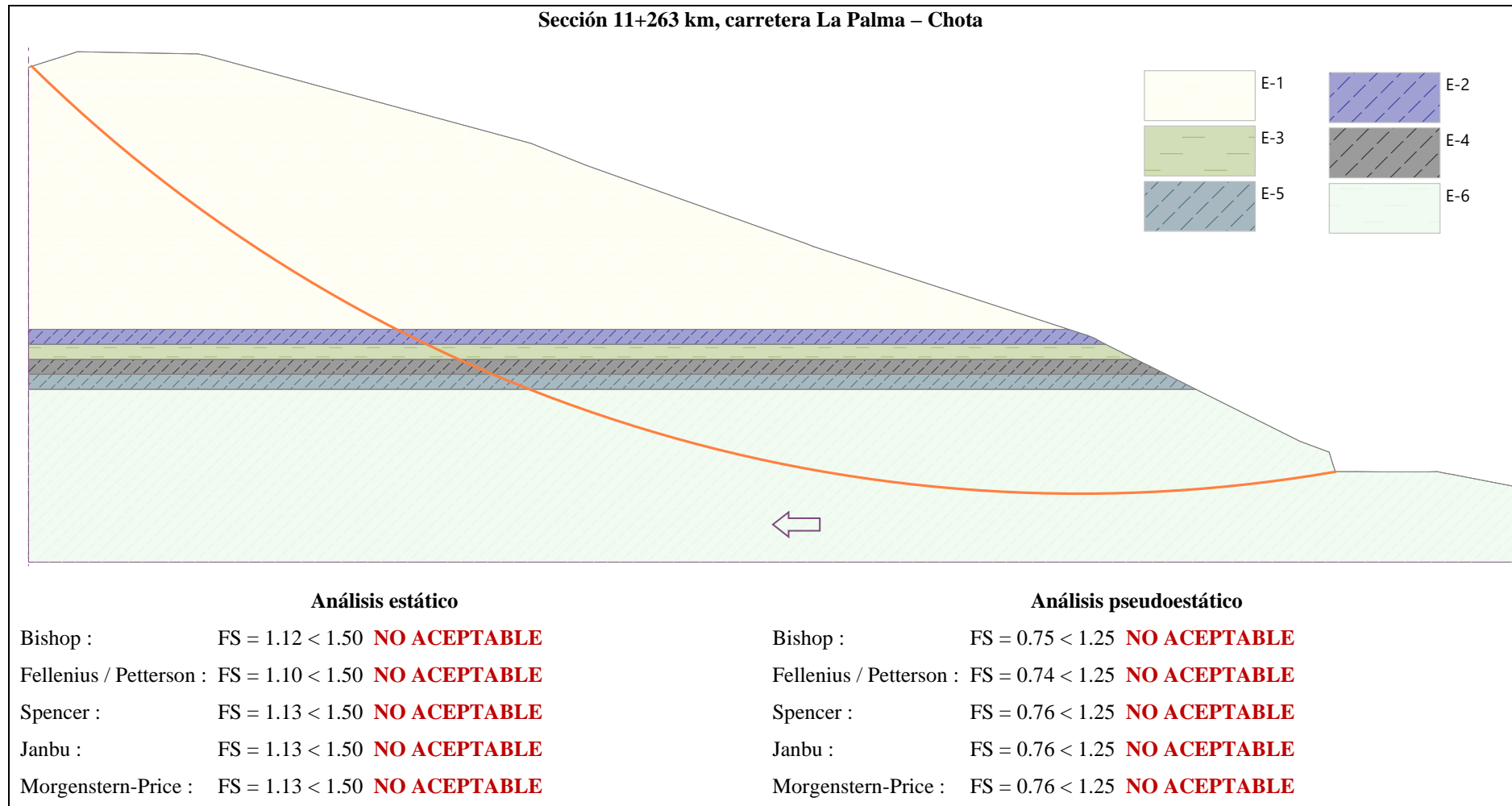


Figura 63 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+243

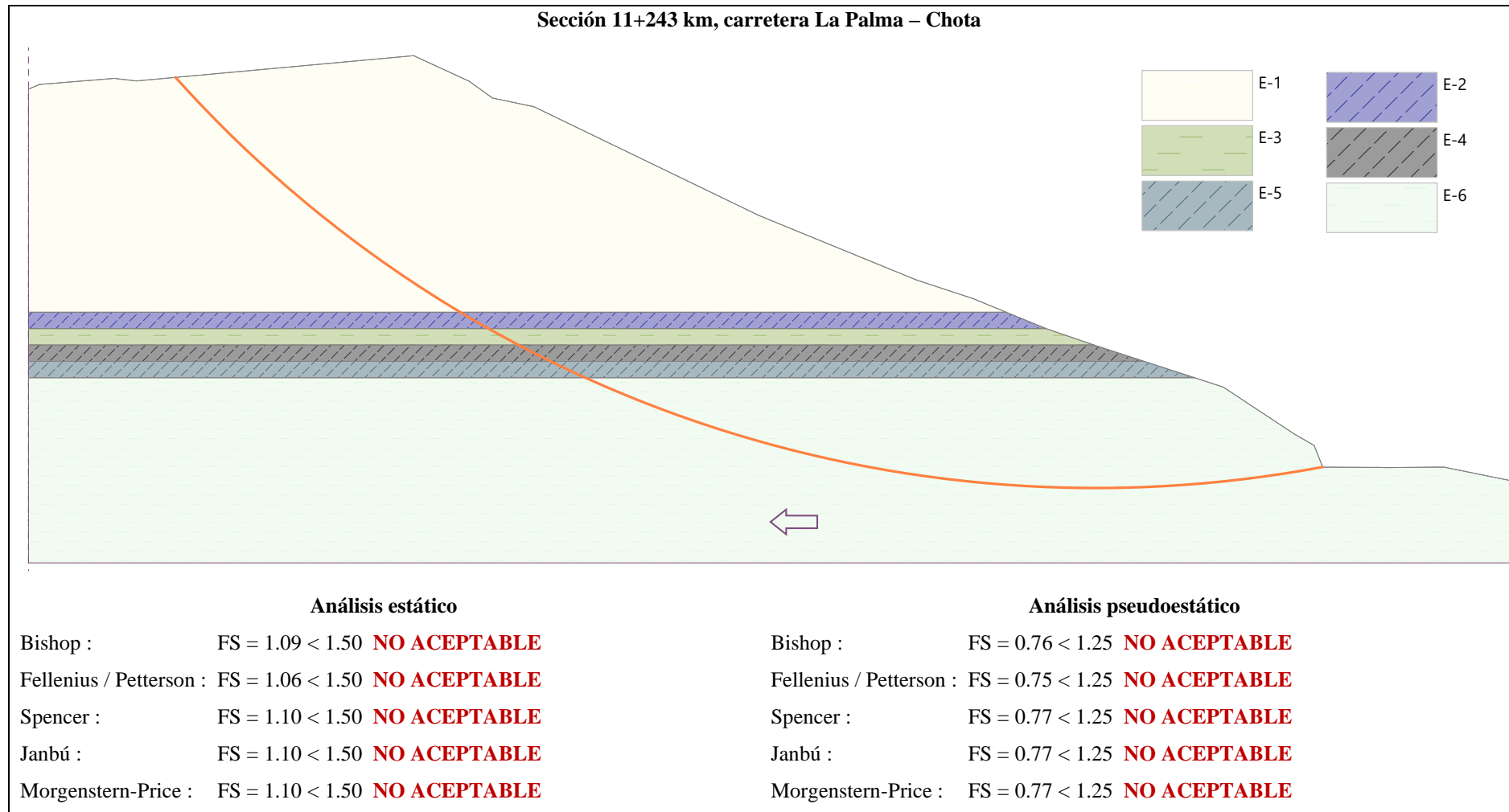


Figura 64 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+223

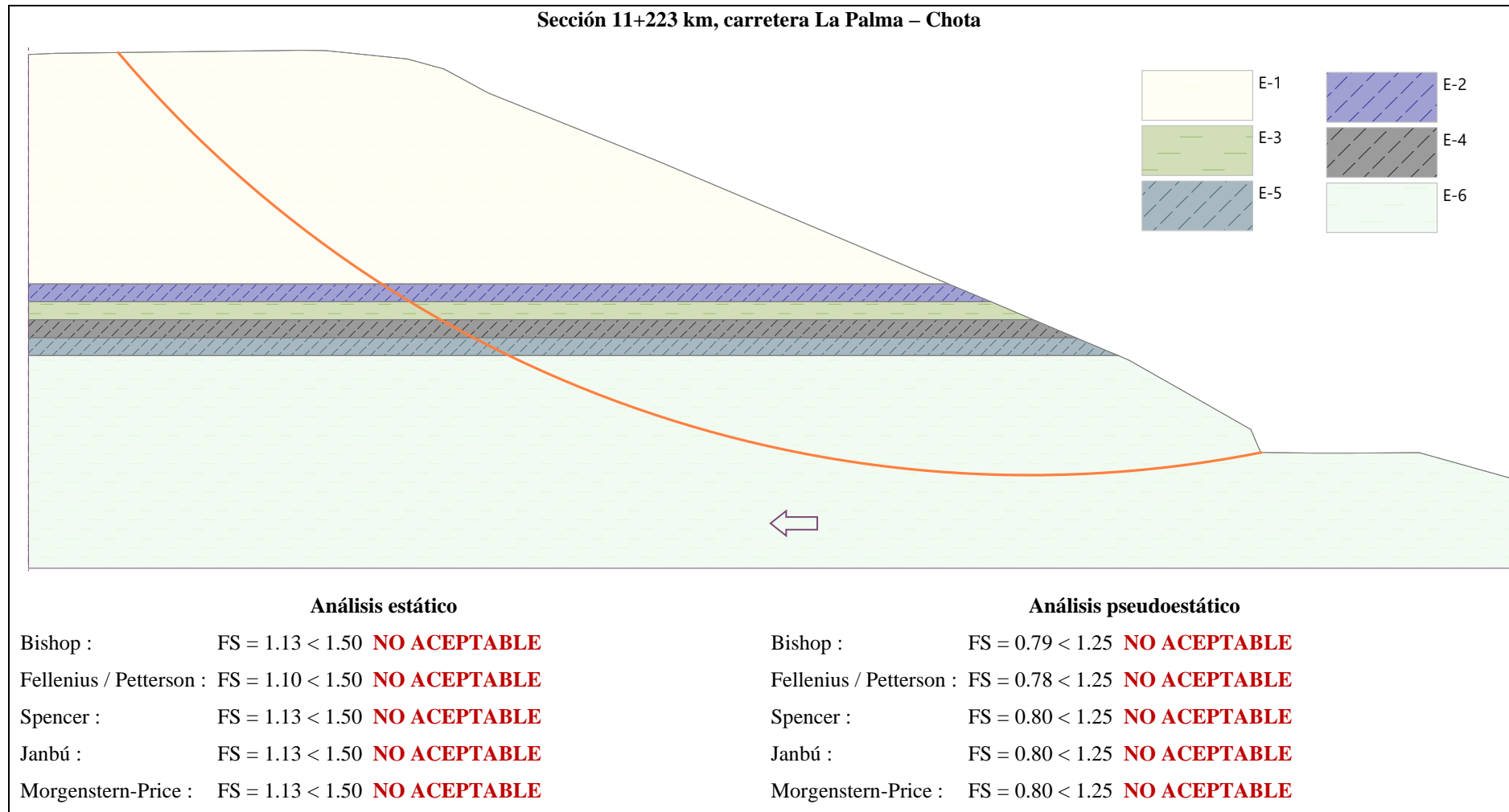


Figura 65 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+203

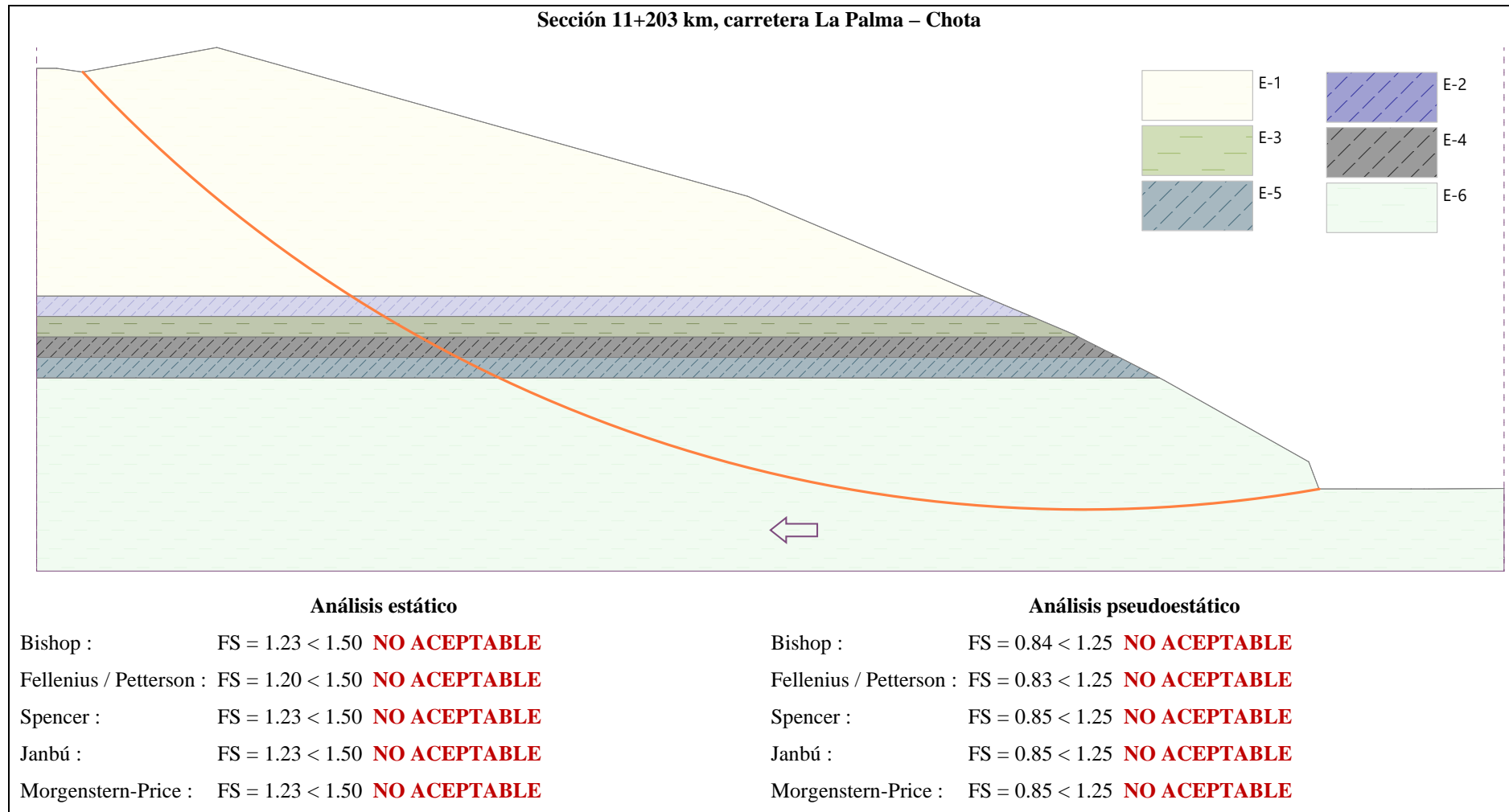


Figura 66 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+183

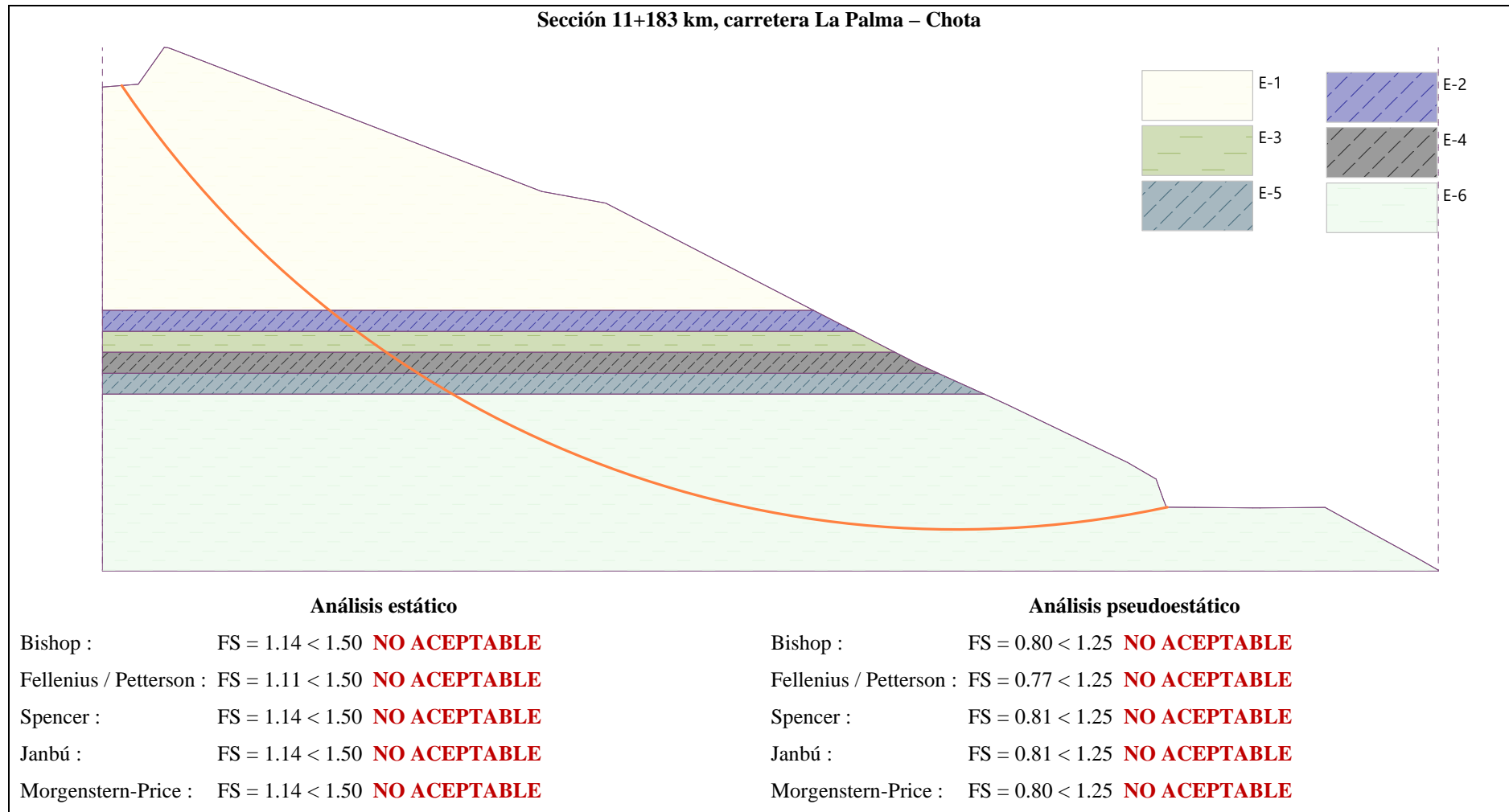


Figura 67 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+163

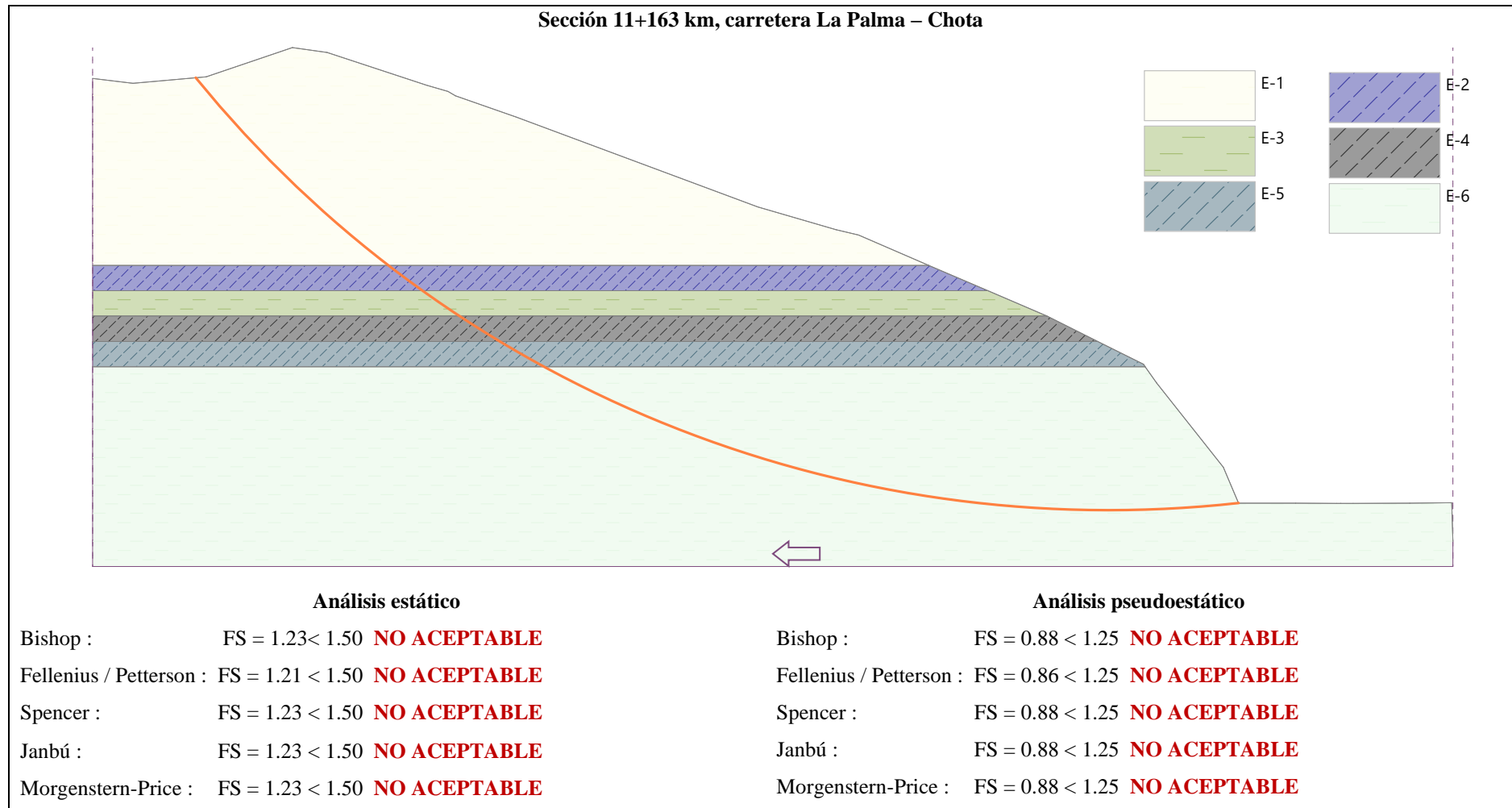


Figura 68 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+143

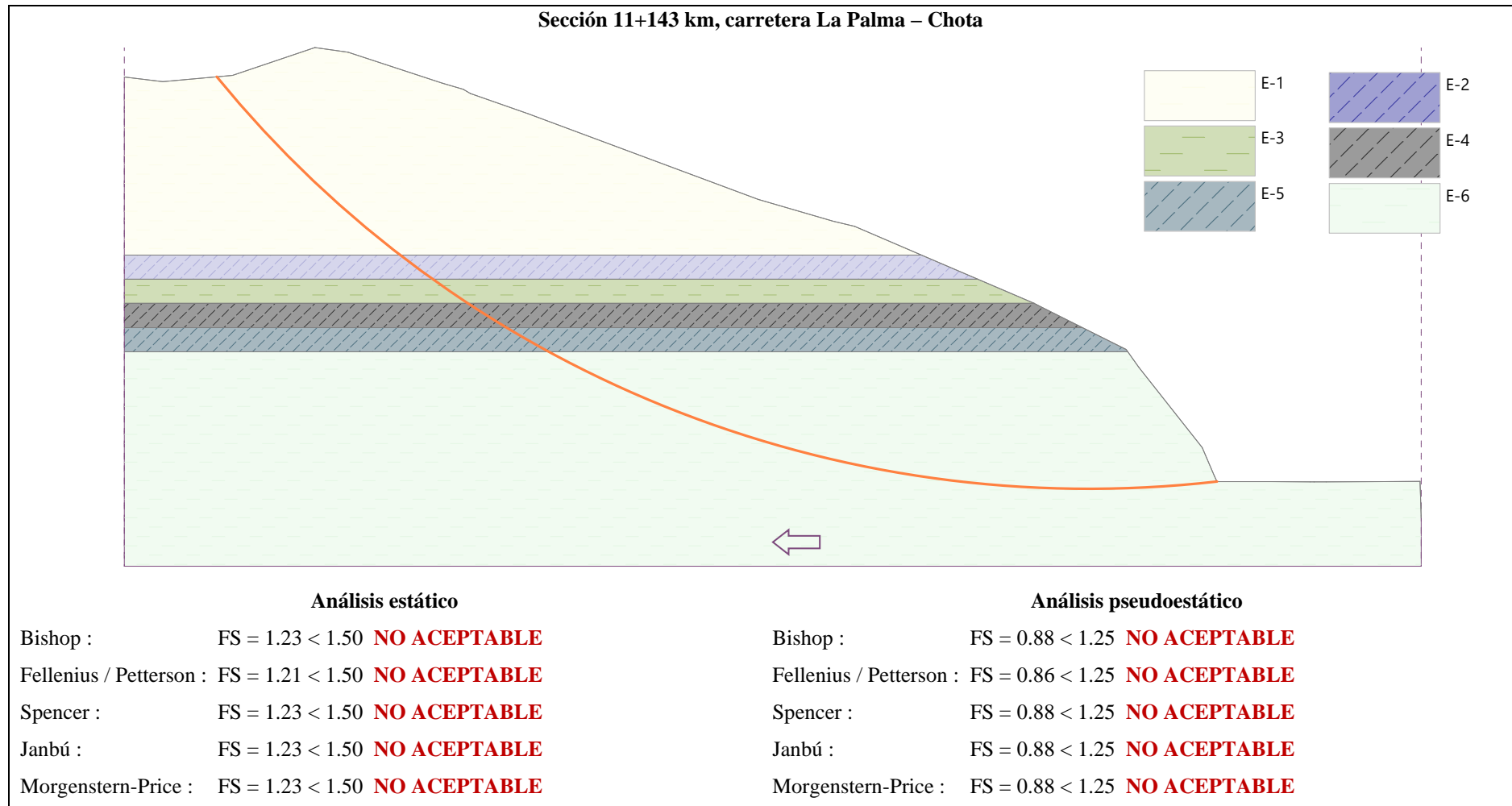


Figura 69 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+123

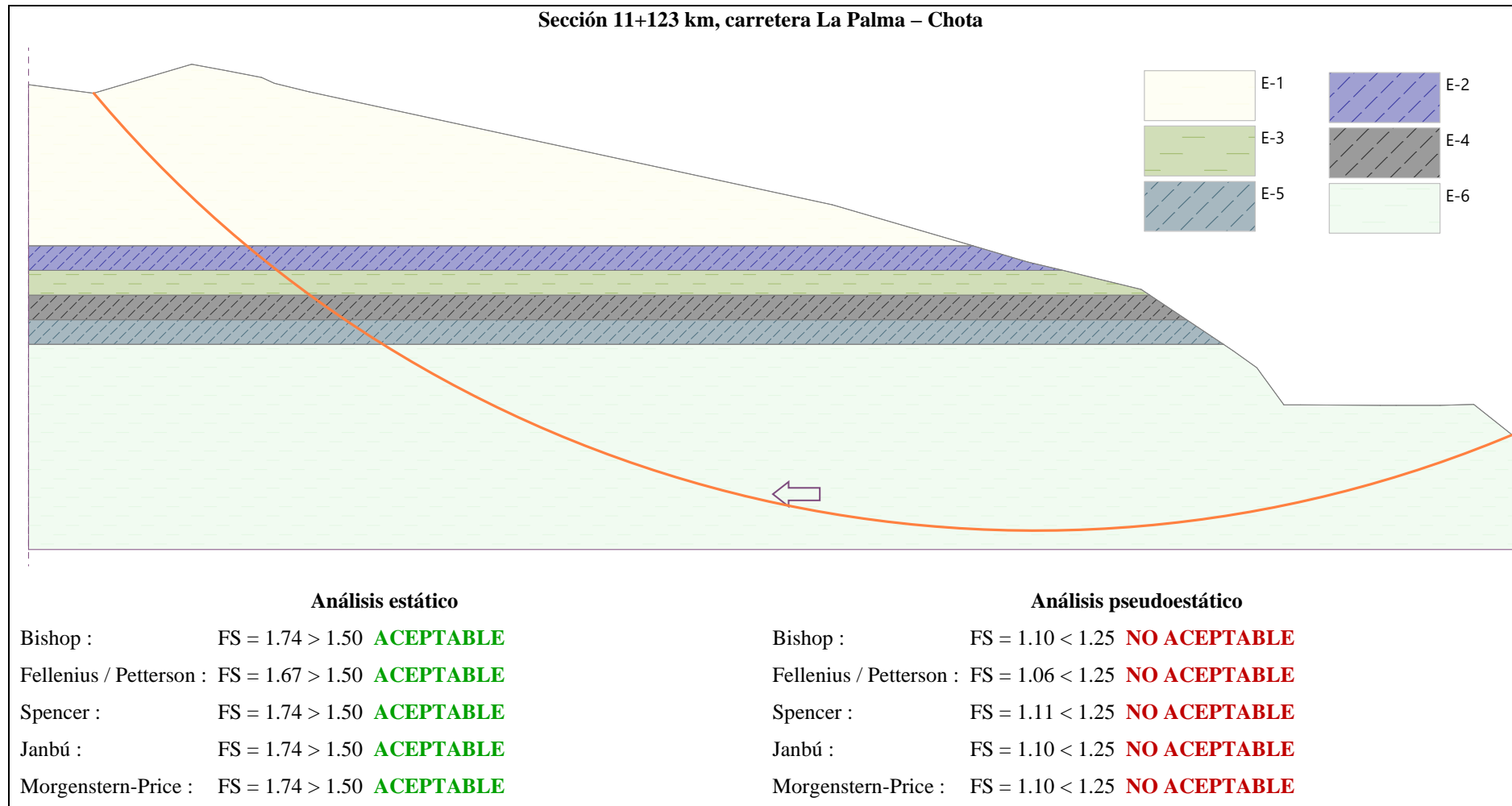


Figura 70 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+103

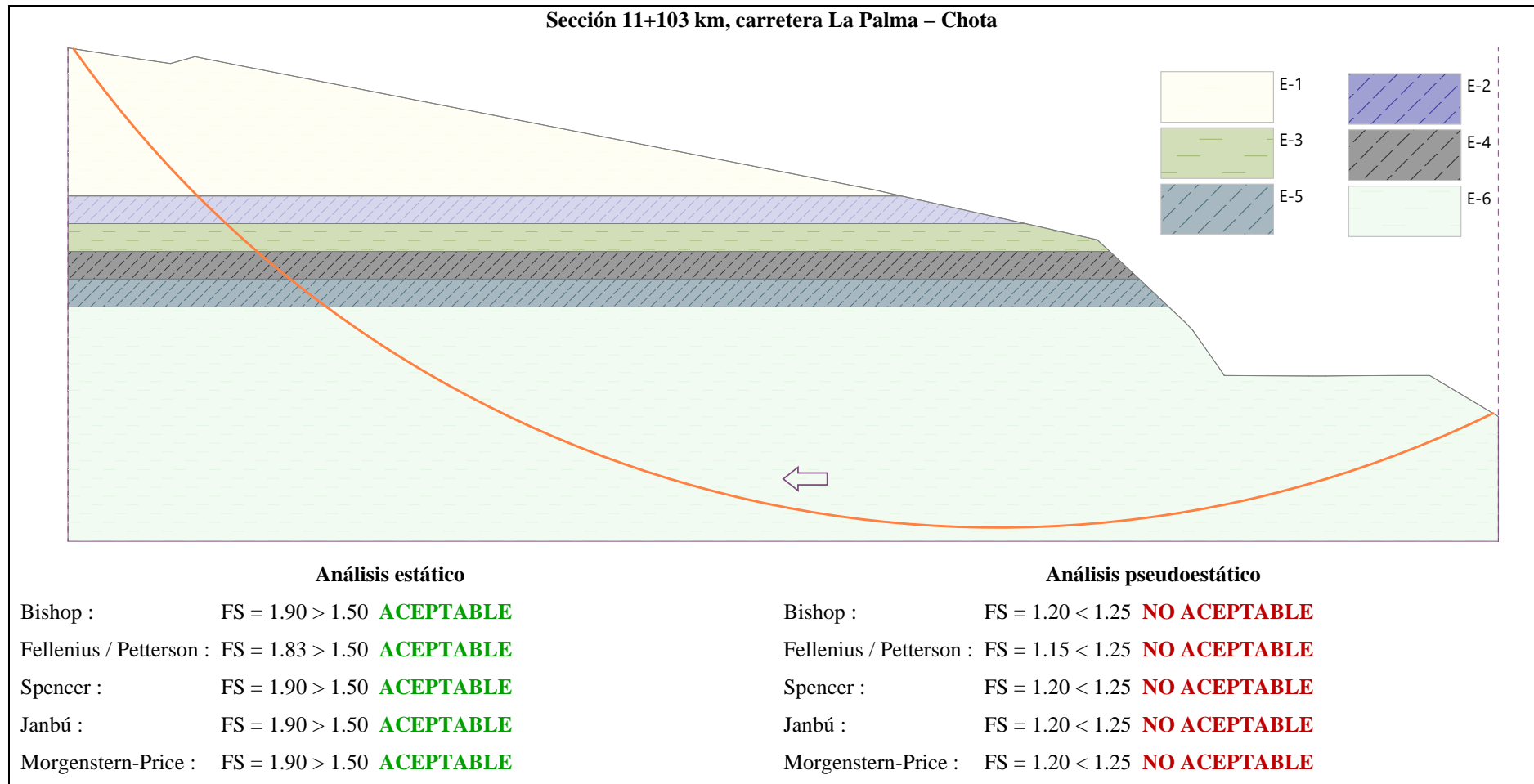


Figura 71 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+083

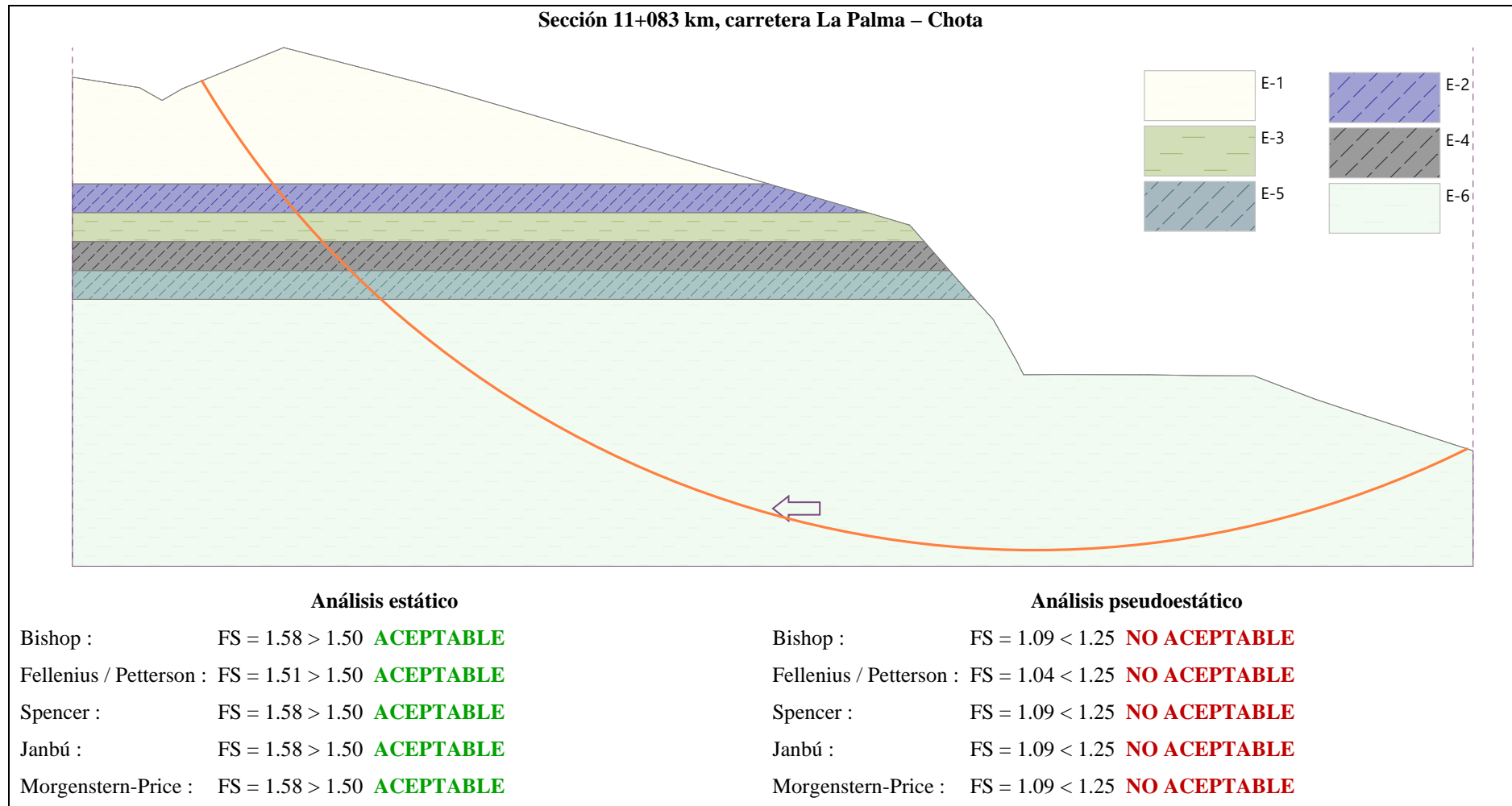
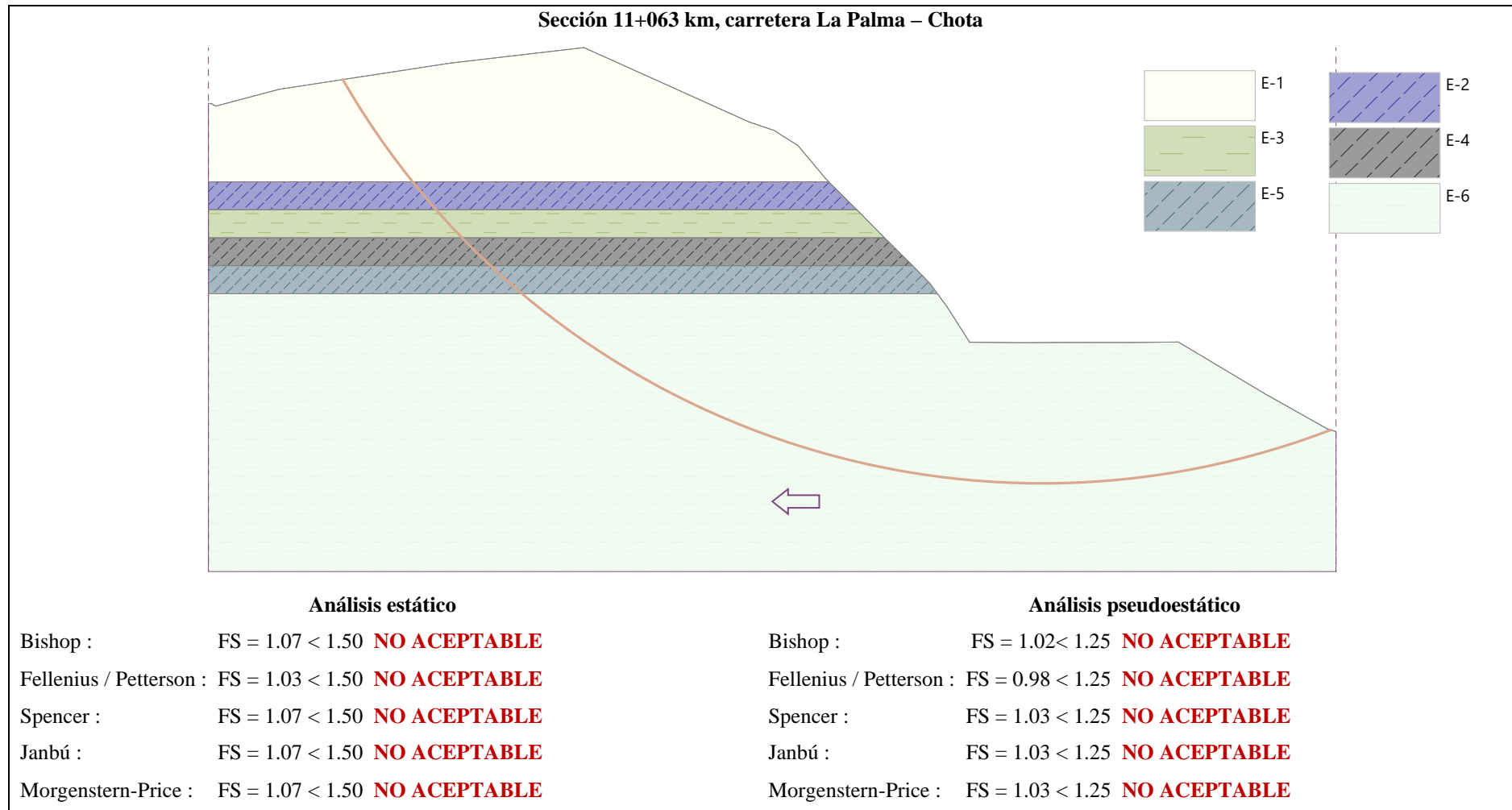


Figura 72 Factor de Seguridad del Talud Llarillaco, sección 11+063



4.1.3. Estrategias de control del deslizamiento en el talud Llarillaco

4.1.3.1. Cambio de geometría del talud: Banquetas

Se han modelado banquetas en determinadas secciones del talud Llarillaco con el objetivo de estabilizarlo. Se han realizado banquetas de pendiente 1:1 en las secciones Km 11+303 al Km 11+363 y del Km 11+063 al Km 11+203, debido a que, en las secciones Km 11+223 al Km 11+283 no se puede plantear banquetas debido a que el perfil del talud no permite el corte 1:1 sugerido por el MTC (2018) para suelos finos, como lo es el caso de estudio. Sin embargo, se observa que en las secciones donde se han implementado las banquetas, a excepción de dos de ellas (Km 11+063 y Km 11+083), se ha verificado que el factor estático disminuye, lo que indica que el talud tiende a desestabilizarse debido al corte en la geometría de la superficie. Además, se observa que los factores dinámicos también tienden a disminuir en la mayoría de las secciones analizadas, excepto en las secciones más alejadas, donde se observa un aumento en el factor de seguridad; las secciones del Km 11+063 al Km 11+163 tienden a incrementar su factor de seguridad logrando un acrecentamiento de 6.2% a 27.8%.

A pesar de este aumento en algunas secciones, el resultado indica que no en todos los casos se logra garantizar la estabilidad del talud, cumpliendo con los factores de seguridad mínimos establecidos por la norma CE.020. Sin embargo, se destaca que las secciones del talud Llarillaco del km 11+063 al km 11+103 cumplen con los factores de seguridad estático y dinámico, y esto se debe a que estas secciones ya cumplían con el factor estático de forma natural y solo necesitaban mejorar el factor dinámico, lo cual se logró mediante la construcción de banquetas con una pendiente de 1:1 sugerido por el MTC (2018).

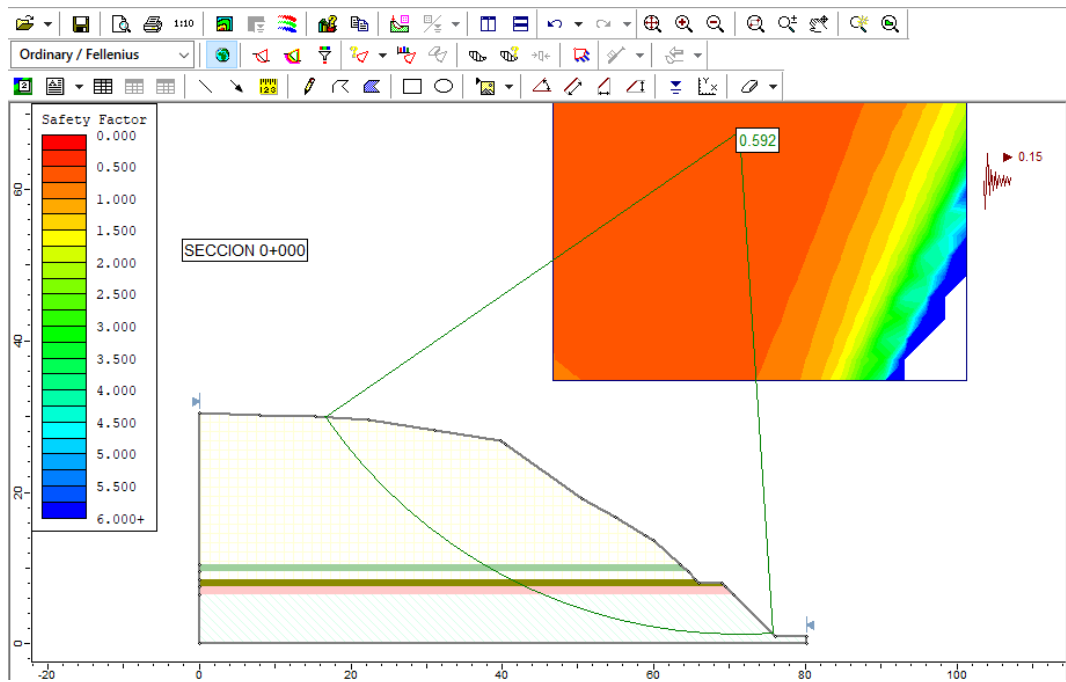
En base a este resultado, se concluye que no es necesario implementar otras estrategias de control de deslizamientos en las secciones del talud Llarillaco del km 11+103 al km 11+063, ya que las banquetas construidas son suficientes para garantizar su estabilidad. Sin embargo, en las otras secciones se considera que las banquetas no son pertinentes, ya que, en lugar de incrementar los factores de seguridad, estos se reducen, lo que genera una mayor inestabilidad del talud en condiciones estáticas y dinámicas. Por lo tanto, se sugiere plantear otras estrategias de control de deslizamientos en las secciones del km 11+123 al km 11+363 del talud Llarillaco de la carretera La Palma – Chota.

Tabla 36

Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Banquetas 1:1

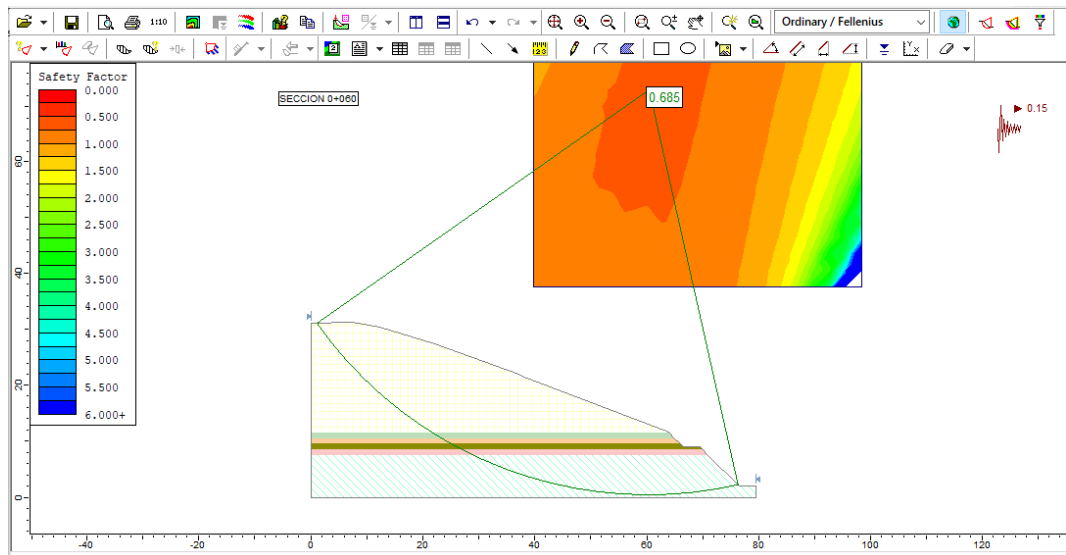
Secciones	Factor de seguridad del talud (método Fellenius)					
	Estático		Dinámico		Eficiencia	
	Natural	Banquetas	Natural	Banquetas	Estático	Dinámico
11+363	0.86	0.778	0.64	0.592	-9.5%	-7.5%
11+343	0.89	0.809	0.65	0.604	-9.1%	-7.1%
11+323	0.92	0.841	0.66	0.615	-8.6%	-6.8%
11+303	1.05	0.976	0.72	0.685	-7.0%	-4.9%
11+203	1.20	1.097	0.83	0.824	-8.6%	-0.7%
11+183	1.11	1.035	0.77	0.741	-6.8%	-3.8%
11+163	1.21	1.170	0.86	0.913	-3.3%	6.2%
11+143	1.21	1.170	0.86	0.913	-3.3%	6.2%
11+123	1.67	1.436	1.06	1.157	-14.0%	9.2%
11+103	1.83	1.528	1.15	1.267	-16.5%	10.2%
11+083	1.51	1.576	1.04	1.257	4.3%	20.9%
11+063	1.03	1.647	0.98	1.252	59.9%	27.8%
Máximo	1.83	1.647	1.15	1.267	59.9%	27.8%
Mínimo	0.86	0.778	0.64	0.592	-16.5%	-7.5%

Figura 73 Factor de Seguridad con Banquetas, Sección Km 11+363



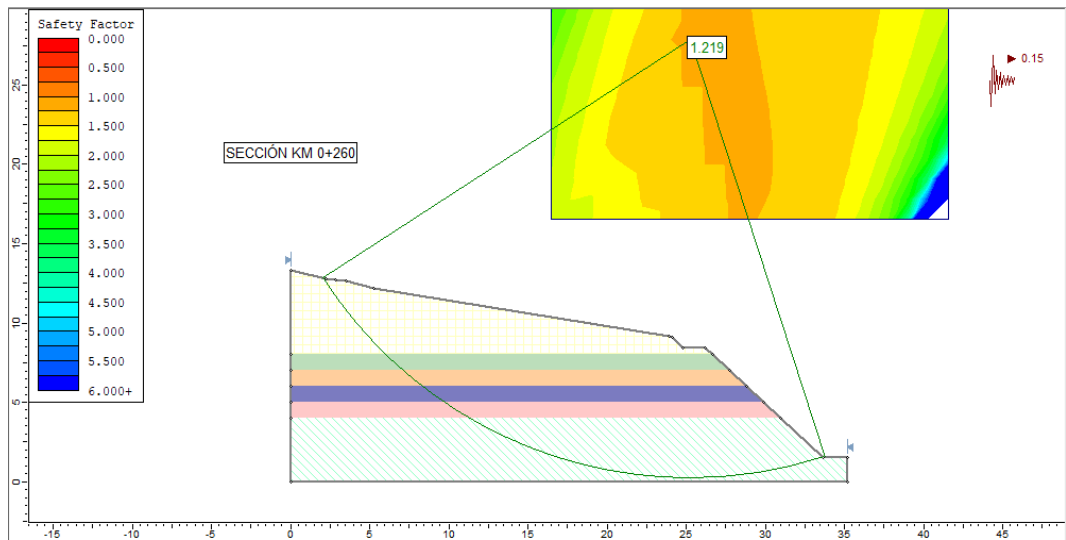
FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	0.79	0.795	0.802	0.778	0.796
Dinámico	0.6	0.613	0.6	0.592	0.61

Figura 74 Factor de Seguridad con Banquetas, Sección Km 11+303



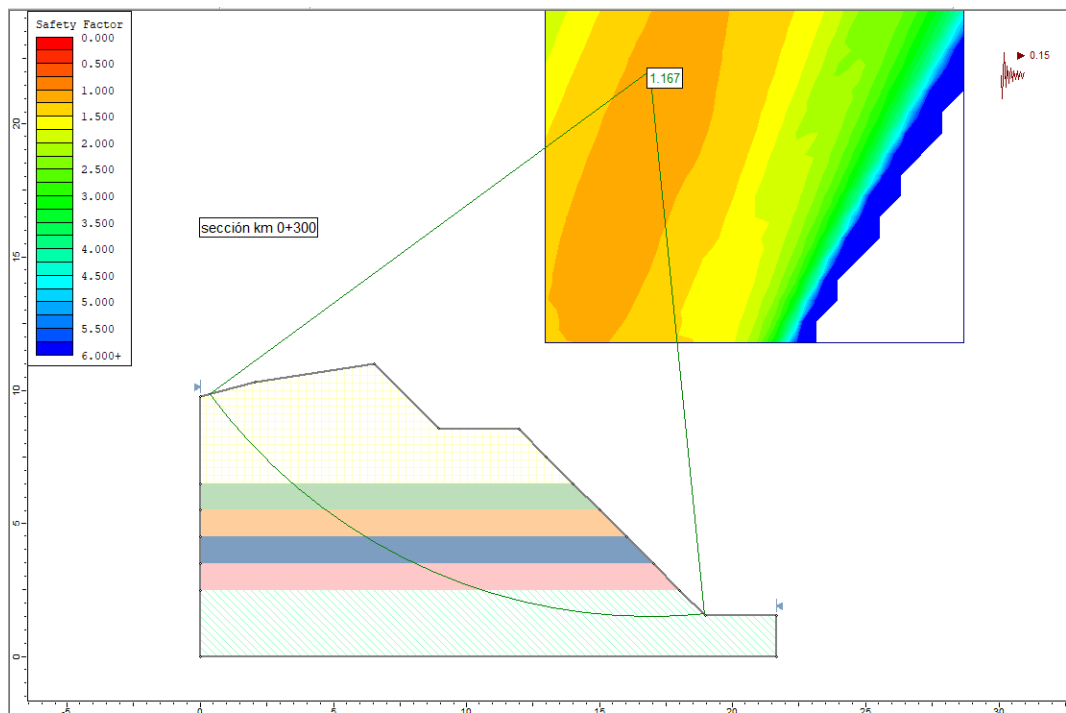
FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	0.995	1.001	0.996	0.976	0.998
Dinámico	0.7	0.707	0.692	0.685	0.707

Figura 75 Factor de Seguridad con Banquetas, Sección Km 11+103



FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	1.665	1.664	1.769	1.647	1.67
Dinámico	1.245	1.248	1.239	1.219	1.252

Figura 76 Factor de Seguridad Dinámico con Banquetas, Sección Km 11+063



FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	1.543	1.541	1.614	1.528	1.546
Dinámico	1.178	1.188	1.189	1.267	1.184

4.1.3.2.Solución estructural de contención: Muros

a) Muro de gravedad

En el talud Llarillaco se ha modelado un muro de gravedad de 7 m de elevación desde el fondo de cimentación para verificar si logra controlar el deslizamiento, por medio del incremento del factor de seguridad de acuerdo a la norma CE.020 (MVCS, 2012), que solicita un FS superior a 1.5 y a 1.25 en condiciones estáticas y dinámicas, respectivamente.

A partir de los resultados alcanzados, se destaca que la construcción del muro de gravedad logra incrementar el factor de seguridad tanto en condiciones estáticas como dinámicas en todas las secciones del talud Llarillaco. En condiciones estáticas, el factor de seguridad ha aumentado de 5.2% (Km 11+363) hasta 126.0% (Km 11+063). Mientras que, en condiciones dinámicas, el incremento ha sido de un 3.3% (Km 11+363) hasta 71.5% (Km 11+063). Sin embargo, es importante destacar que solo las secciones del Km 11+123 al Km 11+063 del talud, que son la parte final del mismo y presentan una pendiente baja, han logrado superar el mínimo factor de seguridad estático y dinámico requerido para garantizar la estabilidad. Esto implica que únicamente esta porción del talud se encuentra en condiciones estables y seguras frente al riesgo de deslizamiento, aunque cabe recalcar que, la sección Km 11+123 a 11+083 ya eran estables en condiciones estáticas y solo requerían incrementar su estabilidad en condiciones dinámicas.

En contraste, el resto de las secciones del talud aún presentan inestabilidad tanto en condiciones estáticas como dinámicas, con factores de seguridad mínimos de 0.905 y 0.661, respectivamente. Esto significa que, a pesar de la implementación del muro de gravedad, no se puede garantizar la estabilidad del talud en su

totalidad. Es necesario tomar medidas adicionales para asegurar su estabilidad y prevenir deslizamientos.

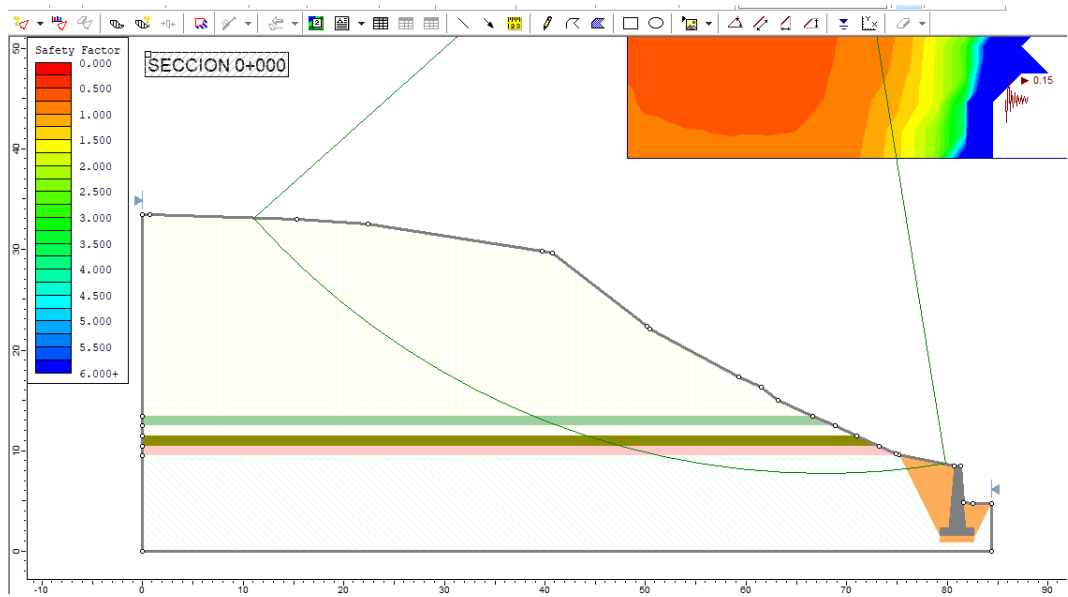
En resumen, se concluye que únicamente el 25% del talud, representado por las secciones del Kilómetro 11+123 al Kilómetro 11+063, sería estable en condiciones estáticas y dinámicas si se optara por utilizar muros de gravedad como método de protección. El resto del talud requiere de otras soluciones o técnicas adicionales para garantizar su estabilidad y seguridad. Es importante considerar estos resultados al momento de planificar y diseñar futuras medidas de protección en el talud Llarillaco.

Tabla 37

Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Muros de Gravedad

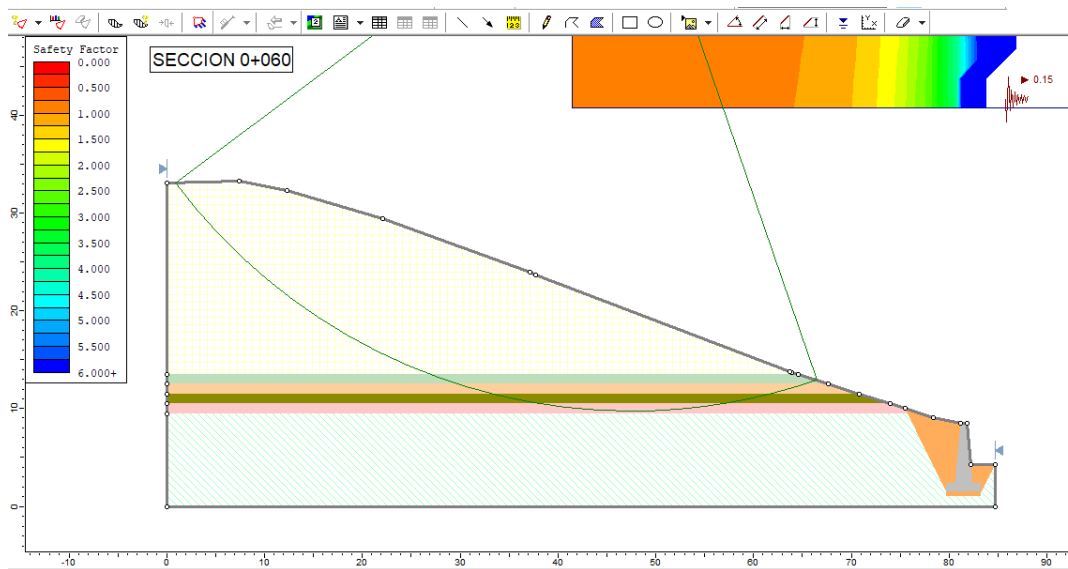
Secciones	Factor de seguridad del talud (método Fellenius)					
	Estático		Dinámico		Eficiencia	
	Natural	Muro de gravedad	Natural	Muro de gravedad	Estático	Dinámico
11+363	0.86	0.905	0.64	0.661	5.2%	3.3%
11+343	0.89	0.937	0.65	0.673	5.3%	3.6%
11+323	0.92	0.970	0.66	0.685	5.4%	3.8%
11+303	1.05	1.11	0.72	0.758	5.7%	5.3%
11+283	1.11	1.17	0.75	0.79	5.8%	5.9%
11+263	1.1	1.16	0.74	0.78	5.8%	5.7%
11+243	1.06	1.12	0.75	0.79	5.7%	5.9%
11+223	1.1	1.16	0.78	0.83	5.8%	6.5%
11+203	1.2	1.27	0.83	0.89	6.0%	7.4%
11+183	1.11	1.17	0.77	0.82	5.8%	6.3%
11+163	1.21	1.28	0.86	0.93	6.0%	7.9%
11+143	1.21	1.28	0.86	0.93	6.0%	7.9%
11+123	1.67	2.385	1.06	1.399	42.8%	32.0%
11+103	1.83	2.769	1.15	1.611	51.3%	40.1%
11+083	1.51	2.593	1.04	1.656	71.7%	59.3%
11+063	1.03	2.328	0.98	1.681	126.0%	71.5%
Máximo	1.83	2.769	1.15	1.681	51.3%	46.2%
Mínimo	0.86	0.905	0.64	0.661	5.2%	3.3%

Figura 77 Factor de Seguridad Sección 11+363, Muro de Gravedad



FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estática	0.923	0.92	0.935	0.905	0.925
Dinámica	0.672	0.682	0.673	0.661	0.679

Figura 78 Factor de Seguridad Sección 11+303, Muro de Gravedad



FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estática	1.136	1.136	1.137	1.11	1.14
Dinámica	0.777	0.78	0.77	0.758	0.778

Figura 79 Factor de Seguridad Sección 11+103, Muro de Gravedad

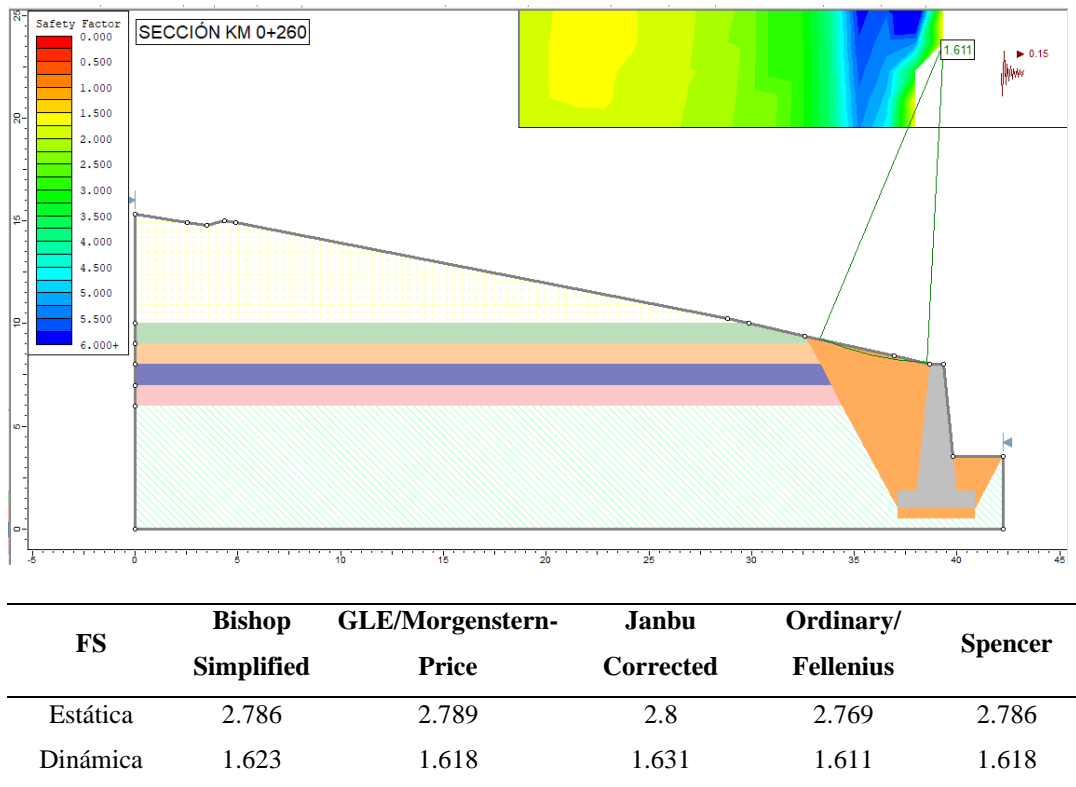
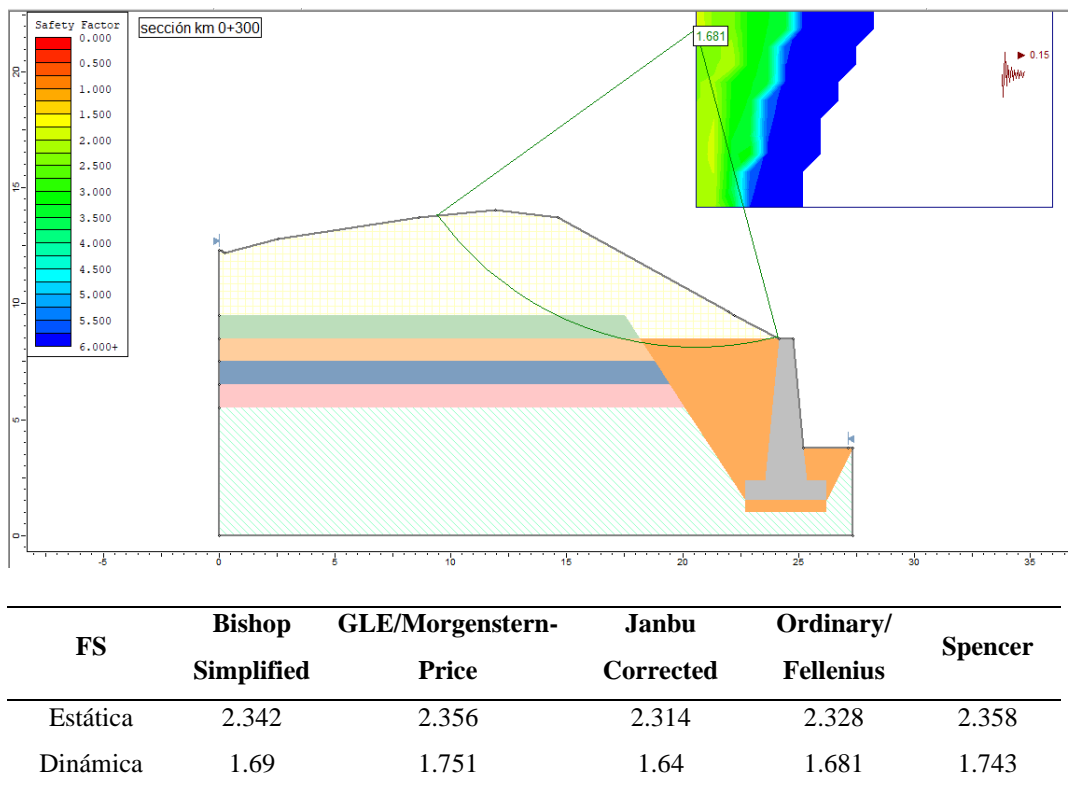


Figura 80 Factor de Seguridad Sección 11+063, Muro de Gravedad



b) Muro en voladizo

En el talud Llarillaco si se construyera un muro en voladizo , el factor de seguridad estático se incrementaría en un 3.7% (Km 11+363) a 135.3% (Km 11+063) y el factor de seguridad dinámico se incrementaría en un 1.4% (Km 11+363) a 79.2% (Km 11+063). Sin embargo, a pesar de estos incrementos considerables en los factores de seguridad del talud Llarillaco en la carretera La Palma – Chota, el análisis revela que únicamente en la el tramo comprendido entre las secciones de los kilómetros 11+123 y 11+063 se lograría superar los factores de seguridad estático (≥ 1.5) y dinámico (≥ 1.25) normados en la CE.020 (MVCS, 2012). Esto implica que el resto de las secciones del talud continuarían siendo inestables tanto en condiciones estáticas como dinámicas, lo que, generaría afectaciones en la carretera La Palma – Chota del Km 11+143 al Km11+363. Pero, además es importante destacar que las secciones del Km 11+123 al Km 11+083 que ya habían sido analizadas previamente en condiciones naturales (sin estrategias de estabilización) presentaban un factor de seguridad estático dentro del rango normado establecido por la CE.020 (MVCS, 2012), por lo tanto, en estas secciones solo se requería un aumento en el factor de seguridad dinámico para garantizar la estabilidad del talud frente a un evento sísmico, ya que, en condiciones normales el talud se mantiene estable, esto explica el acrecentamiento considerable del factor de seguridad en estas secciones, mientras que, en el resto de secciones el incremento del factor de seguridad es de tan solo 3.7% a 6.6% del factor de seguridad del talud natural, en cambio, en las secciones con factor estático natural dentro del rango normado el factor de seguridad con muro en voladizo alcanza un incremento del 43% al 135.3% en condiciones estáticas y del 32.5% al 79.2% en condiciones dinámicas, no obstante, se vuelve a recalcar que,

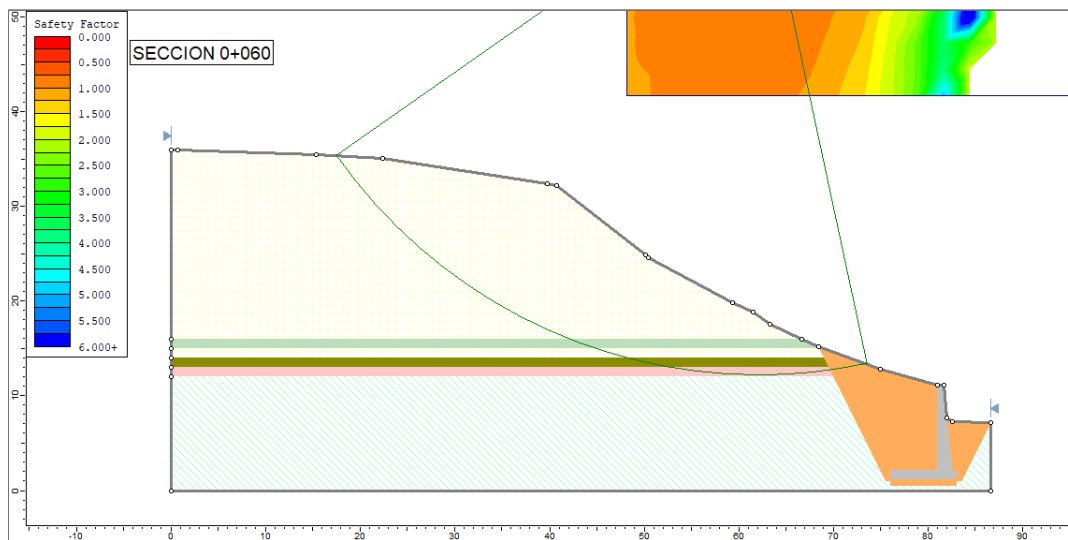
no es suficiente para cumplir con el factor estático y dinámico en todas las secciones del talud Llarillaco. Siendo así, se concluye que, a pesar de que la construcción de un muro en voladizo en el talud Llarillaco resultaría en un incremento considerable en los factores de seguridad estático y dinámico, estos no serían suficientes para controlar el deslizamiento en toda la extensión del talud; por lo que, es necesario considerar otras medidas adicionales para garantizar la estabilidad en todas las secciones del talud.

Tabla 38

Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Muros en Voladizo

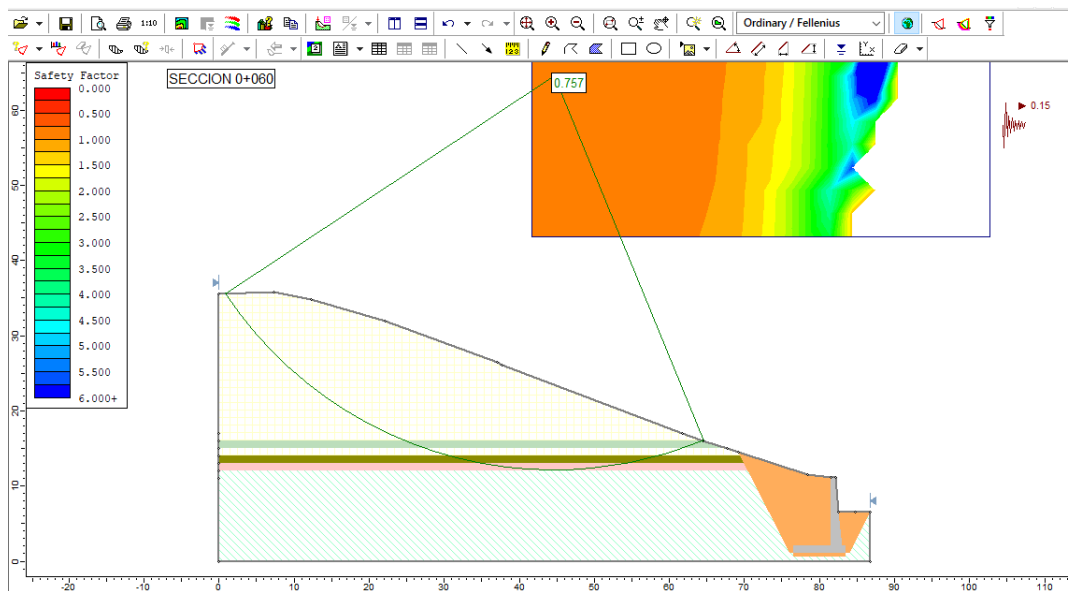
Secciones	Factor de seguridad del talud (método Fellenius)					
	Estático		Dinámico		Eficiencia	
	Natural	Muro en voladizo	Natural	Muro en voladizo	Estático	Dinámico
11+363	0.86	0.892	0.64	0.649	3.7%	1.4%
11+343	0.89	0.926	0.65	0.663	4.1%	1.9%
11+323	0.92	0.960	0.66	0.676	4.4%	2.4%
11+303	1.05	1.108	0.72	0.757	5.5%	5.1%
11+283	1.11	1.18	0.75	0.80	6.0%	6.3%
11+263	1.1	1.16	0.74	0.78	5.9%	5.9%
11+243	1.06	1.12	0.75	0.80	5.6%	6.3%
11+223	1.1	1.16	0.78	0.84	5.9%	7.4%
11+203	1.2	1.28	0.83	0.91	6.5%	9.1%
11+183	1.11	1.18	0.77	0.82	6.0%	7.1%
11+163	1.21	1.29	0.86	0.95	6.6%	10.0%
11+143	1.21	1.29	0.86	0.95	6.6%	10.0%
11+123	1.67	2.387	1.06	1.405	43.0%	32.5%
11+103	1.83	2.769	1.15	1.611	51.3%	40.1%
11+083	1.51	2.631	1.04	1.705	74.2%	63.9%
11+063	1.03	2.424	0.98	1.756	135.3%	79.2%
Máximo	1.83	2.769	1.15	1.756	135.3%	79.2%
Mínimo	0.86	0.892	0.64	0.649	3.7%	1.4%

Figura 81 Factor de Seguridad Sección 11+363, Muro en Voladizo



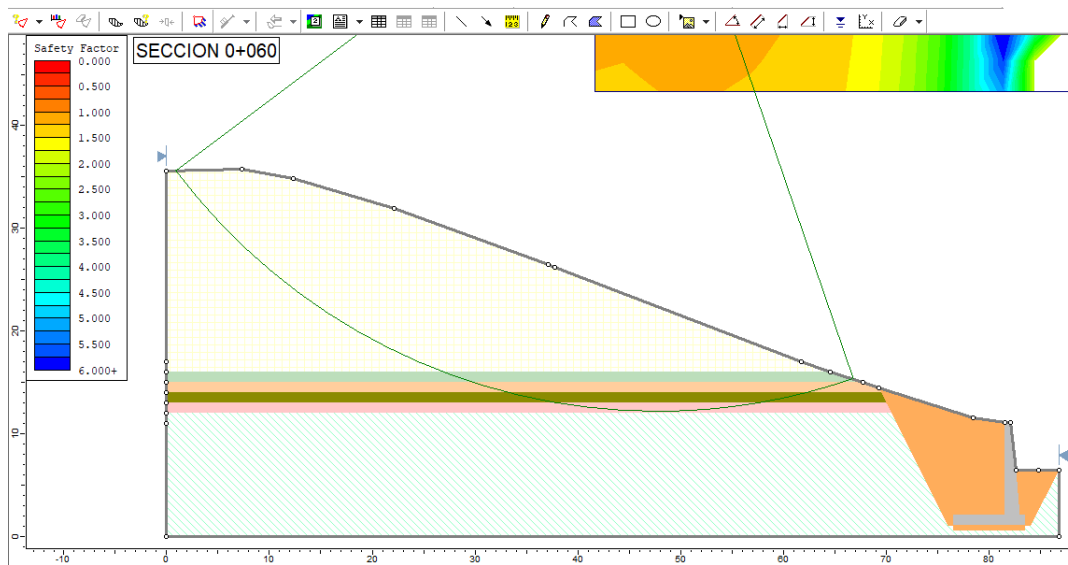
FS	Bishop Simplified	GLE/ Morgenstern- Price	Janbu Corrected	Ordinary/ Fellenius	Spencer
Estático	0.908	0.916	0.928	0.892	0.918
Dinámico	0.663	0.67	0.664	0.649	0.678

Figura 82 Factor de Seguridad Sección 11+303, Muro en Voladizo



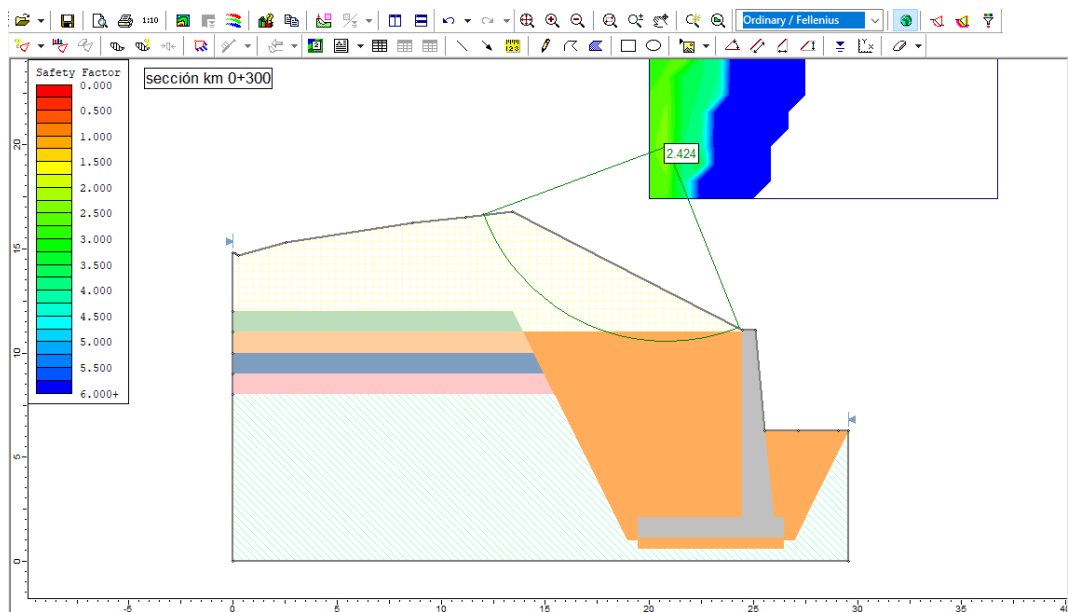
FS	Bishop Simplified	GLE/ Morgenstern- Price	Janbu Corrected	Ordinary/ Fellenius	Spencer
Estático	1.133	1.135	1.139	1.108	1.138
Dinámico	0.775	0.779	0.769	0.757	0.776

Figura 83 Factor de Seguridad Sección 11+103, Muro en Voladizo



FS	Bishop Simplified	GLE/ Morgenstern- Price	Janbu Corrected	Ordinary/ Fellenius	Spencer
Estático	2.786	2.789	2.803	2.769	2.786
Dinámico	1.623	1.618	1.631	1.611	1.618

Figura 84 Factor de Seguridad Sección 11+063, Muro en Voladizo



FS	Bishop Simplified	GLE/ Morgenstern- Price	Janbu Corrected	Ordinary/ Fellenius	Spencer
Estático	2.45	2.459	2.586	2.424	2.465
Dinámico	1.769	1.8339	1.791	1.756	1.825

c) Muro en voladizo con contrafuerte

La construcción de un muro en voladizo con contrafuerte en el talud Llarillaco de la carretera La Palma - Chota tendría un impacto positivo en la seguridad del talud debido a que, acrecienta el factor de seguridad reduciendo la probabilidad de falla. Tanto en condiciones estáticas como en condiciones dinámicas, se observa un incremento significativo en el factor de seguridad en todas las secciones en comparación al talud natural sin ninguna estrategia de control del deslizamiento. En condiciones estáticas, el factor de seguridad aumentaría en 4.9% (Km 11+363) a 471.6% (Km 11+063), siendo un acrecentamiento notablemente significativo. Esto significa que el factor de seguridad estático de la sección 11+063 con el muro en voladizo con contrafuerte es cinco veces mayor que el factor de seguridad de la sección natural sin ninguna estrategia de control de deslizamiento. Cabe destacar que la sección natural ya era relativamente estable con un factor de seguridad estático de 1.03.

En condiciones dinámicas, el factor de seguridad aumentaría de 2.7% (Km 11+363) a 306.7% (Km 11+063). Esto implica que el factor de seguridad dinámico de la sección 11+063 con el muro en voladizo con contrafuerte es tres veces mayor que el factor de seguridad de la sección natural sin ninguna estrategia de control de deslizamiento. Como el talud era inestable en condiciones dinámicas, el muro en voladizo con contrafuerte contribuye a brindar estabilidad al talud durante un evento sísmico.

Sin embargo, a pesar del notable incremento en el factor de seguridad tanto en condiciones estáticas como en condiciones dinámicas, solo se logra la estabilidad completa del talud en las secciones del Km 11+163 al Km 11+063. Desde el Km 11+183 hasta el Km 11+363, el talud aún presenta condiciones de inestabilidad

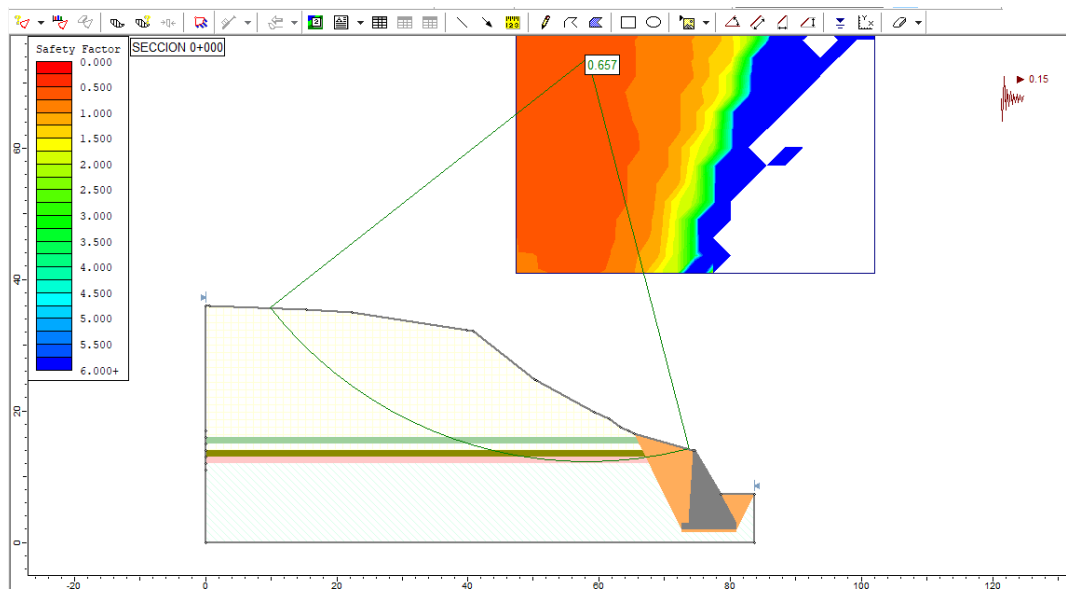
frente a eventos sísmicos, aunque tiene estabilidad relativa en condiciones estáticas. Solo en los tramos iniciales de 11+323 a 11+363, el factor de seguridad en condiciones estáticas es menor a 1, lo que significa que colapsaría frente a cualquier aumento en las cargas estáticas o desencadenantes como lluvias extremas. Por lo tanto, se requiere buscar otras estrategias de control del deslizamiento para estos tramos, a fin de que, cumplan con el factor de seguridad estático (≥ 1.5) y dinámico (≥ 1.25) de la norma CE.020 (MVCS, 2012).

Tabla 39

Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Muros en Contrafuerte

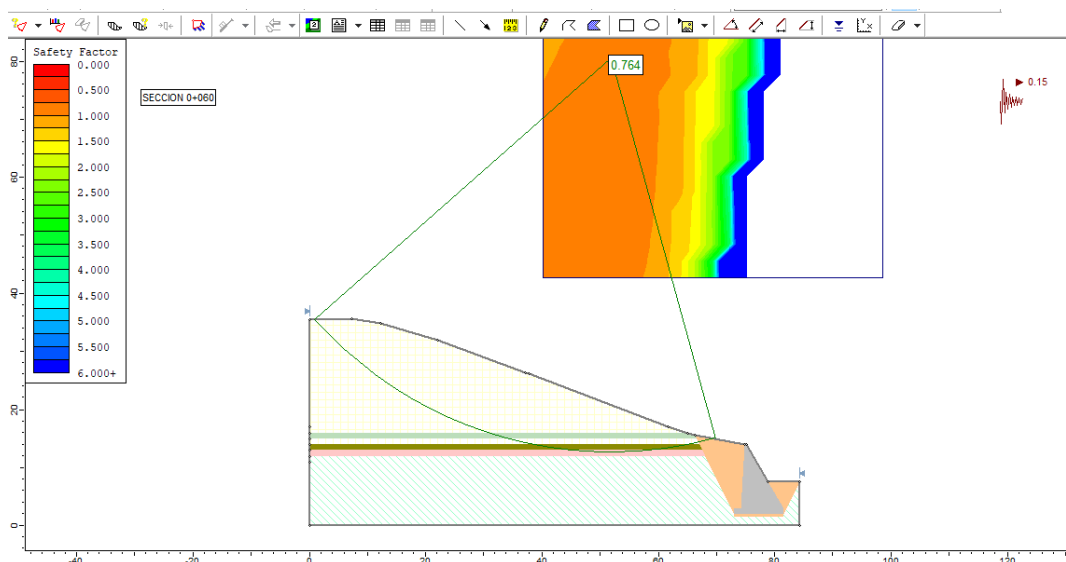
Secciones	Factor de seguridad del talud (método Fellenius)					
	Estático		Dinámico		Eficiencia	
	Natural	Muro en voladizo con contrafuerte	Natural	Muro en voladizo con contrafuerte	Estático	Dinámico
11+363	0.86	0.902	0.64	0.657	4.9%	2.7%
11+343	0.89	0.936	0.65	0.670	5.2%	3.1%
11+323	0.92	0.970	0.66	0.684	5.4%	3.6%
11+303	1.05	1.117	0.72	0.764	6.4%	6.1%
11+283	1.11	1.185	0.75	0.804	6.7%	7.2%
11+263	1.1	1.174	0.74	0.791	6.7%	6.9%
11+243	1.06	1.128	0.75	0.804	6.4%	7.2%
11+223	1.10	1.174	0.78	0.844	6.7%	8.2%
11+203	1.20	1.404	0.83	0.952	17.0%	14.7%
11+183	1.11	1.197	0.77	0.823	7.8%	6.8%
11+163	1.21	1.914	0.86	1.601	58.2%	86.2%
11+143	1.21	1.914	0.86	1.601	58.2%	86.2%
11+123	1.67	2.611	1.06	1.629	56.3%	53.7%
11+103	1.83	2.853	1.15	1.642	55.9%	42.8%
11+083	1.51	4.067	1.04	3.159	169.3%	203.7%
11+063	1.03	5.887	0.98	3.986	471.6%	306.7%
Máximo	1.83	5.887	1.15	3.986	471.6%	306.7%
Mínimo	0.86	0.902	0.64	0.657	4.9%	2.7%

Figura 85 Factor de Seguridad Sección 11+363, Muro en Contrafuerte



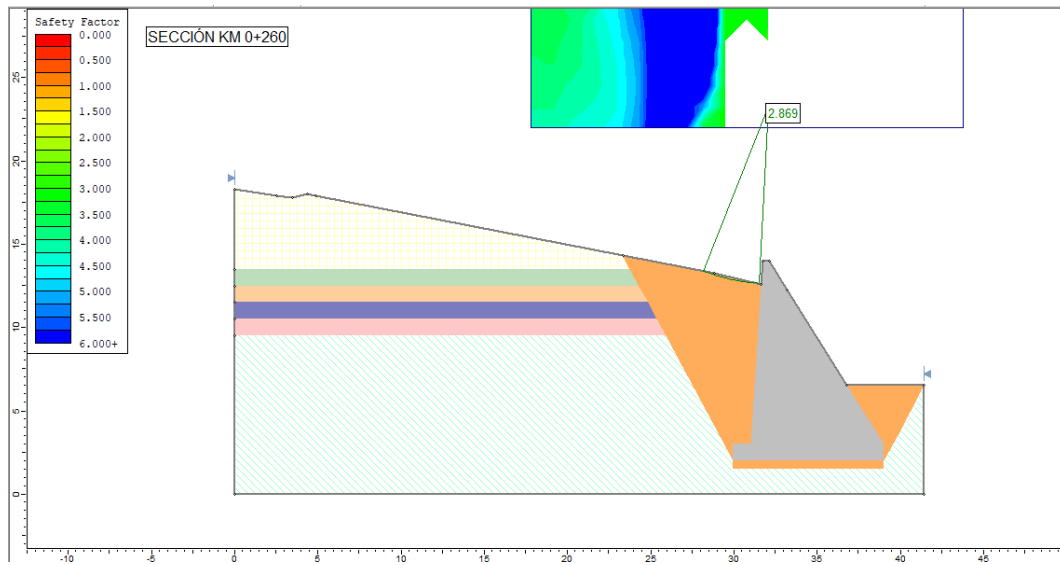
FS	Bishop Simplified	GLE/ Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/ Fellenius	Spencer
Estático	0.929	0.939	0.946	0.902	0.945
Dinámico	0.674	0.688	0.675	0.657	0.704

Figura 86 Factor de Seguridad Sección 11+303, Muro en Contrafuerte



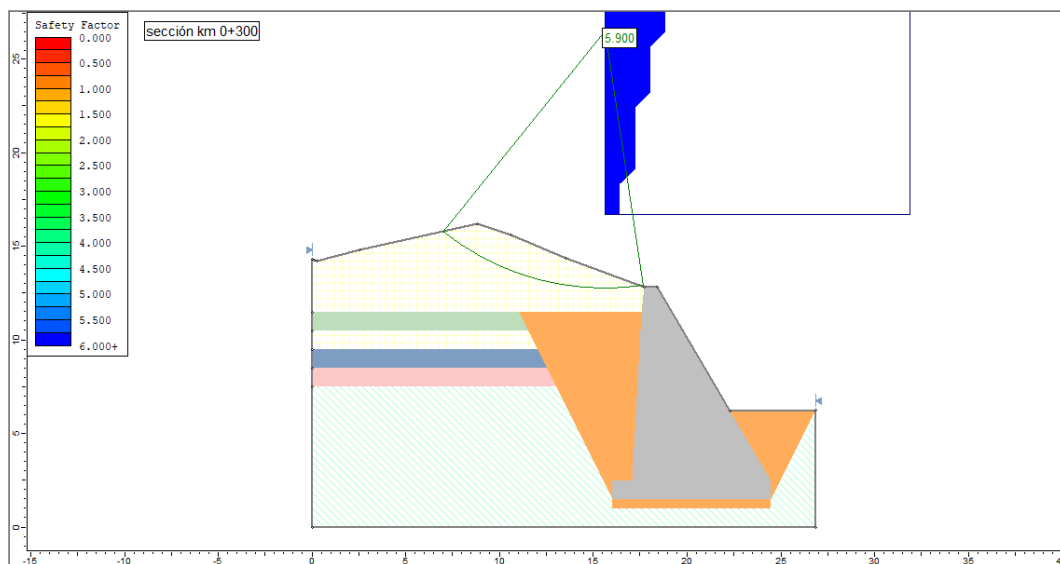
FS	Bishop Simplified	GLE/ Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/ Fellenius	Spencer
Estático	1.141	1.143	1.151	1.117	1.146
Dinámico	0.779	0.779	0.782	0.764	0.788

Figura 87 Factor de Seguridad Sección 11+103, Muro en Contrafuerte



FS	Bishop Simplified	GLE/ Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/ Fellenius	Spencer
Estático	2.869	2.869	2.887	2.853	2.872
Dinámico	1.652	1.649	1.661	1.642	1.649

Figura 88 Factor de Seguridad Sección 11+063, Muro en Contrafuerte



FS	Bishop Simplified	GLE/ Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/ Fellenius	Spencer
Estático	5.9	5.899	5.745	5.887	5.899
Dinámico	3.996	3.995	3.858	3.986	3.995

d) Muro de tierra reforzada

Si en el talud Llarillaco se construyera un muro de tierra reforzada este coadyuvaría a acrecentar su estabilidad estática y dinámica, alcanzando un incremento de 9.1% a 474.0% del factor de seguridad estático respecto al talud natural, siendo la sección km 11+063 la que, logra el mayor aumento en el FS, debido a que, su pendiente y elevación son menores lo que, ha llevado a que, el muro cubra en su totalidad al talud, mientras que, en las secciones iniciales que, es donde se presenta menor factor de seguridad la pendiente abrupta del tramo, y las condiciones geométricas no permiten que el muro de tierra reforzada cubra en un solo tramo al talud, lo que, ha llevado a que, a pesar del aumento del factor de seguridad, continúe este sin cumplir con superar el FS de 1.50 en condiciones estáticas y 1.25 en condiciones dinámicas según la norma CE.020 (MVCS, 2012). En otras palabras, aun cuando el FS del talud con muros de tierra reforzada es hasta seis veces el FS del talud natural en la sección Km 11+063, hay secciones en las que, no logra alcanzar el FS mínimo en condiciones estáticas. En condiciones dinámicas, frente a eventos sísmicos, el factor de seguridad también se incrementa al construir en el talud un muro de tierra reforzada, este incremento va de 1.3% para el Km 11+363 a 302.4% para el Km 11+063.

En el talud Llarillaco con la construcción de un muro de tierra reforzada se logra la estabilidad de las secciones de Km 11+163 a Km 11+063, mientras que, en las secciones Km 11+303 a Km 11+183 el talud es relativamente estable es decir aparentemente está en condición de estabilidad debido a que, su FS es mayor a 1.00, pero cualquier acción externa puede perturbar el talud llevándolo a su deslizamiento, en cambio, de la sección de Km 11+323 al Km 11+363 el factor de seguridad es menor a 1.00 por ende la condición es más crítica es decir el talud es

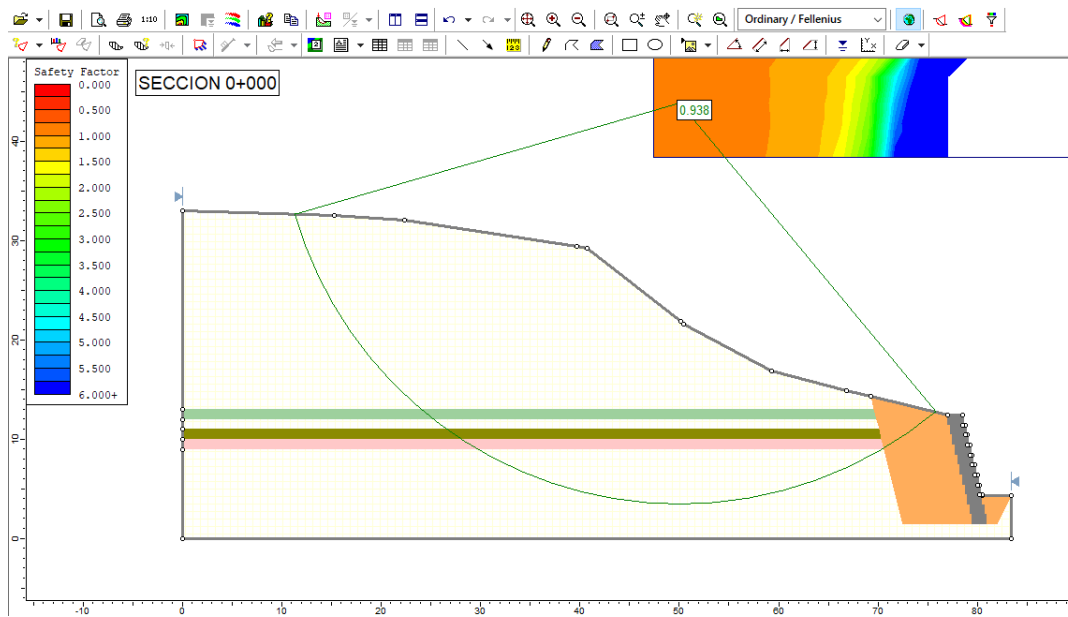
inestable tanto en condición estática como dinámica, y podría colapsar con el mínimo cambio o incremento de carga estática, como por ejemplo, precipitaciones pluviales extremas, lo que, explica los eventos de deslizamiento pasados, que han coincidido con la época de lluvia según reportes locales (Gobierno Regional de Cajamarca, 2013). Por tanto, ante los resultados, es recomendable buscar otra estrategia de contención de deslizamiento que, logre garantizar la estabilidad del talud en las secciones iniciales del Km 11+323 al Km 11+363 de la carretera La Palma – Chota en el talud Llarillaco.

Tabla 40

Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Muros de Tierra Reforzada

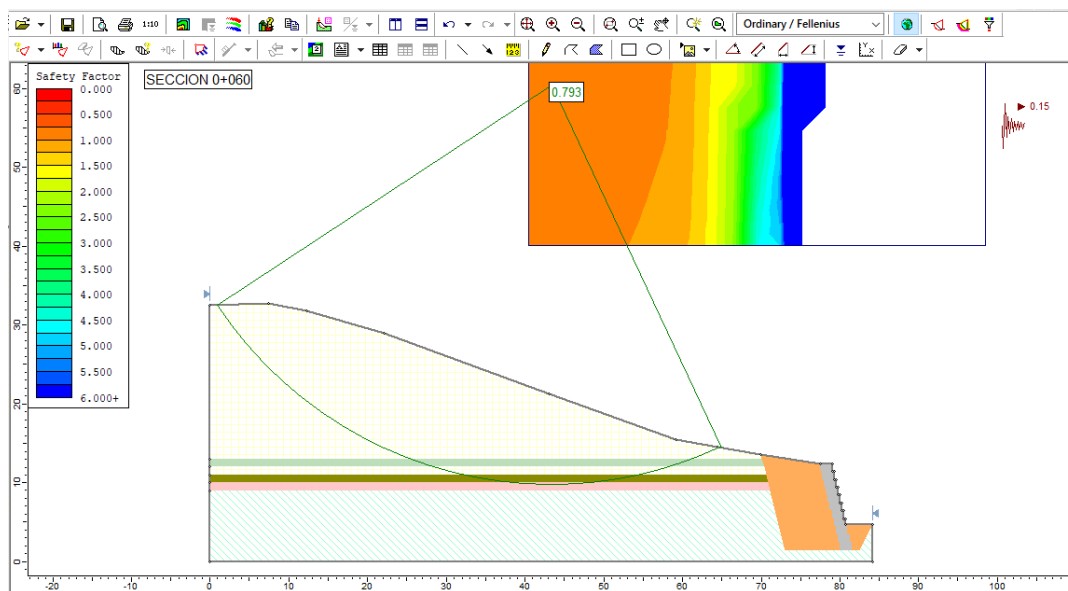
Secciones	Factor de seguridad del talud (método Fellenius)					
	Estático		Dinámico		Eficiencia	
	Natural	Muro de tierra reforzada	Natural	Muro de tierra reforzada	Estático	Dinámico
11+363	0.86	0.938	0.64	0.648	9.1%	1.3%
11+343	0.89	0.975	0.65	0.666	9.6%	2.5%
11+323	0.92	1.013	0.66	0.684	10.1%	3.7%
11+303	1.05	1.175	0.72	0.793	11.9%	10.1%
11+283	1.11	1.250	0.75	0.847	12.6%	13.0%
11+263	1.1	1.237	0.74	0.829	12.5%	12.1%
11+243	1.06	1.187	0.75	0.847	12.0%	13.0%
11+223	1.10	1.237	0.78	0.902	12.5%	15.6%
11+203	1.20	1.391	0.83	0.975	15.9%	17.5%
11+183	1.11	1.253	0.77	0.887	12.9%	15.2%
11+163	1.21	1.885	0.86	1.612	55.8%	87.5%
11+143	1.21	1.885	0.86	1.612	55.8%	87.5%
11+123	1.67	2.237	1.06	1.498	34.0%	41.3%
11+103	1.83	2.36	1.15	1.447	29.0%	25.8%
11+083	1.51	3.781	1.04	3.063	150.4%	194.5%
11+063	1.03	5.912	0.98	3.944	474.0%	302.4%
Máximo	1.83	5.912	1.15	3.944	474.0%	302.4%
Mínimo	0.86	0.938	0.64	0.648	9.1%	1.3%

Figura 89 Factor de Seguridad Sección 11+363, Muro de Tierra Reforzada



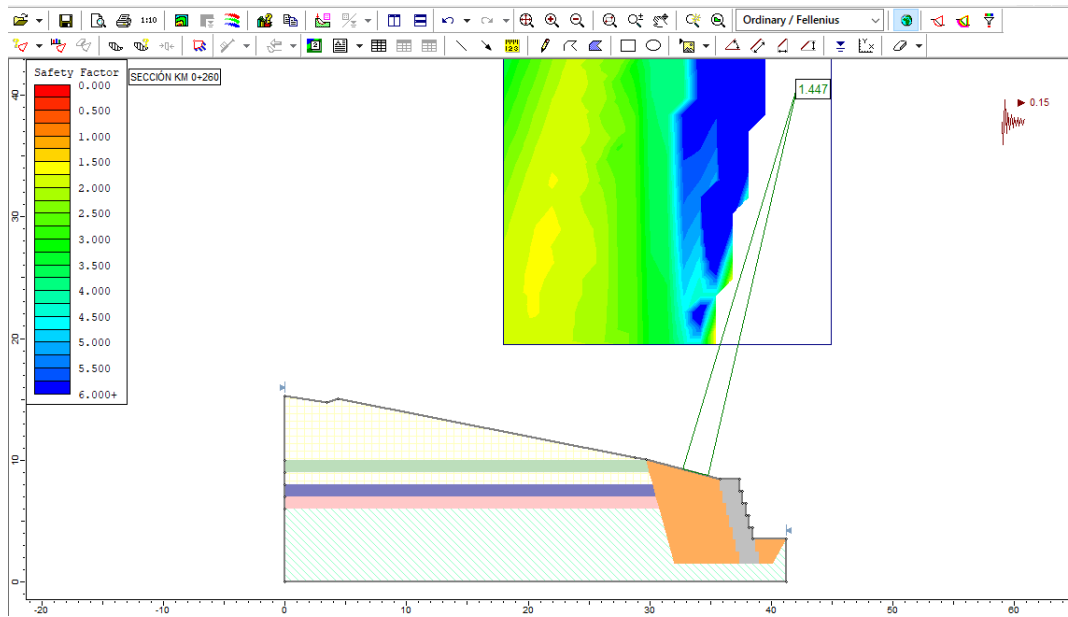
FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	0.999	1.001	1.003	0.938	1.014
Dinámico	0.697	0.706	0.685	0.648	0.726

Figura 90 Factor de Seguridad Sección 11+303, Muro de Tierra Reforzada



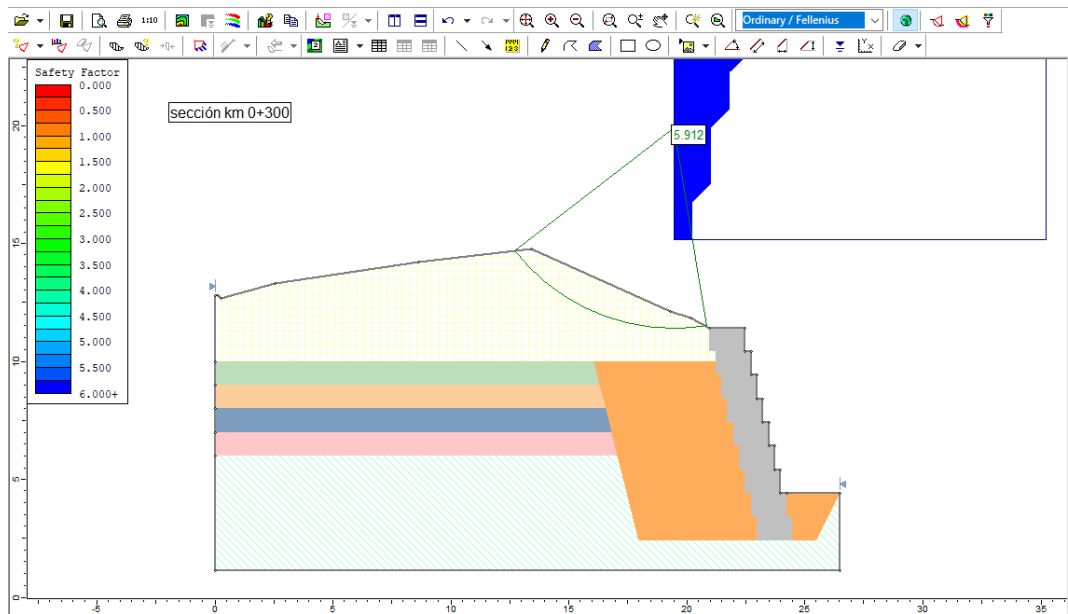
FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	1.212	1.219	1.206	1.175	1.214
Dinámico	0.819	0.821	0.804	0.793	0.823

Figura 91 Factor de Seguridad Sección 11+103, Muro de Tierra Reforzada



FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	2.63	2.36	2.366	2.36	2.36
Dinámico	1.447	1.447	1.45	1.447	1.447

Figura 92 Factor de Seguridad Sección 11+063, Muro de Tierra Reforzada



FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	5.926	5.92	5.719	5.912	5.927
Dinámico	3.95	3.953	3.859	3.944	3.95

4.1.3.3.Solución estructural de acción: Anclajes

El resultado obtenido demuestra claramente que la instalación de anclajes en el talud Llarillaco mejoraría considerablemente su estabilidad. Los factores de seguridad estáticos han experimentado un aumento significativo, oscilando entre el 37.2% y el 190.0%. Esto indica que el talud ahora es mucho más resistente y menos propenso a sufrir deslizamientos o colapsos en condiciones estáticas. De manera similar, los factores de seguridad dinámicos también han mostrado una mejora importante, con incrementos que van desde el 25.5% hasta el 101.9%. Esto implica que el talud es más capaz de resistir y amortiguar los efectos de eventos sísmicos, lo que es especialmente relevante a pesar de que la zona no sea propensa a terremotos recurrentes, pero que, en los últimos años se han ido incrementando. Este resultado es favorable, ya que demuestra que la instalación de anclajes fortalecerá de manera efectiva la estabilidad del talud Llarillaco.

Además, el hecho de que el incremento en los factores de seguridad sea uniforme en todas las secciones del talud indica que los anclajes son eficientes en mejorar la estabilidad en todo el terreno. Esto es particularmente valioso, ya que asegura que no existen puntos débiles en el talud y que su estabilidad está garantizada en cualquier área. Así mismo, es importante resaltar que la sección 11+363 presenta el mayor incremento en el factor de seguridad, tanto en condiciones estáticas como dinámicas. Esto se debe a que se han diseñado anclajes con un mayor número de torones, lo que brinda una mayor capacidad resistente.

Por otro lado, la sección del talud (Km 11+103) que ya se encontraba en equilibrio en condiciones estáticas ha recibido anclajes con menos capacidad mecánica, lo que resulta en un menor incremento en el factor de seguridad, tanto en estado estático como dinámico. Sin embargo, es importante destacar que en todos los

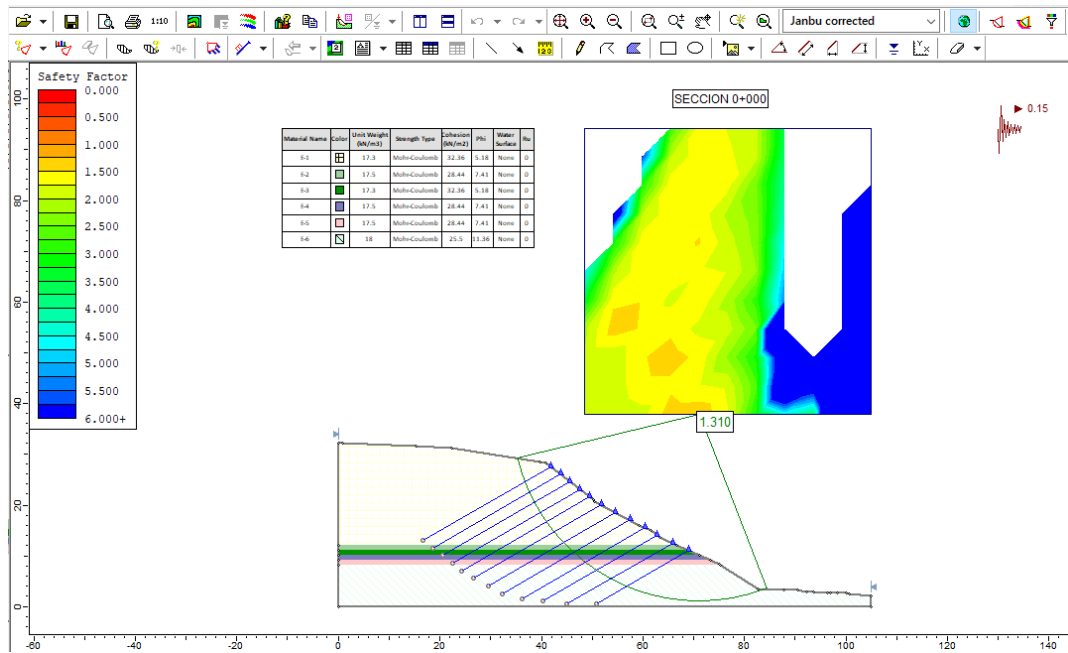
casos los factores de seguridad superan los umbrales mínimos establecidos por la norma CE.020 (MVCS, 2012), lo que garantiza la estabilidad del talud Llarillaco. En resumen, los anclajes proporcionan al talud Llarillaco una capacidad mecánica y condiciones de resistencia óptimas frente a cargas estáticas y eventos sísmicos. En todos los casos, el factor de seguridad con anclajes es dos a tres veces mayor que el factor de seguridad estático del talud natural, y uno y medio a dos veces mayor que el factor de seguridad dinámico del talud natural. Esto confirma la eficacia de los anclajes en asegurar la estabilidad del talud.

Tabla 41

Factor de Seguridad del Talud Llarillaco con Anclajes

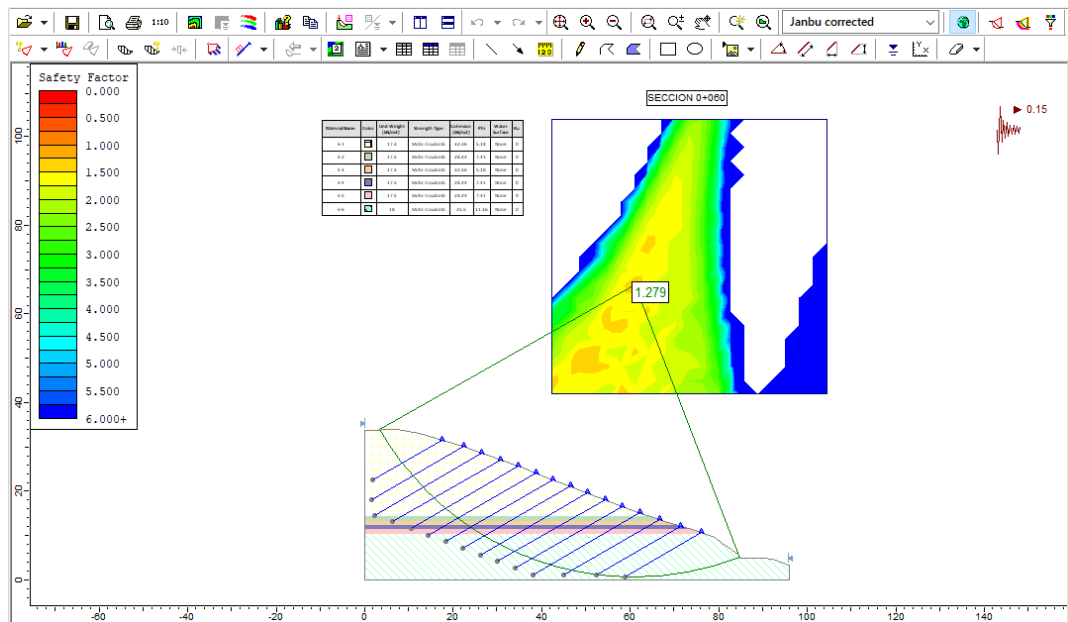
Secciones	Factor de seguridad del talud (método Fellenius)				Eficiencia	
	Estático		Dinámico		Estático	Dinámico
	Natural	Anclajes	Natural	Anclajes		
11+363	0.86	2.494	0.64	1.292	190.0%	101.9%
11+343	0.89	2.494	0.65	1.296	180.2%	99.4%
11+323	0.92	2.494	0.66	1.300	171.1%	97.0%
11+303	1.05	2.494	0.72	1.324	137.5%	83.9%
11+283	1.11	2.494	0.75	1.336	124.7%	78.1%
11+263	1.1	2.494	0.74	1.332	126.7%	80.0%
11+243	1.06	2.494	0.75	1.336	135.3%	78.1%
11+223	1.10	2.494	0.78	1.348	126.7%	72.8%
11+203	1.20	2.496	0.83	1.361	108.0%	64.0%
11+183	1.11	2.494	0.77	1.345	124.7%	74.7%
11+163	1.21	2.442	0.86	1.367	101.8%	59.0%
11+143	1.21	2.442	0.86	1.367	101.8%	59.0%
11+123	1.67	2.492	1.06	1.420	49.2%	33.9%
11+103	1.83	2.510	1.15	1.443	37.2%	25.5%
11+083	1.51	2.284	1.04	1.411	51.2%	35.7%
11+063	1.03	1.944	0.98	1.394	88.7%	42.2%
Máximo	1.83	2.51	1.15	1.443	190.0%	101.9%
Mínimo	0.86	1.944	0.64	1.292	37.2%	25.5%

Figura 93 Factor de Seguridad Sección 11+363, Anclajes



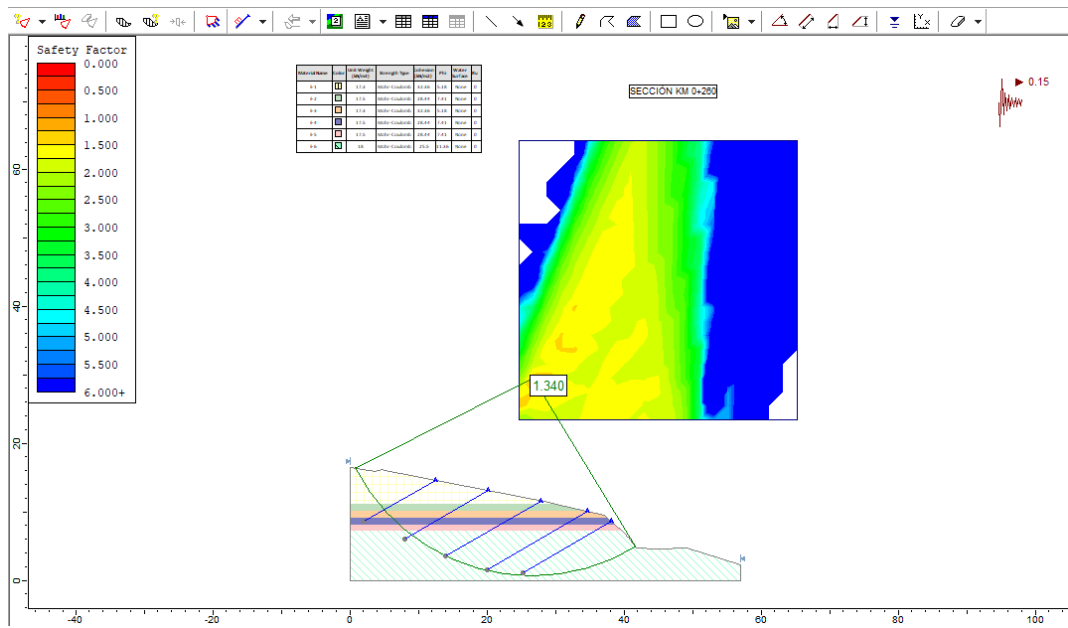
FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	2.562	2.561	7.706	2.494	2.561
Dinámico	1.332	1.329	1.3	1.292	1.333

Figura 94 Factor de Seguridad Sección 11+303, Anclajes



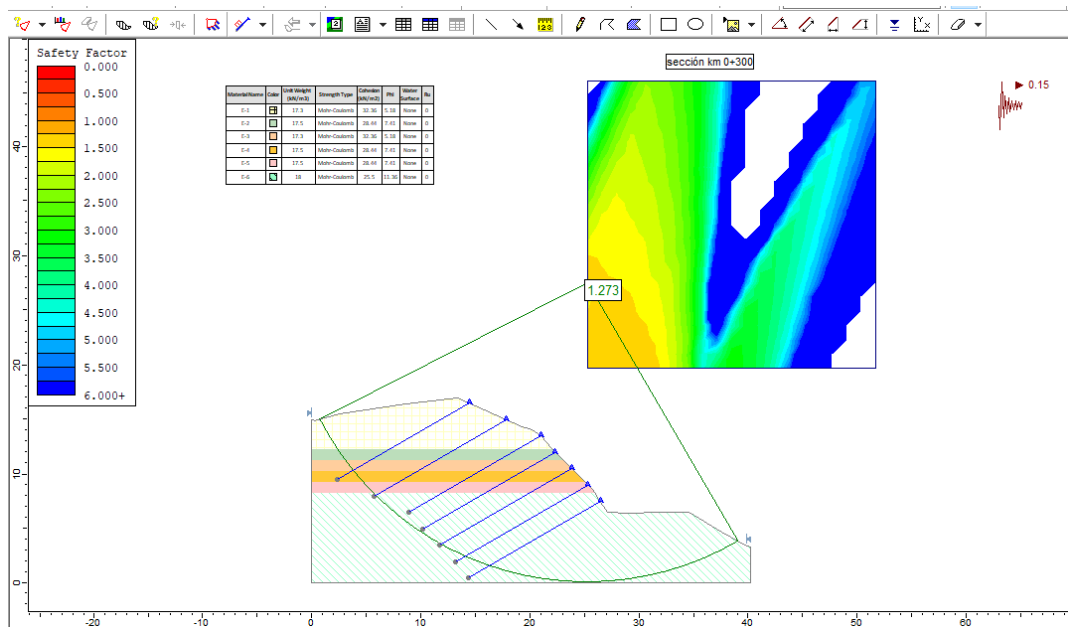
FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	2.2494	2.633	2.093	2.494	2.63
Dinámico	1.358	1.367	1.279	1.324	1.368

Figura 95 Factor de Seguridad Sección 11+103, Anclajes



FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	2.635	2.636	2.542	2.51	2.636
Dinámico	1.516	1.519	1.442	1.443	1.524

Figura 96 Factor de Seguridad Sección 11+063, Anclajes



FS	Bishop Simplified	GLE/Morgenstern-Price	Janbu Corrected	Ordinary/Fellenius	Spencer
Estático	2.04	2.033	1.849	1.944	2.037
Dinámico	1.46	1.46	1.369	1.394	1.461

4.1.4. Comparar la efectividad de las estrategias de control del deslizamiento en el talud Llarillaco

Las estrategias de control del deslizamiento modeladas en el talud Llarillaco en todos los casos han incrementado el factor de seguridad estático y dinámico, a excepción del cambio geométrico con banquetas que, en condiciones estáticas en algunos casos terminaba generando que se incrementará la inestabilidad del talud, reduciendo el factor de seguridad estático, pero la sección del Km 11+103 al Km 11+063 se logra controlar solamente con el corte del talud, por tanto, no se requiere otra propuesta de contención, con tan solo cortar el talud con pendiente 1:1 ya se lograría la estabilidad del talud en ese tramo.

De los muros de contención, estos se han diseñado según los lineamientos de la norma CE.020 (MVCS, 2012), tomando en cuenta las alturas máximas recomendadas por la normatividad, siendo así el muro de gravedad cuya altura sin contar el nivel de cimentación no puede ser mayor a 5 m, logra aumentar el factor de seguridad en los tramos inestables hasta en 6%, sin embargo, otro tipo de muros presentan un mayor incremento de los factores de seguridad. El muro en voladizo cuya elevación no puede superar los 10 m de altura, logra un aumento del factor de seguridad en los tramos inestables de hasta 6.6%, pero no es suficiente para lograr su estabilidad, es decir no supera el factor de seguridad mínimo. El muro en contrafuerte cuya elevación puede superar los 10 m de altura, se ha planteado para la elevación máxima de los tramos finales, considerando que, si bien los tramos iniciales tienen alturas superiores el talud es tendido, por tanto, de nada serviría que el muro sea más alto, ya que el deslizamiento se seguiría dando en la parte superior, esto es reforzado por Laurente (2023) quien argumenta que, un muro de contención no ayuda a evitar el deslizamiento, sino a controlar su avance

cuando este sucede, por tanto, existe el riesgo de que, el deslizamiento sea mayor al proyectado y cubra al muro o pase por encima de este, tal como, se ha verificado con el modelamiento en los tramos iniciales del Km 11+323 al Km 11+363. El muro de tierra reforzada es el sistema más eficiente de los muros diseñados, esto se debe a que, puede tener la elevación que el proyecto lo requiera, se acomoda a la geometría del talud, y además su sistema combinado de suelo reforzamiento lo hace un método más sostenible según Avilés (2014), no obstante, existen tramos donde este no es suficiente para lograr la estabilidad del talud, esto se debe a que, para no diferir con el diseño de los otros muros se ha planteado el diseño del mismo en un solo nivel escalonado, pero también se podría diseñar como un sistema de banquetas en varios niveles, pero ello implicaría la combinación de dos métodos (banquetas + muro de tierra reforzada), y como el objetivo del estudio era su análisis de forma individual, no se ha tomado en cuenta dicha propuesta, pero se deja como recomendación para probar su eficiencia en futuros estudios. Siendo así, aun cuando los muros de contención incrementan los factores de seguridad debido a que resisten las cargas actuantes, no logran contener el deslizamiento, por lo que, frente a un evento sísmico, el talud colapsaría.

En cambio, los anclajes logran incrementar tanto el factor estático como el factor dinámico en todos los tramos y secciones del talud Llarillaco, pero no solo incrementan los factores de seguridad, sino que, consiguen que estos cumplan con superar el 1.5 y 1.25 en condiciones estáticas y dinámicas, recomendado por la norma CE.020 (MVCS, 2012), por tanto, este método es eficiente en el control del deslizamiento del talud Llarillaco.

Por tanto, al comparar la efectividad de las estrategias (cambio de la geometría, solución estructural de contención, solución estructural de acción) en el control

de deslizamientos, se ha demostrado que si bien hay secciones donde el muro de tierra reforzada, muro de contrafuerte, muro en voladizo e incluso el muro en gravedad logra mayor eficiencia que, el anclaje, este en promedio se mantiene en todas las secciones, mientras que, las otras estrategias decaen en eficiencia, por lo que, en promedio su eficiencia se reduce considerablemente, así mismo, hay que considerar que, los anclajes están diseñados según el esfuerzo que requieran es decir en aquellas secciones donde la eficiencia es mayor para los muros de contención se debe a que, el anclaje fue diseñado para resistir un menor esfuerzo considerando que, el factor de seguridad estático ya cumplía con la norma CE.020 (MVCS, 2012), siendo así, se concluye que, la estrategia “anclajes” es efectiva en el control del deslizamiento del talud Llarillaco en la carretera La Palma – Chota. Finalmente, se recalca que, de la sección km 11+103 al km 11+063, si bien existe la probabilidad de deslizamiento en condiciones dinámicas, este se puede controlar con el corte del talud 1:1 según recomienda el MTC (2014), mientras que, de la sección km 11+123 al km 11+363, se necesita aplicar otras estrategias de control de deslizamientos, siendo el tramo más crítico los primeros 40 m, del Km 11+323 al Km 11+363, donde no se puede controlar el deslizamiento con la construcción de ningún tipo de muro, y al plantear banquetas lejos de aumentar el factor de seguridad este decrece, por tanto en dicha sección la única propuesta efectiva es la colocación de anclajes, no obstante, para futuros análisis se puede combinar diferentes estrategias de control de deslizamiento, a fin de verificar si la combinación de ambas logra un mejor control que los anclajes, pero para el caso del estudio, se ha demostrado que analizando cada estrategia de control por separado los anclajes son el método de control de taludes más efectivo para el talud Llarillaco en la carretera La Palma – Chota.

Figura 97 Factor de Seguridad Estático y Dinámico del Talud Llarillaco con Estrategias de Control del Deslizamiento

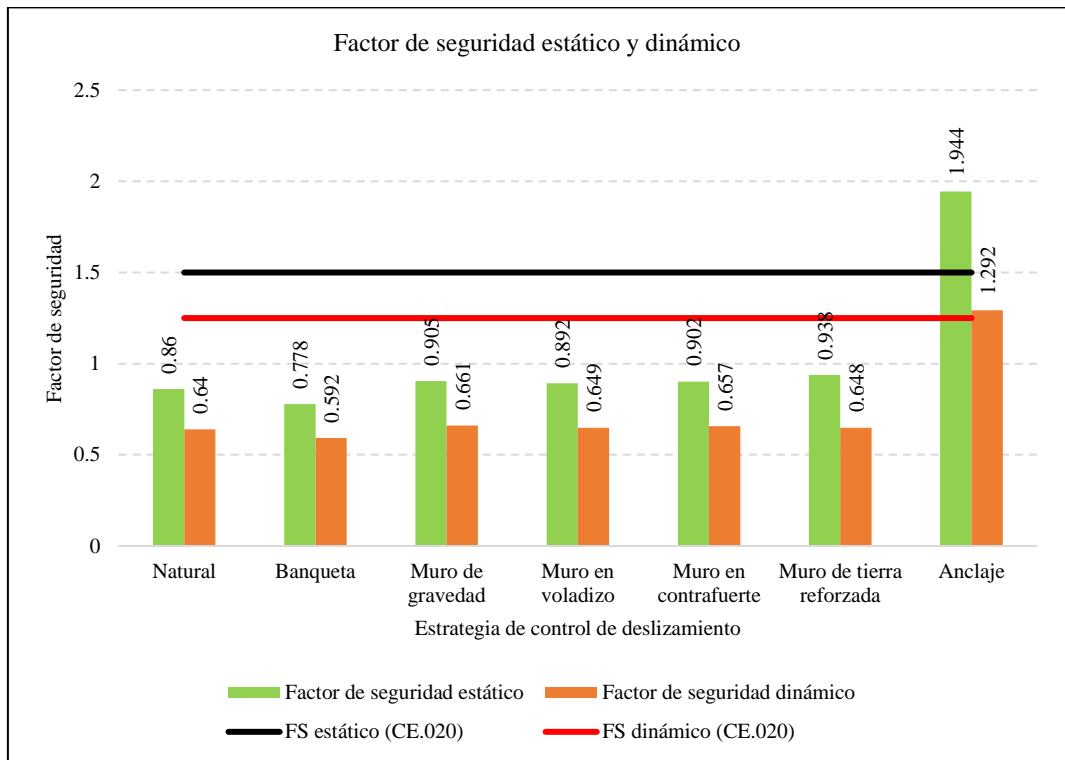


Figura 98 Eficiencia de las Estrategias de Control del Deslizamiento en el Talud Llarillaco

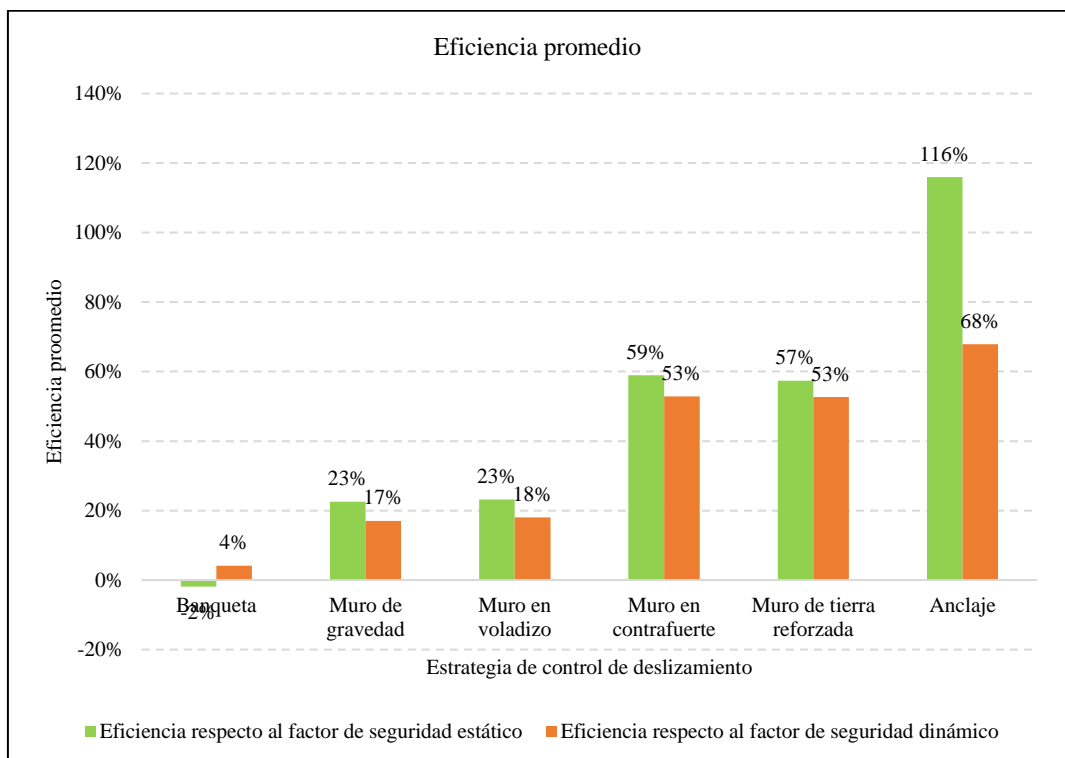


Figura 99 Factor de Seguridad Estático del Talud Llarillaco con Estrategias de Control del Deslizamiento

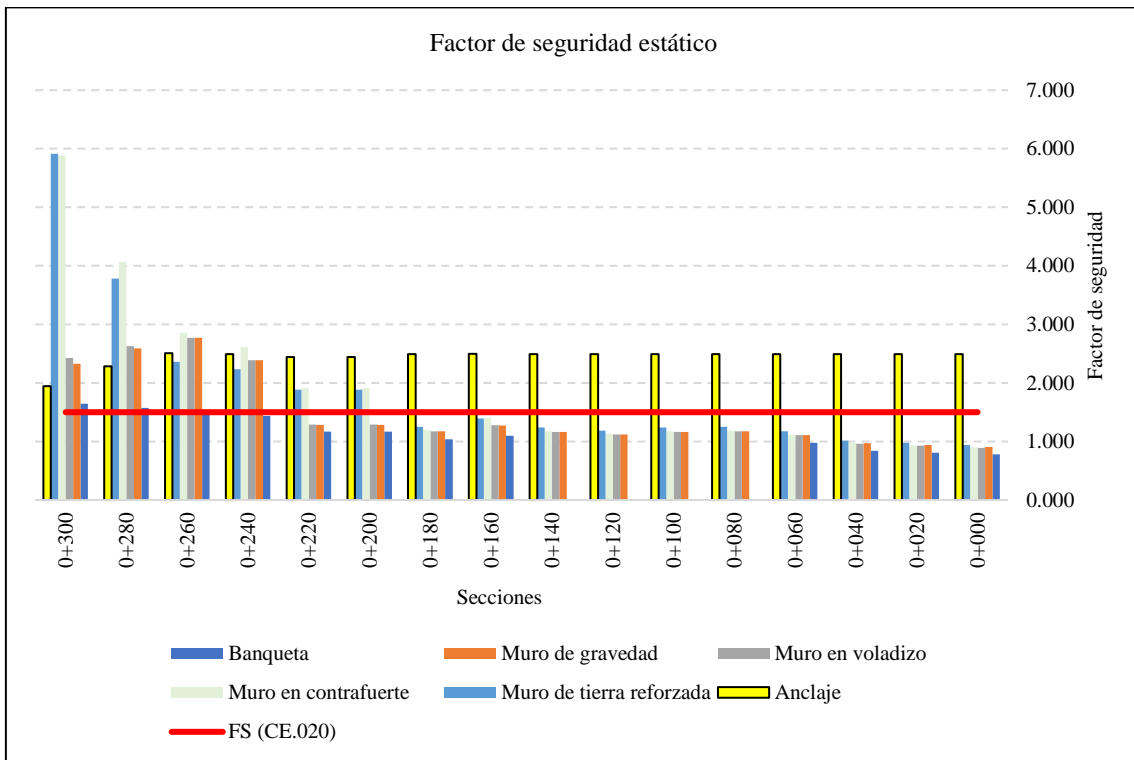


Figura 100 Factor de Seguridad Dinámico del Talud Llarillaco con Estrategias de Control del Deslizamiento

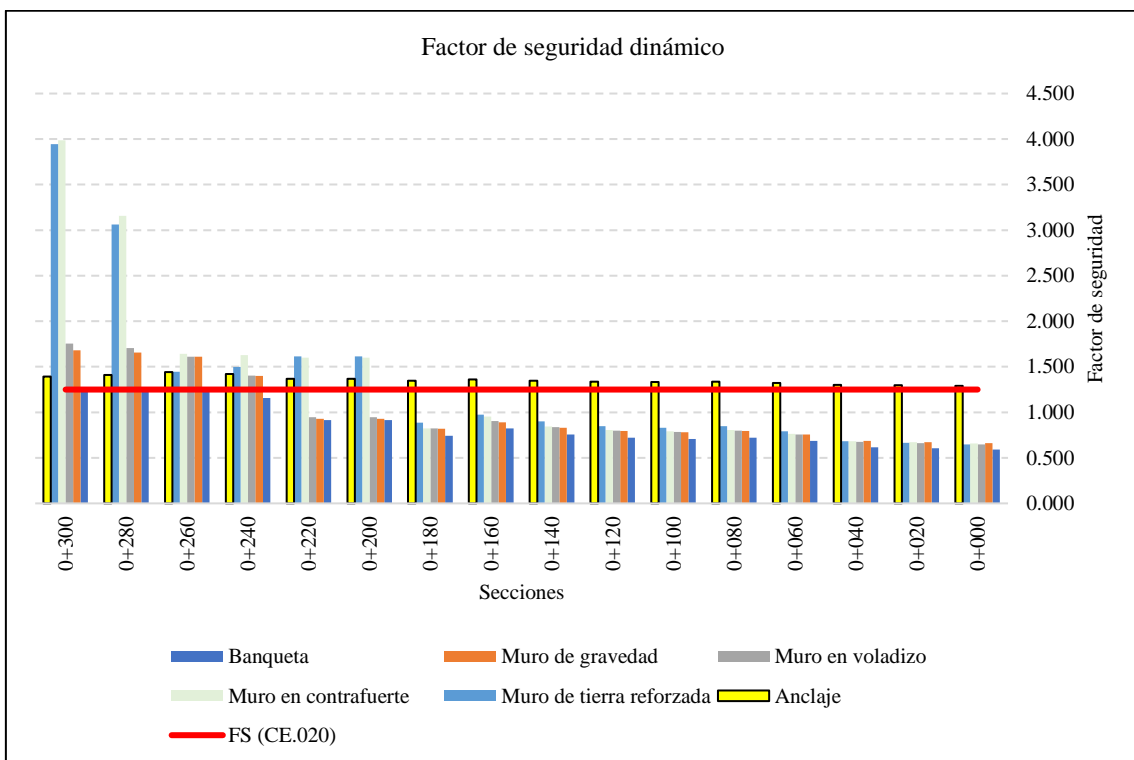


Tabla 42

*Factor de Seguridad Estático de las Estrategias de Control del Deslizamiento
del Talud Llarillaco*

Secciones	Factor de seguridad estático						Anclaje
	Natural	Banqueta	Muro de gravedad	Muro en voladizo	Muro en contrafuerte	Muro de tierra reforzada	
11+363	0.86	0.778	0.905	0.892	0.902	0.938	2.494
11+343	0.89	0.809	0.937	0.926	0.936	0.975	2.494
11+323	0.92	0.841	0.970	0.960	0.970	1.013	2.494
11+303	1.05	0.976	1.110	1.108	1.117	1.175	2.494
11+283	1.11		1.175	1.176	1.185	1.250	2.494
11+263	1.1		1.164	1.165	1.174	1.237	2.494
11+243	1.06		1.121	1.119	1.128	1.187	2.494
11+223	1.1		1.164	1.165	1.174	1.237	2.494
11+203	1.2	1.097	1.272	1.279	1.404	1.391	2.496
11+183	1.11	1.035	1.175	1.176	1.197	1.253	2.494
11+163	1.21	1.170	1.283	1.290	1.914	1.885	2.442
11+143	1.21	1.170	1.283	1.290	1.914	1.885	2.442
11+123	1.67	1.436	2.385	2.387	2.611	2.237	2.492
11+103	1.83	1.528	2.769	2.769	2.853	2.360	2.510
11+083	1.51	1.576	2.593	2.631	4.067	3.781	2.284
11+063	1.03	1.647	2.328	2.424	5.887	5.912	1.944
Máximo	1.83	1.647	2.769	2.769	5.887	5.912	2.51
Mínimo	0.86	0.778	0.905	0.892	0.902	0.938	1.944

Tabla 43*Factor de Seguridad Dinámico de las Estrategias de Control del Deslizamiento**del Talud Llarillaco*

Secciones	Factor de seguridad dinámico						Anclaje
	Natural	Banqueta	Muro de gravedad	Muro en voladizo	Muro en contrafuerte	Muro de tierra reforzada	
11+363	0.64	0.592	0.661	0.649	0.657	0.648	1.292
11+343	0.65	0.604	0.673	0.663	0.670	0.666	1.296
11+323	0.66	0.615	0.685	0.676	0.684	0.684	1.300
11+303	0.72	0.685	0.758	0.757	0.764	0.793	1.324
11+283	0.75	0.720	0.794	0.798	0.804	0.847	1.336
11+263	0.74	0.708	0.782	0.784	0.791	0.829	1.332
11+243	0.75	0.720	0.794	0.798	0.804	0.847	1.336
11+223	0.78	0.755	0.831	0.838	0.844	0.902	1.348
11+203	0.83	0.824	0.891	0.906	0.952	0.975	1.361
11+183	0.77	0.741	0.819	0.825	0.823	0.887	1.345
11+163	0.86	0.913	0.928	0.946	1.601	1.612	1.367
11+143	0.86	0.913	0.928	0.946	1.601	1.612	1.367
11+123	1.06	1.157	1.399	1.405	1.629	1.498	1.420
11+103	1.15	1.267	1.611	1.611	1.642	1.447	1.443
11+083	1.04	1.257	1.656	1.705	3.159	3.063	1.411
11+063	0.98	1.252	1.681	1.756	3.986	3.944	1.394
Máximo	1.15	1.267	1.681	1.756	3.986	3.944	1.443
Mínimo	0.64	0.592	0.661	0.649	0.657	0.648	1.292

Tabla 44

*Eficiencia de las Estrategias de Control del Deslizamiento del Talud Llarillaco
en Relación al Factor de Seguridad Estático*

Secciones	Eficiencia respecto al factor de seguridad estático					
	Banqueta	Muro de gravedad	Muro en voladizo	Muro en contrafuerte	Muro de tierra reforzada	Anclaje
11+363	-9.5%	5.2%	3.7%	4.9%	9.1%	190.0%
11+343	-9.1%	5.3%	4.1%	5.2%	9.6%	180.2%
11+323	-8.6%	5.4%	4.4%	5.4%	10.1%	171.1%
11+303	-7.0%	5.7%	5.5%	6.4%	11.9%	137.5%
11+283		5.8%	6.0%	6.7%	12.6%	124.7%
11+263		5.8%	5.9%	6.7%	12.5%	126.7%
11+243		5.7%	5.6%	6.4%	12.0%	135.3%
11+223		5.8%	5.9%	6.7%	12.5%	126.7%
11+203	-8.6%	6.0%	6.5%	17.0%	15.9%	108.0%
11+183	-6.8%	5.8%	6.0%	7.8%	12.9%	124.7%
11+163	-3.3%	6.0%	6.6%	58.2%	55.8%	101.8%
11+143	-3.3%	6.0%	6.6%	58.2%	55.8%	101.8%
11+123	-14.0%	42.8%	43.0%	56.3%	34.0%	49.2%
11+103	-16.5%	51.3%	51.3%	55.9%	29.0%	37.2%
11+083	4.3%	71.7%	74.2%	169.3%	150.4%	51.2%
11+063	59.9%	126.0%	135.3%	471.6%	474.0%	88.7%
Máximo	59.9%	126.0%	135.3%	471.6%	474.0%	190.0%
Mínimo	-16.5%	5.2%	3.7%	4.9%	9.1%	37.2%
Promedio	-2%	23%	23%	59%	57%	116%

Tabla 45

*Eficiencia de las Estrategias de Control del Deslizamiento del Talud Llarillaco
en Relación al Factor de Seguridad Dinámico*

Secciones	Eficiencia respecto al factor de seguridad dinámico					
	Banqueta	Muro de gravedad	Muro en voladizo	Muro en contrafuerte	Muro de tierra reforzada	Anclaje
11+363	-7.5%	3.3%	1.4%	2.7%	1.3%	101.9%
11+343	-7.1%	3.6%	1.9%	3.1%	2.5%	99.4%
11+323	-6.8%	3.8%	2.4%	3.6%	3.7%	97.0%
11+303	-4.9%	5.3%	5.1%	6.1%	10.1%	83.9%
11+283		5.9%	6.3%	7.2%	13.0%	78.1%
11+263		5.7%	5.9%	6.9%	12.1%	80.0%
11+243		5.9%	6.3%	7.2%	13.0%	78.1%
11+223		6.5%	7.4%	8.2%	15.6%	72.8%
11+203	-0.7%	7.4%	9.1%	14.7%	17.5%	64.0%
11+183	-3.8%	6.3%	7.1%	6.8%	15.2%	74.7%
11+163	6.2%	7.9%	10.0%	86.2%	87.5%	59.0%
11+143	6.2%	7.9%	10.0%	86.2%	87.5%	59.0%
11+123	9.2%	32.0%	32.5%	53.7%	41.3%	33.9%
11+103	10.2%	40.1%	40.1%	42.8%	25.8%	25.5%
11+083	20.9%	59.3%	63.9%	203.7%	194.5%	35.7%
11+063	27.8%	71.5%	79.2%	306.7%	302.4%	42.2%
Máximo	27.8%	71.5%	79.2%	306.7%	302.4%	101.9%
Mínimo	-7.5%	3.3%	1.4%	2.7%	1.3%	25.5%
Promedio	4%	17%	18%	53%	53%	68%

4.2. Contrastación de hipótesis

Para realizar el análisis estadístico se ha utilizado el programa Minitab 22, inicialmente se ha verificado la tendencia normal de los datos, luego se ha aplicado la prueba paramétrica t-student, debido a que, se tiene menos de 30 secciones de análisis.

Tabla 46

Estadísticas Descriptivas del Factor de Seguridad Estático

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
Natural	16	1.1788	0.2713	0.0678	1.0598
Banqueta	12	1.1718	0.3081	0.0889	1.0121
Muro de gravedad	16	1.477	0.638	0.159	1.198
Muro en voladizo	16	1.485	0.653	0.163	1.199
Muro en contrafuerte	16	1.902	1.374	0.343	1.300
Muro de tierra reforzada	16	1.857	1.304	0.326	1.286
Anclaje	16	2.4410	0.1432	0.0358	2.3782

μ : media de población de Natural; Banqueta; Muro de gravedad; Muro en voladizo; Muro en contrafuerte; Muro de tierra reforzada; Anclaje.

Tabla 47

Estadísticas Descriptivas del Factor de Seguridad Estático

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
Natural	16	0.8275	0.1549	0.0387	0.7596
Banqueta	16	0.8577	0.2433	0.0608	0.7511
Muro de gravedad	16	0.9932	0.3671	0.0918	0.8324
Muro en voladizo	16	1.0037	0.3836	0.0959	0.8356
Muro en contrafuerte	16	1.338	0.960	0.240	0.917
Muro de tierra reforzada	16	1.329	0.926	0.232	0.923
Anclaje	16	1.3546	0.0445	0.0111	1.3350

μ : media de población de Natural; Banqueta; Muro de gravedad; Muro en voladizo; Muro en contrafuerte; Muro de tierra reforzada; Anclaje.

La hipótesis alternativa: “Las estrategias de control del deslizamiento son eficientes para estabilizar el talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma”, misma que se determina por $H_1: FS \geq 1.5$ para condiciones estáticas y $H_1: FS \geq 1.25$ para condiciones dinámicas; mientras que la hipótesis nula (H_0) corresponde a la negación de la misma, afirmando que, “Las estrategias de control del deslizamiento no son eficientes para estabilizar el talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma”, debido a que, se obtiene $H_0: FS < 1.5$ para condiciones estáticas y $H_0: FS < 1.25$ para condiciones dinámicas. El criterio de análisis corresponde a: se acepta H_0 si el valor p (probabilidad) es mayor al nivel de significancia (0.05) para un nivel de confianza del 95%, pero si el valor p es menor que 0.05, se rechaza H_0 y se acepta H_1 . Siendo así, se ha verificado que, solamente en el caso de la estrategia de control “Anclajes” se logra un valor p de 0.000, por tanto, se puede concluir que, dicha estrategia de control del deslizamiento garantiza significativamente la estabilidad del talud Llarillaco en la carretera La Palma – Chota, mientras que, los otros métodos tienen secciones en las que, el talud sigue siendo inestable, tanto en condiciones estáticas como en condiciones dinámicas.

Tabla 48

Prueba de Hipótesis para el Factor de Seguridad Estático

Hipótesis nula $H_0: \mu < 1.5$
 Hipótesis alterna $H_1: \mu > 1.5$

Muestra	Valor T	Valor p
Natural	-4.74	1.000
Banqueta	-3.69	0.998
Muro de gravedad	-0.14	0.556
Muro en voladizo	-0.09	0.536
Muro en contrafuerte	1.17	0.130
Muro de tierra reforzada	1.10	0.145
Anclaje	26.29	0.000

Tabla 49

Prueba de Hipótesis para el Factor de Seguridad Estático

Hipótesis nula $H_0: \mu < 1.25$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 1.25$

Muestra	Valor T	Valor p
Natural	-10.91	1.000
Banqueta	-6.45	1.000
Muro de gravedad	-2.80	0.993
Muro en voladizo	-2.57	0.989
Muro en contrafuerte	0.37	0.359
Muro de tierra reforzada	0.34	0.370
Anclaje	9.39	0.000

Figura 101

Grafica de Barras Combinada de los Factores de Seguridad por Secciones según Estrategia de Contención del Deslizamiento

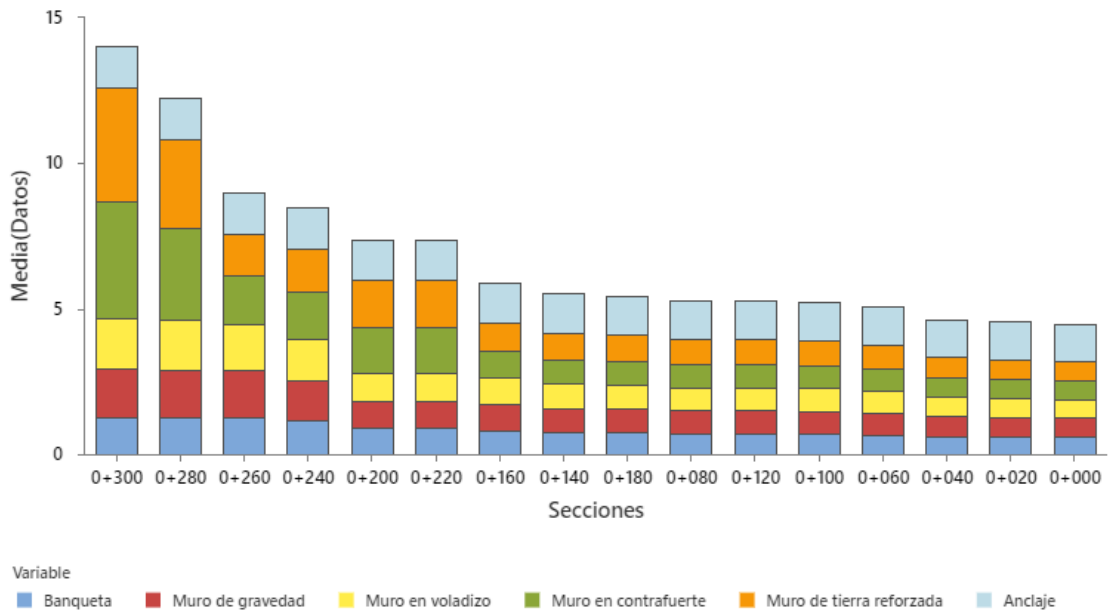


Figura 102

Gráfica de Coordenadas Paralelas de los Factores de Seguridad Estáticos del Talud con Estrategias de Control de Deslizamiento

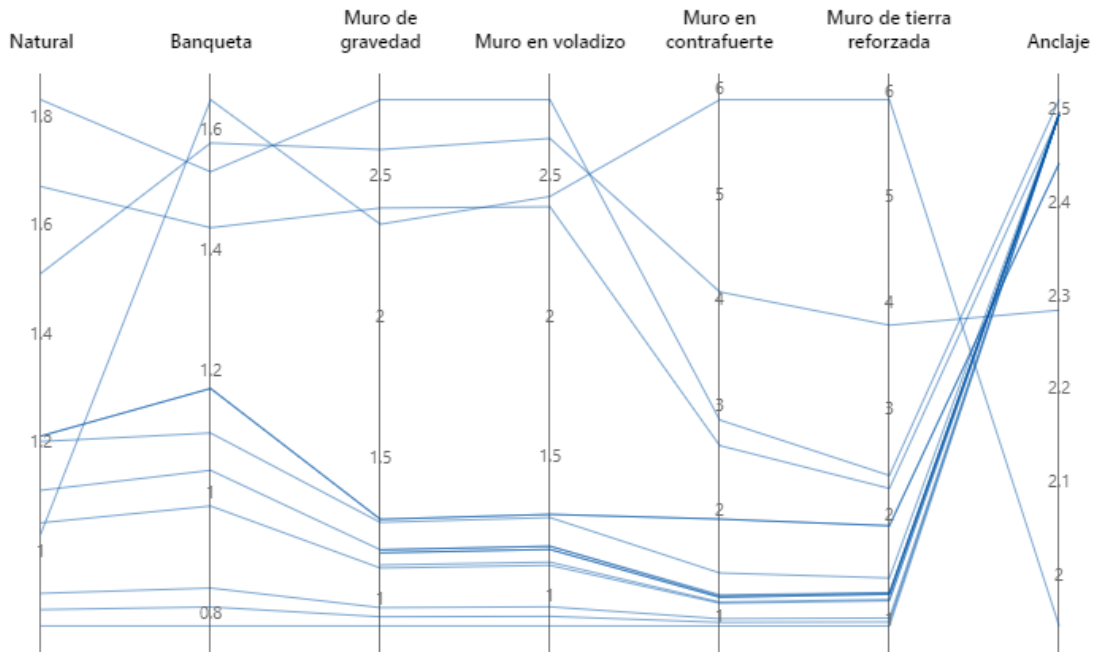
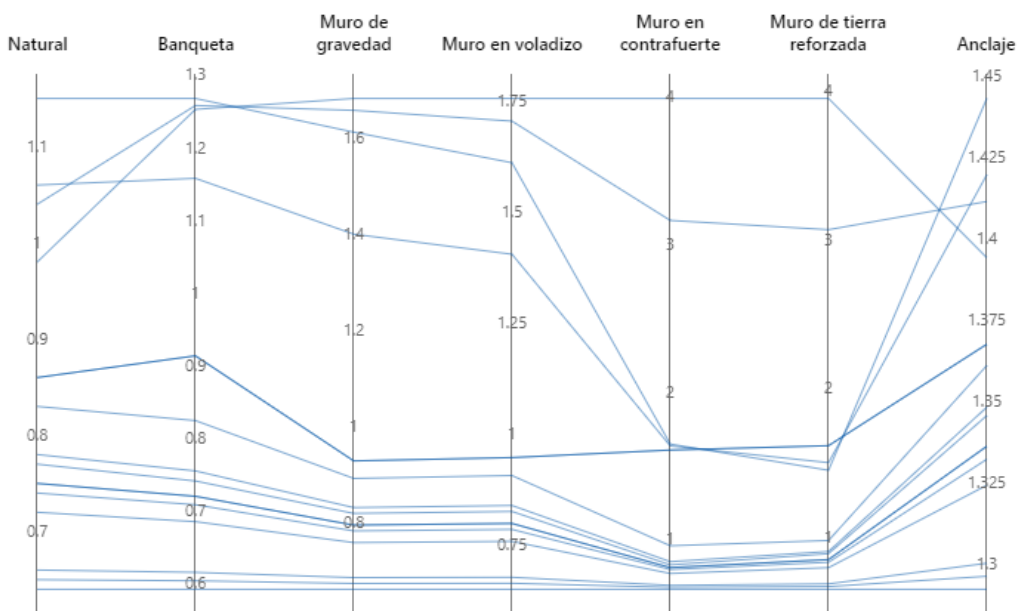


Figura 103

Gráfica de Coordenadas Paralelas de los Factores de Seguridad Dinámicos del Talud con Estrategias de Control de Deslizamiento



4.3. **Discusión de resultados**

El talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma tiene una alta susceptibilidad a deslizamientos en el 72.20% de su superficie (3.86 ha), tal como, el talud Rampac Grande (Klimeš et al., 2023) y en el talud del centro poblado Tecte (Chahua, 2023) determinado en base a la metodología CENEPRED (2015) tal como, se ha analizado el área de expansión urbana del sector 9 en Chota por Idrogo (2023). La susceptibilidad del talud Llarillaco se debe a varios factores, entre ellos, la pendiente del talud que supera los 25°, lo cual aumenta la probabilidad de que se produzcan deslizamientos, con algunos tramos donde la pendiente supera los 45° tal como, en el talud de la Costa Verde en Lima (Alva et al., 2023). Además, la vegetación presente en el área está compuesta por árboles o pastizales, por lo que, aquellas zonas donde solo hay pastizales no tienen el recubrimiento suficiente para protegerse de la escorrentía y la erosión hídrica, así lo ratifican Famme et al. (2022) quienes argumentan que la vegetación, cultivos agrícolas y árboles juegan un papel fundamental en el control de deslizamientos, por lo que, estos pueden convertirse también en un factor desencadenante si no se tiene control adecuado de los mismos, siendo así, la vegetación reduce el riesgo a deslizamientos, tal como lo aseveran Polo & Polo (2020).

Otro factor que influye en la alta susceptibilidad del talud es la presencia de una formación geológica llamada Quilquiñan también contribuye a la susceptibilidad a deslizamientos, ya que esta formación presenta características que pueden favorecer la inestabilidad del terreno, como, por ejemplo, la presencia de suelos sueltos o poco cohesionados, en cambio, el talud de la Costa Verde estaba formado por el conglomerado de Lima, por tanto, se trataba de roca suelta erosionable (Alva et al., 2023) y el talud de la carretera central Acopalca – Junín

en cambio pertenece al grupo geológico Pucara y Excelsior (Cotera, 2022). Las características del suelo determinan también la probabilidad de falla de un talud, debido a que, este da las características mecánicas resistentes al deslizamiento. El suelo del talud Llarillaco generalmente es fino integrado por arcillas, limos y arenas divididos en siete estratos, similar al suelo arcilloso en Marruecos (Kassou et al., 2020), en cambio, en el talud de Drebre Sina el suelo era arena arcillosa mal selecciona (Mebrahtu et al., 2022).

El relieve del área donde se encuentra el talud es montañoso colinado, lo cual también aumenta la susceptibilidad a deslizamientos, tal como, lo afirma García (2022), ya que este tipo de relieve favorece la acumulación y el desplazamiento de materiales, así también, lo ratifica Idrogo (2023) quien alude a la geomorfología colinada o montañosa pendientes abruptas y superficies blandas que, son altamente susceptibles a deslizamientos. Por último, se destaca que, frente a precipitaciones pluviales extremas, según el mapa del Senamhi (2017) la erosión del suelo es moderada en promedio. Esto indica que la combinación de la lluvia intensa y las características del terreno pueden dar lugar a la erosión del suelo, lo cual debilita aún más la estabilidad del talud. Según Idrogo (2023) las precipitaciones pluviales pueden terminar desencadenando un deslizamiento cuando son extremas, debido a que, estos pueden generar otros problemas en el talud, justamente como, la erosión hídrica del suelo.

El talud natural Llarillaco presenta problemas de estabilidad tanto en condiciones estáticas como dinámicas, tal como, en el talud de la vía Guaranda – Riobamba (García, 2022), en el talud de la carretera Cochabamba – Chiple (Breña, 2019), y en otros taludes a nivel regional, nacional e internacional. El factor de seguridad, que es un indicador de la estabilidad de un talud, es menor a 1.5 en

condiciones estáticas y menor a 1.25 en condiciones dinámicas (Omar et al., 2021). Esto indica que existe un riesgo de deslizamiento o colapso en dichas condiciones.

Sin embargo, hay ciertas secciones del talud, específicamente las comprendidas entre el Km 11+123 y Km 11+083, que presentan factores de seguridad estáticos superiores a 1.5, tal como, en el talud de la Costa Verde (Alva et al., 2023). Esto indica que en condiciones estáticas estas secciones se mantienen estables y no presentan un riesgo inmediato de colapso. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, frente a un sismo, estas secciones podrían llegar a colapsar debido a su menor factor de seguridad dinámico.

Las secciones más críticas del talud se ubican entre el Km 11+323 y el Km 11+363. En estas secciones, el factor de seguridad estático es menor a 1.00, lo cual indica una inestabilidad significativa, tal como, argumenta Gutiérrez-Matín et al. (2021) y Klimeš et al. (2023). Frente a cualquier perturbación que incremente la carga estática sobre el talud, existe un alto riesgo de colapso, tal como, en el análisis de estabilidad de taludes realizado por Mebrahtu et al. (2022) se indica que los taludes estudiados son inestables y cualquier perturbación de pequeña escala reducirá aún más el factor de seguridad y provocará fallas. Esto significa que cualquier aumento en la carga sobre estas secciones, ya sea por asentamientos o por obras de construcción cercanas, podría desencadenar un deslizamiento o colapso del talud.

Siendo así, en base a los factores de seguridad estáticos el talud Llarillaco se ha dividido en cuatro secciones los cuáles tal como, en el estudio de Mohamed & Bayram (2020) y Muñoz (2017), los cuales pueden clasificarse en estables (6.25%), parcialmente estables (25%), inestables (50%) y completamente

inestables (18.75%). Por lo que, es pertinente diseñar medidas activas de mitigación del deslizamiento, sobre todo en los tramos críticos, tal como, sugiere Vagnon (2020) y Hurtado (2023).

El cambio de geometría en el talud Llarillaco mediante la propuesta de banquetas no mejora la estabilidad, sino que reduce el factor de seguridad estático y dinámico en la mayoría de las secciones, excepto en el tramo que va desde el Km 11+103 al Km 11+063, donde con esta propuesta el talud se mantiene estable tanto en condiciones estáticas como dinámicas, al excavar el mismo con un ancho de berma de 3 m, altura total del talud de 7 m y ángulo de banco 45° , tal como sugiere el MTC (2018) y tal como lo planteó Tafur (2019), el FS estático y dinámico correspondientemente se acrecienta a 1.65 y 1.27, por lo que, en ese tramo específico, se puede estabilizar el talud al cortarlo en banquetas según las dimensiones determinadas conforme a la normatividad peruana, tal como, argumenta Espinoza (2023). Así mismo, García (2022) determinó que, la reconformación geométrica o corte del talud puede lograr controlar el deslizamiento de un talud, si se combina con otras estrategias de control, tal como el revestimiento o el muro claveteado, siendo así, eso explica la diferencia con el presente estudio, donde el corte de talud aumenta la inestabilidad del mismo, debido a que, se está trabajando solamente con banquetas y no se la ha combinado con ninguna otra estrategia de control. Mebrahtu et al. (2022) recalca que, muchos de los taludes tienen geometría compleja lo que, lleva a que, algunos tramos se vuelvan estables al realizar cortes de talud, mientras que, otros tienen a la inestabilidad, tal como a ocurrido en el presente estudio. Esto también explica la diferencia notable con, Omar et al. (2021) quienes al cambiar la pendiente del talud lograron incrementos de más del 100% en el factor de seguridad. En cambio,

en el estudio de Herrera & Montañez (2022) tampoco se logró estabilizar el talud por medio del cambio geométrico con banquetas debido a que, el FS natural era bastante bajo, siendo así, combinó las banquetas con la colocación de anclajes y aun así no alcanzó a estabilizar el talud en condiciones dinámicas, no obstante, los anclajes son un sistema de diseño, es decir se puede incrementar el número de torones y así conseguir la estabilidad deseada, tal como, se ha dejado a modo de recomendación en el análisis de Fernández (2022).

Los diferentes tipos de muros, como el muro de gravedad, el muro voladizo, el muro de contrafuerte y el muro de tierra reforzada, logran incrementar los factores de seguridad estático y dinámico, pero no cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la norma CE.020 (MVCS, 2012) para asegurar la estabilidad del talud. Los muros de gravedad y voladizo solo logran estabilizar el talud en el tramo que va desde el Km 11+123 al Km 11+063, mientras que el muro de contrafuerte y de tierra reforzada logran la estabilidad del talud en un tramo más amplio que va desde el Km 11+163 al Km 11+063, pero en todos los casos para garantizar la estabilidad completa del talud es necesario que trabajen en conjunto con otras estrategias de control de deslizamientos. Esto difiere del análisis de Bravo & Lumbi (2020) donde al colocar muros de gravedad lograban estabilizar el talud de la carretera Gunujo-Echeandía, no obstante, el talud natural también presentaba factores de seguridad mayores (1.25), lo que, se verifica en el tramo 11+123 al Km 11+063 del talud Llarillaco, donde el muro de gravedad logra estabilizar el talud en condiciones estáticas y dinámicas, debido a que, su factor de seguridad del talud natural es superior al de los otros tramos críticos. El muro de tierra reforzada es el tipo de muro que, brinda mayor estabilidad al talud en las secciones críticas esto debido a que, este sistema reduce el empuje activo y

umenta la capacidad de resistencia así lo asevera Torres (2020), más aún si se combina este con jardineras y otros sistemas de muro erdox, tal como, sugiere Cortera (2022), no obstante, en este caso se ha trabajado el muro por sí solo sin combinaciones, lo que, explica que hayan tramos donde no se cumple con los factores de seguridad estáticos y dinámicos, haciendo necesario plantear otras estrategias de control de deslizamiento.

En cambio, la colocación de anclajes en el talud Llarillaco logra estabilizar el talud tanto en condiciones estáticas como dinámicas, obteniendo factores de seguridad de 1.9 a 2.5 y de 1.29 a 1.44 respectivamente, tal como argumenta Laurente (2023), donde refiere que, la construcción de un muro armado permite controlar el deslizamiento del talud conteniéndolo, pero existe la posibilidad de que, este se vea superado, por lo que, la propuesta más adecuada es combinarlo o colocar individualmente anclajes porque estos si logran evitar el deslizamiento del talud controlándolo. Es decir, en todas las secciones del talud solamente colocando anclajes se puede asegurar su capacidad mecánica y resistencia frente a cargas y acciones sísmicas, tal como lo ratifica Chahua (2023) y Breña (2019) quien recomienda la colocación de anclajes sobre todo en tramos críticos, evitando así, el deslizamiento del talud y la afectación de la carretera La Palma – Chota, y de una edificación ubicada justamente debajo del tramo crítico de falla del Km 11+323 al Km11+363, que son las secciones que, logran mayor factor de seguridad con la colocación de anclajes.

La propuesta de banquetas (-2% y 4% de eficiencia promedio para FS estático y dinámico) no es efectiva para mejorar la estabilidad del talud Llarillaco, mientras que los diferentes tipos de muros analizados incrementan los factores de seguridad, pero no cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la norma,

alcanzando eficiencias promedio de 23%, 23%, 59% y 57% para muro de gravedad, muro en voladizo, muro en contrafuerte y muro de tierra reforzada, correspondientemente para el FS estático y de 17%, 18%, 53% y 53% para el FS dinámico; estos porcentajes de eficiencia son menores a los determinados por Cotera (2022) para un sistema de muro Erdox, así mismo, Valentín (2019) comparó la eficiencia del muro de gravedad y muro en voladizo en el control del deslizamiento del talud de la carretera Canta – Huayllay determinando que, era más efectivo el muro en gravedad por ser además más económico, en cambio en el presente estudio se puede afirmar que, en condiciones estáticas ambos muros tienen igual eficiencia, mientras que, en condiciones dinámicas el muro en contrafuerte es ligeramente más eficiente que, el muro en gravedad, esta diferencia se debe a las características geométricas y materiales tanto del muro diseñado como del talud sobre el que se coloca el muro. La colocación de anclajes resulta en una solución más eficiente y segura para estabilizar el talud en todas las secciones evaluadas, alcanza una eficiencia del 116% y 68% en el control del factor de seguridad estático y dinámico, respectivamente, siendo incluso superior al incremento del FS (55.04%) logrado por Gutiérrez-Matín et al. (2021) al colocar anclajes para reforzar el talud. Sin embargo, aún se podría explorar y mejorar otras soluciones alternativas que cumplan con los requisitos de seguridad establecidos combinando estrategias de control de deslizamientos.

Finalmente, no todos los métodos son aplicables a todas las secciones de un talud por ello, tal como argumenta Muñoz (2017) cada propuesta se puede plantear en el talud que corresponda, siendo así, del tramo Km 11+103 al Km 11+063 se propone que, solamente se construyan banquetas 1:1, mientras que en el resto de secciones se puede proponer simplemente anclajes en todo el trayecto,

o se puede combinar de la sección Km 11+323 al Km 11+363 anclajes, y del Km 11+303 al Km 11+103 un muro de tierra reforzada por banquetas (es decir una propuesta integrada entre el muro planteado pero con terrazas), asegurando así, la estabilidad del talud Llarillaco, por medio del control del deslizamiento.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al analizar las estrategias de control del deslizamiento para la estabilidad del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma, provincia de Chota, se ha llegado a concluir:

- 1) El talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma tiene una alta susceptibilidad a deslizamientos (63.31% del área), debido a factores como la pendiente (mayor a 25°), la formación geológica Quilquiñan con presencia de suelos arcillosos poco cohesionados, la geomorfología colinada o montañosa con rocas sedimentarias y las precipitaciones pluviales constantes, lo cual debilita aún más la estabilidad del talud, no obstante, gran parte del área tiene vegetación integrada por bosques secundarios o reforestados.
- 2) El talud natural Llarillaco presenta problemas de estabilidad tanto en condiciones estáticas como dinámicas. Si bien existen secciones (Km 11+083 a Km 11+123) que presentan un factor de seguridad estático superior a 1.5 y se mantienen estables en dichas condiciones, su factor de seguridad dinámico es menor, lo que las hace vulnerables frente a sismos. Por otro lado, las secciones más críticas (Km 11+323 a Km 11+363) presentan un factor de seguridad estático menor a 1.00, lo cual indica una inestabilidad significativa y un alto riesgo de colapso frente a cualquier aumento en la carga estática.
- 3) El cambio de geometría en el talud Llarillaco con la propuesta de banquetas lejos de aumentar la estabilidad reduce el factor de seguridad estático y dinámico en las secciones, a excepción del tramo Km 11+063 al Km 11+103, donde con esta propuesta el talud se encuentra estable en condiciones estáticas

y dinámicas. El muro de gravedad, voladizo, de contrafuerte y de tierra reforzada incrementan los factores de seguridad estático y dinámico, pero no logran superar los requisitos mínimos de la norma CE.020 (MVCS, 2012), el muro de gravedad y voladizo solamente estabilizan el talud del Km 11+063 al km 11+123, mientras que, el muro de contrafuerte y de tierra reforzada logran la estabilidad del talud del Km 11+063 al Km 11+163. En cambio, la colocación de anclajes en el talud Llarillaco logra estabilizar el talud tanto en condiciones estáticas como en condiciones dinámicas, obteniendo respectivamente factores de seguridad de 1.9 a 2.5 y de 1.29 a 1.44.

- 4) La propuesta de banquetas no es efectiva para mejorar la estabilidad del talud Llarillaco, mientras que los diferentes tipos de muros analizados incrementan los factores de seguridad, pero no cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la norma. La colocación de anclajes resulta en una solución más eficiente y segura para estabilizar el talud en todas las secciones evaluadas.

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

- Se sugiere establecer un programa de monitoreo regular para supervisar la estabilidad del talud a lo largo del tiempo. Esto podría implicar el uso de instrumentación geotécnica, como inclinómetros y piezómetros, para medir los cambios en el suelo y el agua subterránea, así como la instalación de estaciones de monitoreo sísmico para detectar movimientos sísmicos relacionados con el deslizamiento.
- Se recomienda llevar a cabo un estudio geotécnico-geológico - geomorfológico con mayor detalle para comprender mejor las características del suelo y las condiciones geológicas del área afectada. Esto ayudará a determinar la causa raíz del deslizamiento y proporcionar información clave para el diseño combinado de estrategias de control. Es decir, se sugiere que, en futuras investigaciones analicen la combinación de diferentes estrategias de control del deslizamiento del talud.
- Se recomienda utilizar técnicas de estabilización física para fortalecer el talud y prevenir futuros deslizamientos. Esto podría implicar la construcción de muros de contención, incluyendo anclajes y refuerzos, así como, el corte del talud de la sección Km 11+103 al Km 11+063.
- Para garantizar la estabilidad a largo plazo del talud, se sugiere desarrollar un plan de mantenimiento y gestión adecuado. Esto incluiría la realización regular de inspecciones de campo, la limpieza y el mantenimiento de las medidas de control implementadas, y la implementación de medidas correctivas adicionales si es necesario.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

- Aas, G., & Lacasse, S. (2022). *Stability of natural slopes in quick clay*. NGI. <https://hdl.handle.net/11250/3031017>
- Abela, J. A. (2002). *Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada*. Fundación Centro Estudios Andaluces.
- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2001). *Slope stability and stabilization methods*. John Wiley & Sons.
- Alamshahi, S., & Hataf, N. (2009). Bearing capacity of strip footings on sand slopes reinforced with geogrid and grid-anchor. *Geotextiles and Geomembranes*, 27(3), 217-226. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2008.11.011>
- Alberti, J.R., Canales, R.E., Elizabeth, B.H. (2006). *Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes y su aplicación a un caso específico*. [Tesis de grado, Universidad de El Salvador].
- Alcántara, G. H. (2011). *Geomorfología, departamento de Cajamarca*. Gobierno Regional de Cajamarca.
- Almoza, Y., Schiettecatte, W., Medina, H., Alonso, G. (2007). Metodología para la estimación del factor de erosividad de las presipitaciones en el modelo (RUSLE). *Zonas áridas*, 11(1), 150-158.
- Alva, J. E., Soto, J., & Ortiz, C. E. (2023). Estimation of the Permanent Seismic Displacements of the Costa Verde Cliffs, Lima, Peru. *Proceedings of the 9ICEG*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.53243/ICEG2023-228>
- Amin, M. N., Umair Ashfaq, M., Mujtaba, H., Ehsan, S., Khan, K., & Faraz, M. I. (2022). Computer-Aided Slope Stability Analysis of a Landslide—A Case Study of Jhika Gali Landslide in Pakistan. *Sustainability*, 14(20), 12954. <https://doi.org/10.3390/su142012954>
- Andreu, V., Khuder, H., Mickovski, S. B., Spanos, I. A., Norris, J. E., Dorren, L., ... & Berger, F. (2008). Ecotechnological solutions for unstable slopes: Ground bio-and eco-engineering techniques and strategies. *Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solutions*, 211-275. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6676-4_7
- Avilés, M.J. (2014). *Análisis técnico y económico para muros de contención de hormigón armado comparado con muros de gaviones y sistemas de suelo reforzado para*

- alturas H= 5 m, H= 7.5 m, H= 10 m, H= 15 m, para una longitud de 80 m.* [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Central del Ecuador].
- Bojorque, J. (2011). Métodos para el análisis de la estabilidad de pendientes. *MASKANA*, 2(2), 1-16. https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Esquema-del-Metodo-Limite-Mejorado-modificado-de-Fredlund-y-Scoular-1999_fig3_299657050
- Braja M. Das. (2001). *Fundamentos de la ingeniería geotécnica*. México, Limusa.
- Breña, C.H. (2019). *Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú*. [Tesis de maestría en Geología con mención en Geotecnia, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://core.ac.uk/download/pdf/323353566.pdf>
- Bravo, D. L., & Lumbi, W. J. (2020). *Análisis de la estabilidad de Talud en la carretera Guanujo-Echeandía en el sector agua blanca*. [Tesis de doctorado, Universidad de Guayaquil].
- Capote, J. (2002). *La mecánica de suelos y las cimentaciones en las construcciones industriales*. Academia.edu.
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. *Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia*, 2, 1-11.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, CENEPRED. (2015). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da vs. CENEPRED*.
- Chacón Montero, J. (2003). Riesgos de origen geológico y geomorfológico: deslizamientos de tierras, identificación, análisis y prevención de sus consecuencias. *Áreas. Revista Internacional de Ciencias Sociales*, (23), 33–64. <https://revistas.um.es/areas/article/view/117871>
- Chahua, R.V. (2023). *Seguridad y estabilidad del talud inestable en el centro poblado Tecte, km. 190 + 000, carretera central tramo Huánuco – Lima, distrito de San Rafael, provincia de Ambo, Huánuco – 2022*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4191>
- Cheng, M. Y., Cao, M. T., & Tsai, P. K. (2021). Predicting load on ground anchor using a metaheuristic optimized least squares support vector regression model: a Taiwan case study. *Journal of Computational Design and Engineering*, 8(1), 268-282. <https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa077>

- Codina, S. (2005). *Proyecto de estabilidad de taludes en el Municipio de Santa Tecla – el Salvador*. [Tesis de grado, Universitat Politècnica de Catalunya Barcelonatech]. <http://hdl.handle.net/2099.1/3886>
- Cotecchia, F., Santaloia, F., & Tagarelli, V. (2020). Towards a geo-hydro-mechanical characterization of landslide classes: Preliminary results. *Applied Sciences*, 10(22), 7960. <https://doi.org/10.3390/app10227960>
- Cotera, E. (2022). *Aplicación Del Sistema Erdox en la Estabilidad de Talud, Km 11+780 Al 11+840, Carretera Central Acopalca – Huancayo – Junín*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/3937>
- Curipoma, A.E. (2017). *Análisis comparativo de las metodologías de cálculo de estabilidad de taludes*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Técnica Particular de Loja].
- De Matteis Á., Angelone S. & Garibay M.T. (2003). *Geología y geotecnia. Estabilidad de Taludes*. Universidad Nacional de Rosario.
- Ebrahimi, M., Zakerian, A., Dawoudian, J., & Amir-Ahmadi, A. (2018). Stability analysis and stabilization solutions for landslides (Case study: Khorramabad-Pole Zaal freeway). *Geography and Environmental Sustainability*, 7(4), 1-17. https://ges.razi.ac.ir/article_867_en.html?lang=en
- Escobar, C.E. & Duque, G. (2017). *Geotecnia para el trópico andino*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57334/analisisdeestabilidaddetaludes.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- Espinoza, A.J. (2023). *Evaluación de los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del tajo superficial Raúl Rojas en la Unidad Minera Cerro de Pasco Compañía Minera Volcan S.A.A. 2022*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5642>
- Espinoza Huamani, I.I. & Rivera, R.C. (2018). *Análisis retrospectivo y prospectivo secuencial de deslizamiento de laderas en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Huancavelica*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1611>
- Fay, L., Akin, M., & Shi, X. (2012). *Cost-effective and sustainable road slope stabilization and erosion control* (Vol. 430). Transportation research board.

- Ferdowski, B., Ortiz, C., Jerolmack, D.J. (2018). Glassy dynamics of landscape evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(1), 1-5. [10.1073/pnas.1715250115](https://doi.org/10.1073/pnas.1715250115).
- Fernández, A. (2022). *Evaluación del nivel de riesgo a deslizamiento de taludes mediante los métodos de Taylor y Monte Carlo en el tramo peña de Los Loros, Carretera 3n, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/241>
- Flamme, H. E., Krahenbuhl, R. A., Li, Y., Dugan, B., Shragge, J., Graber, A., ... & Minaya, A. (2022). Integrated geophysical investigation for understanding agriculturally induced landslides in southern Peru. *Environmental Earth Sciences*, 81(11), 309. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10382-0>
- Fuster Guillen, D. E. (2019). Investigación cualitativa: Método fenomenológico hermenéutico. *Propósitos y representaciones*, 7(1), 201-229.
- Gallage, C., Abeykoon, T., & Uchimura, T. (2021). Instrumented model slopes to investigate the effects of slope inclination on rainfall-induced landslides. *Soils and foundations*, 61(1), 160-174. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2020.11.006>
- García López, A.A. (2022). *Análisis de estabilidad y propuesta de métodos de estabilización para el talud del km 7+500 al km12+000 de la vía Guaranda – Riobamba*. [Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27759>
- GEO GPS PERÚ. (2023). *Base de datos Perú – Shapefile*. GEO GPS PERÚ. <https://www.geogpsperu.com/p/descargas.html>
- Gobierno Regional De Cajamarca. (2013, 14 de marzo). *Derrumbe de carretera Chota – La Palma dificulta transporte vehicular*. GRC Cajamarca. <https://portal.regioncajamarca.gob.pe/noticias/derrumbe-de-carretera-chota-la-palma-dificulta-transporte-vehicular>
- Gómez Bastar, S. (2012). *Metodología de la investigación (1a. ed.)*. Red Tercer Milenio. <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/2019>
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. *On line*(27/03/2.000). Revisado el, 14.
- Griem, W. (2020). *Apuntes Geología General: Ambiente Sedimentario. Métodos del reconocimiento de rocas*. Geología. <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap03b.htm>

- Guerra Morales, J. L. (2021). *Efectos de los cambios del paisaje en la susceptibilidad a deslizamientos en la subcuenca del Río Ambi provincia de Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10928>
- Gutiérrez-Martín, A., Millán-Martín, J. P., Castedo, R., & Yenes, J. I. (2021). Calculation of micropiles and anchors to reinforce a slope in emergency situations: application in Málaga, Spain. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12(1), 716-740. <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1887373>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M.P. (2014). *Metodología de la investigación*, 6ª ed. Mc Graw Hill Education.
- Herrera, E.L. & Montañez, E.D. (2022). *Evaluación de la estabilidad de taludes de muros en el sector de Mullaca, Tarica, Huaraz, Ancash*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/105685>
- Highland, L. M., & Bobrowsky, P. (2008). Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre los derrumbes. *Reston, Virginia, EE. UU.: Sistema Geológico de los EUA*, 1-176.
- Holtz, R. D., & Schuster, R. L. (1996). Stabilization of soil slopes. *Landslides Investigation and Mitigation*, Eds. Turner AK and Schuster, RL, *Special Report*, 247.
- Hurtado, E.F. (2023). *Factores de seguridad por el método de dovelas para la estabilidad de taludes en la carretera Cochas – Ingenio tramo 19+610 al 20+424 Km, 2020*. [Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/5553>
- Idrogo, Y.E. (2023). *Niveles de riesgo por deslizamiento de tierra en la expansión Urbana – Sector 9 - de la Ciudad de Chota, aplicando metodología del cenepred, 2021*. [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/401>
- INACAL. (2019, 24 de octubre). *NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019, 24 de octubre). *NTP 339.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

- INACAL. (2019, 24 de octubre). *NTP 339.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019, 24 de octubre). *NTP 339.133 SUELOS. Método de ensayo de penetración estándar SPT 1º ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2017, 26 de diciembre). *NTP 339.171 SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI. (2018). *Cuadros Estadísticos: Serie Cronológica de Emergencias a Nivel Nacional 2003 – 2016, Serie Cronológica de Emergencias a Nivel Nacional Según Departamento y Fenómeno.* Lima, Perú.
- INDECI. (2022). *Informe de emergencia N° 338 - 19/3/2022 / COEN - INDECI / 21:10 horas (Informe N° 7). Lluvias intensas en el departamento de Cajamarca.* Centro de Operaciones de Emergencia Nacional COEN.
- Kassou, F., Bouziyane, J. B., Ghafiri, A., & Sabihi, A. (2020). Slope stability of embankments on soft soil improved with vertical drains. *Civil Engineering Journal*, 6(1), 164-173.
<https://pdfs.semanticscholar.org/2d6c/2d1194d18be779e6d71f07438d1df6d1b1b1.pdf>
- Klimeš, J., Novotný, J., Balek, J., Rosario, A. M., Torres, J. C., Vargas, R., ... & Melgarejo, E. (2023). Landslide hazard assessment and risk reduction in the rural community of Rampac Grande, Cordillera Negra, Peru. *Research Square*, 1(1), 1-25. <https://www.researchsquare.com/article/rs-3115964/v1>
- Laurente, F. (2023). *Análisis de estabilidad del talud central para predecir el fallamiento del cerro cruz de Shallapa distrito de Chavín de Huantar provincia de Huari Ancash – 2022.* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo].
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5476>
- León, M.T. (2013). *Guía práctica de métodos mecánicos para retención de taludes.* [Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad del Valle de Guatemala]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/355>
- León, H., & Miño, J. (2014). *Análisis experimental de los anclajes en un muro claveteado.* Escuela Politécnica Nacional de Quito.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8017>

- Maldonado, Y. (2020, 27 de junio). *Métodos o medidas de estabilización de taludes*. Ingeniería geológica. <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/metodos-medidas-estabilizacion-taludes/>
- Mamat, R. C., Ramli, A., Samad, A. M., Kasa, A., Razali, S. F. M., & Omar, M. B. H. C. (2019a). Stability assessment of embankment on soft Soil improved with prefabricated vertical drains using empirical and limit equilibrium approaches. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(1.6), 444-449.
- Mamat, R. C., Kasa, A., & Razali, S. F. M. (2019b). A review of road embankment stability on soft ground: problems and future perspective. *IIUM Engineering Journal*, 20(2), 32-56. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v21i1.996>
- Mamat, R. C., Kasa, A., Razali, S. F. M., Ramli, A., & Omar, M. B. H. C. (2020c). Slope stability prediction of road embankment on soft ground treated with prefabricated vertical drains using artificial neural network. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 9(2), 236. DOI: 10.11591/ijai.v9.i2.pp236-243
- Manterola, C., & Otzen, T. (2015). Estudios experimentales 2 parte: estudios cuasi-experimentales. *International Journal of Morphology*, 33(1), 382-387. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022015000100060>
- Mase, L. Z., Perdana, A., Hardiansyah, Amri, K., & Bahri, S. (2022). A case study of slope stability improvement in Central Bengkulu Landslide in Indonesia. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 9(4), 442-466. <https://doi.org/10.1007/s40515-021-00186-3>
- Mebrahtu, T.K., Heinze, T., Wohnlich, S. *et al.* Slope stability analysis of deep-seated landslides using limit equilibrium and finite element methods in Debre Sina area, Ethiopia. *Bull Eng Geol Environ* **81**, 403 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10064-022-02906-6>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos*. MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico, DG-2018*. MTC.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (MVCS, 2018). *Norma E.050. Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima – Perú. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E050_RM-406-2018-VIVIENDA.pdf

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (MVCS, 2018). *Norma E.030. Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima – Perú. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E030_RM-355-2018-VIVIENDA_Peruano.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, MVCS. (2012). *Norma CE.020 estabilización de suelos y taludes*. MVCS. <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Mohamed, A., & Bayram, A. (2020). A practical classification to sustainable road slope stability assessment, Alanya-Konya Roadway, Turkey: case study. *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*, 3(1), 22-26. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijepem/issue/54371/789207>
- Morales, B.O. (2012). *Metodología de estabilización de taludes de carreteras*. [Tesis de maestría en ingeniería vial, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/7878>
- Muñoz Ramírez, M.J. (2017). *Evaluación de soluciones de estabilidad para deslizamientos en tres tramos críticos de la carretera Ilabaya – Cambaya – Camilaca, distrito de Ilabaya – Jorge Basadre – Tacna*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/621939>
- Noreña, A.L, Alcaraz-Moreno, N., Rojas, J.G., Rebolledo-Malpica, D. (2012, 11 de septiembre). *Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa*. Universidad de La Sabana. Aquichan. <http://aquichan.unisabana.edu.co/index.php/aquichan/article/view/1824/2936>
- Núñez, S. & Sosa, N. (2016). *Informe técnico N° A6704 Deslizamiento en el sector de Vista Alegre región Huancavelica, provincial y distrito de Churcampa*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMENT).
- Núñez, I. (2020). *Comportamiento estructural y diseño del muro de contención en voladizo de concreto armado para el sostenimiento de talud, ciudad de Huancayo - 2018*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7998>
- Omar, M., Che Mamat, R., Abdul Rasam, A. R., Ramli, A., & Samad, A. (2021). Artificial intelligence application for predicting slope stability on soft ground: A comparative study. *Int. J. Adv. Technol. Eng. Explor*, 8, 362-370. <http://dx.doi.org/10.19101/IJATEE.2020.762139>

- Ordoñez, J. (2019). *Movimiento en masa por lluvias intensas en el Perú*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI. Dirección de Hidrología –DHI. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-81.pdf>
- Panigrahi, R. K. (2021, November). Different Sets of Remediation for Mitigation of Landslides in Hilly Terrains of India. In *Stability of Slopes and Underground Excavations: Proceedings of Indian Geotechnical Conference 2020*, 3 (1), 133-144. Singapore: Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5601-9_13
- Pérez, D.E. (2018). *Análisis de la tipología del suelo del distribuidor de tráfico bella india aplicando el sistema unificado de clasificación de suelos*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala].
- Polo, B.R., & Polo, L.R. (2020). *Propuesta de guía de intervención ante deslizamientos para asegurar la transitabilidad en carreteras vecinales*. [Tesis de grado para optar el título de ingeniero civil, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3898>
- Polo, J. G. (1999). Estudios geotécnicos Una necesidad en obras civiles. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, (6), 117-126.
- Rocha, E. A., Negrete, C. C., & Ibarra, J. A. (2012). Como hacer una cartografía geomorfológica para la inestabilidad de taludes. *Ingeniería Civil*, 2(39), 39-45.
- Rodrigo Campos, L.R. (2017). *Análisis de estabilidad de taludes en la carretera Lajas – Ajipampa*. [Tesis de licenciatura para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1411>
- Rodríguez, J. y Guardia, G.M. (2005). *Apoyo didáctico al aprendizaje de la mecánica de suelos mediante problemas resueltos*. Civilgeeks. <https://civilgeeks.com/2013/05/13/problemas-resueltos-de-mecanica-de-suelos-ii/>
- Ruvival. (2021, 31 de diciembre). *Calculadora de Erosión del Suelo*. RUVIVAL. <https://www.ruvival.de/es/calculadora-erosion-del-suelo/>
- Sanhueza Plaza, C., & Rodríguez Cifuentes, L. (2013). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construcción*, 12(1), 17-29. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000100003>

- Sarkar, S., & Samanta, M. (2017). Stability analysis and remedial measures of a landslip at Keifang, Mizoram—a case study. *Journal of the Geological Society of India*, 89, 697-704. <https://doi.org/10.1007/s12594-017-0681-0>
- Segura, G., Badilla, E., & Obando, L. (2011). Susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres-Turrialba. *Revista Geológica de América Central*, (45), 101-121. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0256-70242011000200006&script=sci_arttext
- SENAMHI. (2023). *Datos hidrometeorológicos a nivel nacional. Estación Chota, datos hidrometeorológicos del mes de abril del 2023*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- SENAMHI. (2017). *Atlas de erosión de suelos por regiones hidrológicas del Perú, Nota técnica 002 Senamhi-DHI-2017*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). <https://www.geogpsperu.com/2020/10/mapa-de-erosion-de-suelos-descargar.html>
- Scharager, J., & Reyes, P. (2001). Muestreo no probabilístico. *Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Psicología*, 1, 1-3.
- Siddque, T., & Pradhan, S. P. (2018). Stability and sensitivity analysis of Himalayan road cut debris slopes: an investigation along NH-58, India. *Natural Hazards*, 93(2), 577-600. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-018-3317-9>
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Laderas en Zonas Tropicales*. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda.
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*. ES. Universidad Industrial de Santander.
- Tafur, C.F. (2019). Estudio para la estabilización del talud del tramo km-318+000 hasta km-318+300 de la carretera Cajamarca – Chachapoyas. *Revista científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(3), 55-62. ISSN(e) 2520-0356 <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v2i3.604>
- Tambo Encalada, W.S. y Sarango Chalán, J.L. (2016). *Evaluación de riesgo por deslizamiento en los sectores de Gunudel–Gulagpamba pertenecientes a la parroquia y cantón Saraguro, provincia de Loja*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17318>

- Tao, Z., Zhu, C., He, M., & Karakus, M. (2021). A physical modeling-based study on the control mechanisms of Negative Poisson's ratio anchor cable on the stratified toppling deformation of anti-inclined slopes. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 138, 104632. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2021.104632>
- Torres Arroyo, K.J. (2017). *Análisis del deslizamiento el naranjo mediante el método de equilibrio límite con el software slide Magdalena-Cajamarca*. [Tesis de licenciatura para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1412>
- Torres, C.R. (2020). Evaluación de riesgo de deslizamientos y propuesta geotécnica de la trocha Ayash-Huaripampa tramo km 3+ 260 al km 3+300. *Perfiles de Ingeniería*, 16(16), 13-22.
- Turpo, J.I. (2018). *Determinación de los parámetros geométricos del talud, para garantizar la estabilidad del Tajo superficial del área de explotación en la unidad minera "Moises Randy 2010"*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Moquegua]. <http://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/73>
- Ugalde, K.F. (2015). *Alternativas para la estabilización de taludes en el cantón de León Cortés*. [Tesis de grado para optar la licenciatura en ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica].
- US Army Corps of Engineers. (2003). *Engineering and design: Slope Stability*. Washington: U.S. Army Corps of Engineers.
- Vagnon, F. (2020). Design of active debris flow mitigation measures: a comprehensive analysis of existing impact models. *Landslides*, 17(2), 313-333. <https://doi.org/10.1007/s10346-019-01278-5>
- Valentin, J.E. (2019). *Análisis técnico y económico de muros de contención para estabilizar taludes inferiores de plataformas de la carretera Canta-Huayllay, Km1+920 al Km2+000*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46264>
- Valiente, R., Sobrecases, S., y Díaz, A. (2015). Estabilidad de taludes: Conceptos básicos, parámetros de diseño y métodos de cálculo. *Revista CIVILIZATE*, 7(1), 50-54. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- White, H., & Sabarwal, S. (2014). Diseño y métodos cuasiexperimentales. *Síntesis metodológicas: evaluación de impacto*, 8.

<https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24243w/Diseno%20y%20metodos%20cuasiexperimentales.pdf>

- Zeng, T., Glade, T., Xie, Y., Yin, K., & Peduto, D. (2023). Deep learning powered long-term warning systems for reservoir landslides. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 94, 103820. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103820>
- Zuazo, V. D., Martínez-Raya, A., & Ruiz, J. A. (2002). Control de la erosión en los taludes de banales, en terrenos con fuertes pendientes. *Edafología*, 9(1), 1-10. https://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/Volumen%209-1_2002.pdf

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Tesis: Estrategias de control del deslizamiento para la estabilidad del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma, provincia de Chota

Tesistas: ISRAEL CHÁVEZ MEDINA y ROIMER ROJAS NUÑEZ

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general ¿En qué medida las estrategias de control del deslizamiento del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma, provincia de Chota son eficientes para estabilizar el talud?</p> <p>Problemas específicos</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Cuáles son las características de la pendiente, geología y geomorfología del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Cuán susceptible a deslizamientos es el talud Llarillaco en base al factor de seguridad estático-dinámico?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Con el cambio de la geometría se logrará la estabilidad del talud Llarillaco?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Con una solución estructural de contención se logrará la estabilidad del talud Llarillaco?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Con una solución estructural de acción (anclajes) se logrará la estabilidad del talud Llarillaco?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Qué estrategia (cambio de la geometría, solución estructural de contención, solución estructural de acción) es más efectiva en el control de deslizamientos?</p>	<p>Objetivo general Analizar las estrategias de control del deslizamiento para la estabilidad del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma, provincia de Chota.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p><input type="checkbox"/> Caracterizar la pendiente, geología y geomorfología del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma.</p> <p><input type="checkbox"/> Determinar la susceptibilidad a deslizamientos del talud Llarillaco.</p> <p><input type="checkbox"/> Determinar si con el cambio de la geometría se logra la estabilidad del talud Llarillaco.</p> <p><input type="checkbox"/> Determinar si al incorporar una solución estructural de contención se logra la estabilidad del talud Llarillaco.</p> <p><input type="checkbox"/> Determinar si al incorporar una solución estructural de acción (anclajes) se logra la estabilidad del talud Llarillaco.</p> <p><input type="checkbox"/> Comparar la efectividad de las estrategias (cambio de la geometría, solución estructural de contención, solución estructural de acción) en el control de deslizamientos.</p>	<p>Hipótesis general Las estrategias de control del deslizamiento son eficientes para estabilizar el talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p><input type="checkbox"/> Las características del talud Llarillaco en la carretera Chota – La Palma son la pendiente, geología y geomorfología.</p> <p><input type="checkbox"/> El talud Llarillaco es susceptible a deslizamientos.</p> <p><input type="checkbox"/> Con el cambio de la geometría se logra la estabilidad del talud Llarillaco.</p> <p><input type="checkbox"/> Con una solución estructural de contención se logra la estabilidad del talud Llarillaco.</p> <p><input type="checkbox"/> Con una solución estructural de acción (anclajes) se logra la estabilidad del talud Llarillaco.</p> <p><input type="checkbox"/> La solución estructural de acción es más efectiva en el control de deslizamientos.</p>	<p>VI</p> <p>Estrategias de control del deslizamiento</p> <hr/> <p>VD</p> <p>Estabilidad del talud</p>	<p>Cambio de geometría</p> <hr/> <p>Soluciones estructurales de contención (muros)</p> <hr/> <p>Soluciones estructurales de acción (anclajes)</p> <hr/> <p>Características geométricas</p> <hr/> <p>Características geológicas y geotécnicas</p> <hr/> <p>Factor de seguridad</p>	<p>Altura</p> <hr/> <p>Ancho</p> <hr/> <p>Tipo de muro</p> <hr/> <p>Altura</p> <hr/> <p>Ancho</p> <hr/> <p>Nº de anclajes</p> <hr/> <p>Espaciamiento</p> <hr/> <p>Longitud</p> <hr/> <p>Pendiente</p> <hr/> <p>Longitud</p> <hr/> <p>Altura</p> <hr/> <p>Tipo de suelo</p> <hr/> <p>Cohesión</p> <hr/> <p>Ángulo de fricción</p> <hr/> <p>Peso específico</p> <hr/> <p>Estático</p> <hr/> <p>Dinámico</p> <hr/> <p>Con lluvia</p>	<p>Enfoque MIXTO</p> <p>Tipo APLICADO</p> <p>Nivel DESCRIPTIVO</p> <p>CORRELACIONAL</p> <p>Diseño CUASI</p> <p>EXPERIMENTAL DE</p> <p>PRE TEST Y POS</p> <p>TEST</p> <p>Muestra: El talud Llarillaco está ubicado en la carretera Chota – La Palma, en la provincia de Chota, con una extensión de 2 ha, ubicado en las coordenadas UTM WGS84 17S 762401.73 m E, 9280597.84 m S, de 300 m lineales al borde de la carretera.</p>

Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1 Inicio del levantamiento topográfico del talud Llarillaco con GPS diferencial



Fotografía 2 Toma de puntos en la carretera La Palma – Chota, talud Llarillaco



Fotografía 3 Toma de puntos dentro del talud Llarillaco



Fotografía 4 Fotografía 1. Realización del ensayo de SPT en el Talud Llarillaco



Fotografía 5 Toma de muestras por estrato del ensayo SPT



Fotografía 6 Colocación de las muestras de suelo en bolsas impermeables para su traslado



Fotografía 7 Secado de la muestra de suelo en estufa



Fotografía 8 Lavado de la muestra por el tamiz N° 200 para ensayo granulométrico



Fotografía 9 Muestra del estrato de 2 a 3 m



Fotografía 10 Muestra del estrato de 3 a 4 m



Fotografía 11 Muestra del estrato de 4 a 5 m



Fotografía 12 Muestra del estrato de 5 a 6 m



Fotografía 13 Análisis granulométrico de las muestras de suelo



Fotografía 14 Pesado de la muestra de suelo retenida en cada tamiz



Fotografía 15 Ensayo de límite líquido en las muestras de suelo por estrato



Fotografía 16 Recolección de la fracción que se unió en el ensayo de la copa Casagrande



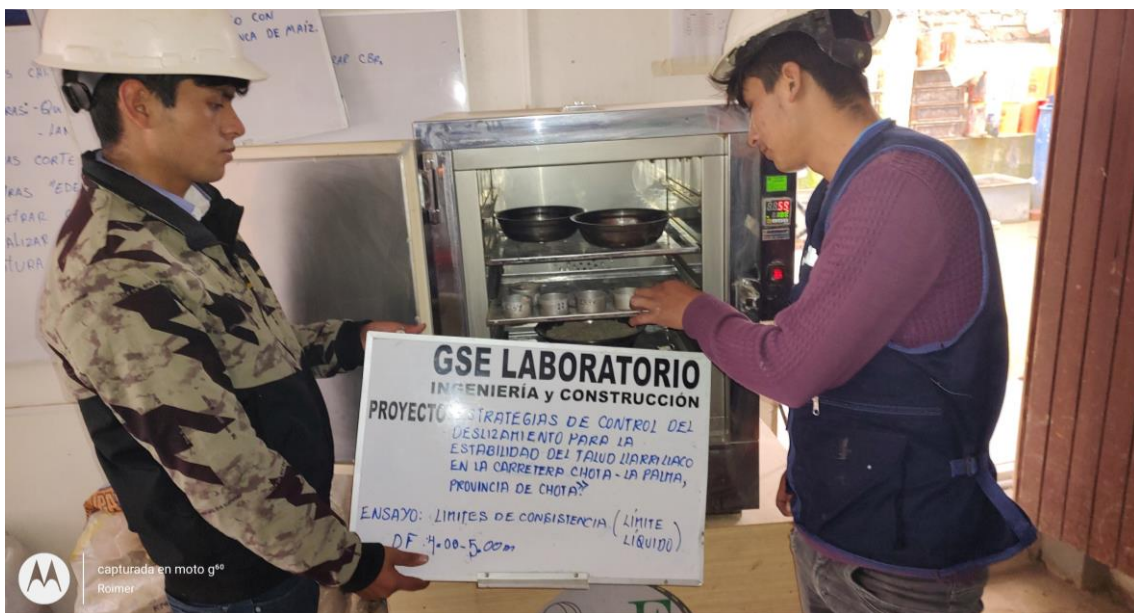
Fotografía 17 Pesado de la muestra de suelo que se ha unido en la copa Casagrande



Fotografía 18 Ensayo de límite plástico al suelo por estrato



Fotografía 19 Colocación de las muestras al horno



Fotografía 20 Ensayo de corte directo



Fotografía 21 Pesado de muestra para ensayo de corte directo



Fotografía 22 Registro de datos del ensayo de corte directo



Anexo C. Matriz SAATY

PONDERACION DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

Ponderación de los Parámetros: Pendiente; Geomorfología y Geología

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PARÁMETRO	Pendiente	Vegetación	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.00	3.00	5.00	7.00
Vegetación	0.33	1.00	3.00	5.00
Geomorfología	0.20	0.33	1.00	3.00
Geología	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.68	4.53	9.33	16.00
1/SUMA	0.60	0.22	0.11	0.06

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETRO	Pendiente	Vegetación	Geomorfología	Geología	Vector Priorización
Pendiente	0.597	0.662	0.536	0.438	0.558
Vegetación	0.199	0.221	0.321	0.313	0.263
Geomorfología	0.119	0.074	0.107	0.188	0.122
Geología	0.085	0.044	0.036	0.063	0.057
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

PARÁMETRO	Pendiente	Vegetación	Geomorfología	Geología	Vector Suma Ponderada
Pendiente	0.558	0.790	0.609	0.398	2.356
Vegetación	0.186	0.263	0.366	0.284	1.099
Geomorfología	0.112	0.088	0.122	0.171	0.492
Geología	0.080	0.053	0.041	0.057	0.230

HALLANDO EL λ_{max}

	Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
	4.222
	4.175
	4.036
	4.041
SUMA	16.474
PROMEDIO	4.118

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.039
RC	0.045

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

FACTORES CONDICIONANTES

1.- PENDIENTE

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES	Pponderado
PENDIENTE	D1	5	> 45° Pendiente escarpada	0.497
	D2		25 - 45° Pendiente muy fuerte	0.244
	D3		15 - 25° Pendiente fuerte	0.141
	D4		5 - 15° Pendiente moderada	0.075
	D5		< 5° Terrenos llanos y/o inclinados	0.043

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PENDIENTE	> 45°	25 - 45°	15 - 25°	5 - 15°	< 5°
> 45°	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00
25 - 45°	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00
15 - 25°	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
5 - 15°	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
< 5°	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.88	4.92	7.75	13.50	21.00
1/SUMA	0.53	0.20	0.13	0.07	0.05

MATRIZ DE NORMALIZACION

PENDIENTE	> 45°	25 - 45°	15 - 25°	5 - 15°	< 5°	Vector Priorizacion
> 45°	0.533	0.610	0.516	0.444	0.381	0.497
25 - 45°	0.178	0.203	0.258	0.296	0.286	0.244
15 - 25°	0.133	0.102	0.129	0.148	0.190	0.141
5 - 15°	0.089	0.051	0.065	0.074	0.095	0.075
< 5°	0.067	0.034	0.032	0.037	0.048	0.043
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

PENDIENTE	> 45°	25 - 45°	15 - 25°	5 - 15°	< 5°	Vector Suma Ponderado
> 45°	0.497	0.733	0.562	0.448	0.348	2.588
25 - 45°	0.166	0.244	0.281	0.299	0.261	1.251
15 - 25°	0.124	0.122	0.141	0.149	0.174	0.710
5 - 15°	0.083	0.061	0.070	0.075	0.087	0.376
< 5°	0.062	0.041	0.035	0.037	0.043	0.219

HALLANDO λ_{max}

HALLANDO λ_{max}		Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
		5.207
		5.121
		5.054
		5.031
		5.031
SUMA		25.445
PROMEDIO		5.089

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.022
RC	0.020

FACTORES CONDICIONANTES

2.- VEGETACIÓN

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES	Pponderado
Vegetación	D1	5	Tierra sin vegetación	0.503
	D2		Zonas con pastizales	0.260
	D3		Zonas con algunos árboles	0.134
	D4		Bosque secundario	0.068
	D5		Bosque primario	0.035

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

Vegetación	Tierra sin vegetación	Zonas con pastizales	Zonas con algunos árboles	Bosque secundario	Bosque primario
Tierra sin vegetación	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Zonas con pastizales	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Zonas con algunos árboles	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Bosque secundario	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Bosque primario	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACION

Vegetación	Tierra sin vegetación	Zonas con pastizales	Zonas con algunos árboles	Bosque secundario	Bosque primario	Vector Priorizacion
Tierra sin vegetación	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Zonas con pastizales	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Zonas con algunos árboles	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Bosque secundario	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Bosque primario	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

Vegetación	Tierra sin vegetación	Zonas con pastizales	Zonas con algunos árboles	Bosque secundario	Bosque primario	Vector Suma Ponderado
Tierra sin vegetación	0.376	0.812	0.856	0.806	0.601	3.451
Zonas con pastizales	0.125	0.271	0.514	0.576	0.468	1.953
Zonas con algunos árboles	0.075	0.090	0.171	0.345	0.334	1.016
Bosque secundario	0.054	0.054	0.057	0.115	0.200	0.480
Bosque primario	0.042	0.039	0.034	0.038	0.067	0.220

FACTORES CONDICIONANTES

HALLANDO λ_{max}	Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
	6.864
	7.505
	7.563
	7.089
	6.315
SUMA	35.336
PROMEDIO	7.067
INDICE DE CONSISTENCIA RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	
IC	0.517
RC	0.464

3.- UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES	Pponderado
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	D1	5	Ladera de montaña	0.376
	D2		Colina alta empinada	0.271
	D3		Colina alta inclinada	0.171
	D4		Colina baja inclinada	0.115
	D5		Terraza alta en depósitos aluviales	0.067

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	Ladera de montaña	Colina alta empinada	Colina alta inclinada	Colina baja inclinada	Terraza alta
Ladera de montaña	1.00	2.00	3.00	3.00	4.00
Colina alta empinada	0.50	1.00	3.00	3.00	3.00
Colina alta inclinada	0.33	0.33	1.00	3.00	3.00
Colina baja inclinada	0.33	0.33	0.33	1.00	3.00
Terraza alta	0.25	0.33	0.33	0.33	1.00
SUMA	2.42	4.00	7.67	10.33	14.00
1/SUMA	0.41	0.25	0.13	0.10	0.07

MATRIZ DE NORMALIZACION

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	Ladera de montaña	Colina alta empinada	Colina alta inclinada	Colina baja inclinada	Terraza alta	Vector Priorizacion
Ladera de montaña	0.414	0.500	0.391	0.290	0.286	0.376
Colina alta empinada	0.207	0.250	0.391	0.290	0.214	0.271
Colina alta inclinada	0.138	0.083	0.130	0.290	0.214	0.171
Colina baja inclinada	0.138	0.083	0.043	0.097	0.214	0.115
Terraza alta	0.103	0.083	0.043	0.032	0.071	0.067
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

FACTORES CONDICIONANTES

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	Ladera de montaña	Colina alta empinada	Colina alta inclinada	Colina baja inclinada	Terraza alta	Vector Suma Ponderado
Ladera de montaña	0.376	0.541	0.514	0.345	0.267	2.044
Colina alta empinada	0.188	0.271	0.514	0.345	0.200	1.518
Colina alta inclinada	0.125	0.090	0.171	0.345	0.200	0.933
Colina baja inclinada	0.125	0.090	0.057	0.115	0.200	0.588
Terraza alta	0.094	0.090	0.057	0.038	0.067	0.347

HALLANDO λ_{max}	Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
	5.432
	5.612
	5.446
	5.108
	5.188
SUMA	26.786
PROMEDIO	5.357

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.089
RC	0.080

4.- UNIDADES GEOLÓGICAS

PARAMETRO	DESCRIPTOR	Nº DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES	Pponderado
UNIDADES GEOLOGICAS	D1	5	Depositos Inconsolidados aluviales recientes	0.503
	D2		Formación Quilquiñan/Mujarrum	0.260
	D3		Formación Cajamarca	0.134
	D4		Formación Yumagual	0.068
	D5		Depositos coluviales	0.035

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

DESCRIPTORES	Depositos Inconsolidados	Formación Quilquiñan/Mujarrum	Formación Cajamarca	Formación Yumagual	Depósitos coluviales
Depositos Inconsolidados	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Formación Quilquiñan/Mujarrum	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Formación Cajamarca	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Formación Yumagual	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Depósitos coluviales	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

FACTORES CONDICIONANTES

MATRIZ DE NORMALIZACION

DESCRIPTORES	Depositos Inconsolidados	Formación Quilquiñan/Mujarrum	Formación Cajamarca	Formación Yumagual	Depósitos coluviales	Vector Priorizacion
Depositos Inconsolidados	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Formación Quilquiñan/Mujarrum	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Formación Cajamarca	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Formación Yumagual	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Depósitos coluviales	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

DESCRIPTORES	Depositos Inconsolidados	Formación Quilquiñan/Mujarrum	Formación Cajamarca	Formación Yumagual	Depósitos coluviales	Vector Suma Ponderado
Depositos Inconsolidados	0.376	0.812	0.856	0.806	0.601	3.451
Formación Quilquiñan/Mujarrum	0.125	0.271	0.514	0.576	0.468	1.953
Formación Cajamarca	0.075	0.090	0.171	0.345	0.334	1.016
Formación Yumagual	0.054	0.054	0.057	0.115	0.200	0.480
Depósitos coluviales	0.042	0.039	0.034	0.038	0.067	0.220

HALLANDO λ_{max}

	Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
	6.864
	7.505
	7.563
	7.089
	6.315
SUMA	35.336
PROMEDIO	7.067

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.517
RC	0.464

FACTORES DESENCADENANTE

PRECIPITACION

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES	Pponderado	
PRECIPITACION	PP1	5	pma > 2000mm	Extremadamente Lluvioso	0.423
	PP2		1500mm < pma ≤ 2000mm	Muy Lluvioso	0.269
	PP3		1000mm < pma ≤ 1500mm	Lluvioso	0.157
	PP4		850mm < pma ≤ 1000mm	Moderadamente Lluvioso	0.096
	PP5		pma < 850mm	Escasamente Lluvioso	0.056

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

PRECIPITACION	pma ≥ a 2000 mm/año	pma 1500 a 2000 mm/año	pma 1000 a 1500 mm/año	pma 850 a 1000 mm/año	pma < 850 mm/año
pma ≥ a 2000 mm/año	1.00	2.00	3.00	4.00	6.00
pma 1500 a 2000 mm/año	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
pma 1000 a 1500 mm/año	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
pma 850 a 1000 mm/año	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
pma < 850 mm/año	0.17	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.25	4.03	6.83	10.50	17.00
1/SUMA	0.44	0.25	0.15	0.10	0.06

MATRIZ DE NORMALIZACION

PRECIPITACION	pma ≥ a 2000 mm/año	pma 1500 a 2000 mm/año	pma 1000 a 1500 mm/año	pma 850 a 1000 mm/año	pma < 850 mm/año	Vector Priorizacion
pma ≥ a 2000 mm/año	0.444	0.496	0.439	0.381	0.353	0.423
pma 1500 a 2000 mm/año	0.222	0.248	0.293	0.286	0.294	0.269
pma 1000 a 1500 mm/año	0.148	0.124	0.146	0.190	0.176	0.157
pma 850 a 1000 mm/año	0.111	0.083	0.073	0.095	0.118	0.096
pma < 850 mm/año	0.074	0.050	0.049	0.048	0.059	0.056
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

HALLANDO EL VECTOR SUMA PONDERADO

PRECIPITACION	pma ≥ a 2000 mm/año	pma 1500 a 2000 mm/año	pma 1000 a 1500 mm/año	pma 850 a 1000 mm/año	pma < 850 mm/año	Vector Suma Ponderado
pma ≥ a 2000 mm/año	0.423	0.537	0.471	0.384	0.335	2.149
pma 1500 a 2000 mm/año	0.211	0.269	0.314	0.288	0.279	1.361
pma 1000 a 1500 mm/año	0.141	0.134	0.157	0.192	0.167	0.791
pma 850 a 1000 mm/año	0.106	0.090	0.079	0.096	0.112	0.481
pma < 850 mm/año	0.070	0.054	0.052	0.048	0.056	0.280

HALLANDO λ_{max}	Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
--------------------------	---

5.086
5.067
5.039
5.015
5.025

SUMA	25.231
PROMEDIO	5.046

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.012
RC	0.010

MATRIZ DE PELIGRO

FACTORES CONDICIONANTES (FC)					FACTOR DESENCADENANTE (FD)	SUSCEPTIBILIDAD (S)
0.60					0.40	0.50
PENDIENTE	VEGETACIÓN	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES GEOLOGICAS	VALOR FC	PRECIPITACION PP	SUSCEPTIBILIDAD TOTAL
0.558	0.263	0.122	0.057			
0.497	0.503	0.376	0.503	0.484	0.423	0.460
0.244	0.260	0.271	0.260	0.253	0.269	0.259
0.141	0.134	0.171	0.134	0.142	0.157	0.148
0.075	0.068	0.115	0.068	0.077	0.096	0.085
0.043	0.035	0.067	0.035	0.044	0.056	0.048



NIVEL	RANGO
MUY ALTO	0.259 < R ≤ 0.460
ALTO	0.148 < R ≤ 0.259
MEDIO	0.085 < R ≤ 0.148
BAJO	0.085 ≤ R ≤ 0.048

MATRIZ DE SUSCEPTIBILIDAD

NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.259	< R ≤	0.460
ALTO	0.148	< R ≤	0.259
MEDIO	0.085	< R ≤	0.148
BAJO	0.048	≤ R ≤	0.085

Anexo D. Estudio de mecánica de suelos



GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
"LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS"

ENSAYO DE SPT

(D:f 0.00@6.00m)

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD

	INFORME	Código	AE-FO-01-1
	REGISTRO ESTRATIGRÁFICO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

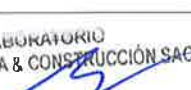
Proyecto: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".
Solicitantes: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ
Calicata: C-01
Ubicación: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA
Material: Terreno natural

Muestreado por : SOLICITANTE
Ing. Responsable : G.R.R.
Fecha de Muestreo: Abr-23
Turno: Diurno

Código de Muestra: 01 **Profundidad Total:** 6.00m m
Progresiva: -

PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10		material organico de cultivo de color marron claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.			
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60		Material arcillosas, de color amarillento oscuro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	M1	CH	A-7-6 (17)
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50		Material limos arcillosos, de color amarillento claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	M-2	MH	A-7-6 (16)
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50		Material arcillosas, de color amarillento claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	M-3	CH	A-7-6 (19)
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50		Material limos arcillosos, de color marron claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	M-4	MH	A-7-6 (16)
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					
4.30					
4.40					
4.50		Material limos arcillosos, de color marron claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	M-5	MH	A-7-6 (15)
4.60					
4.70					
4.80					
4.90					
5.00					
5.10					
5.20					
5.30					
5.40					
5.50		Material arcillosos, de color beige claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	M-6	CL	A-7-6 (10)
5.60					
5.70					
5.80					
5.90					
6.00					

GSE - LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN

TECNICO LEM Nombre y firma  Erlin Clavo Rimarachin <small>INGENIERO CIVIL EN OBRAS DE CONCRETO Y ASFALTO</small>	JEFE LEM Nombre y firma	COC - LEM Nombre y firma  Geremias Rimarachin Rimarachin <small>INGENIERO CIVIL Reg. C.P. N° 267670</small>
---	-----------------------------------	--



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR (S.P.T.) ASTM D 1586

PROYECTO :

"DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

UBICACIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA

SOLICITANTES : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ

NIVEL DE REFERENCIA: ESTABILIDAD DEL TALUD

CALICATA : C-01 M-1 AL M-6

HECHO: SOLICITANTE

ING.RESP: G.R.R

N° DE PERFORACION : 001

FEHA : 17/04/2023

Prof. (m) 0.00	Inicio de Ensayo	N/ 15	N/ 30	N/ 45	N/ 30cm		SPT	Rp (kg/cm ²)	φ (°)	δ u (kg/cm ²)	CLASIFICACION SUCS			Muestra
					N/ campo	N/ corre gido					Descripcion	Tipo de Suelo	Simbolo	
1.00	0.00	5	7	6	13	10	39	30.0	0.98	Material arcillosas, de color amarillento oscuro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	CH		M1	
2.00	1.00	6	12	11	23	17	69	32.1	1.73	Material limos arcillosos, de color amarillento claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	MH		M2	
3.00	2.00	17	11	10	21	16	63	31.7	1.58	Material arcillosas, de color amarillento claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	CH		M-03	
4.00	3.00	12	12	12	24	18	72	32.3	1.80	Material limos arcillosos, de color marron claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	MH		M-04	
5.00	4.00	15	13	15	28	24	95.2	33.9	2.38	Material limos arcillosos, de color marron claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	MH		M-05	
6.00	5.00	18	25	32	57	48	193.8	40.4	4.85	Material arcillosos, de color beige claro, con alto contenido de humedad natural y alto porcentaje de plasticidad.	CL		M-06	

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 157623

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Ceremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 157623



ENSAYO DE CLASIFICACION (D:f. 0.00@1.00m)

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 167870



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NORMA MYC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

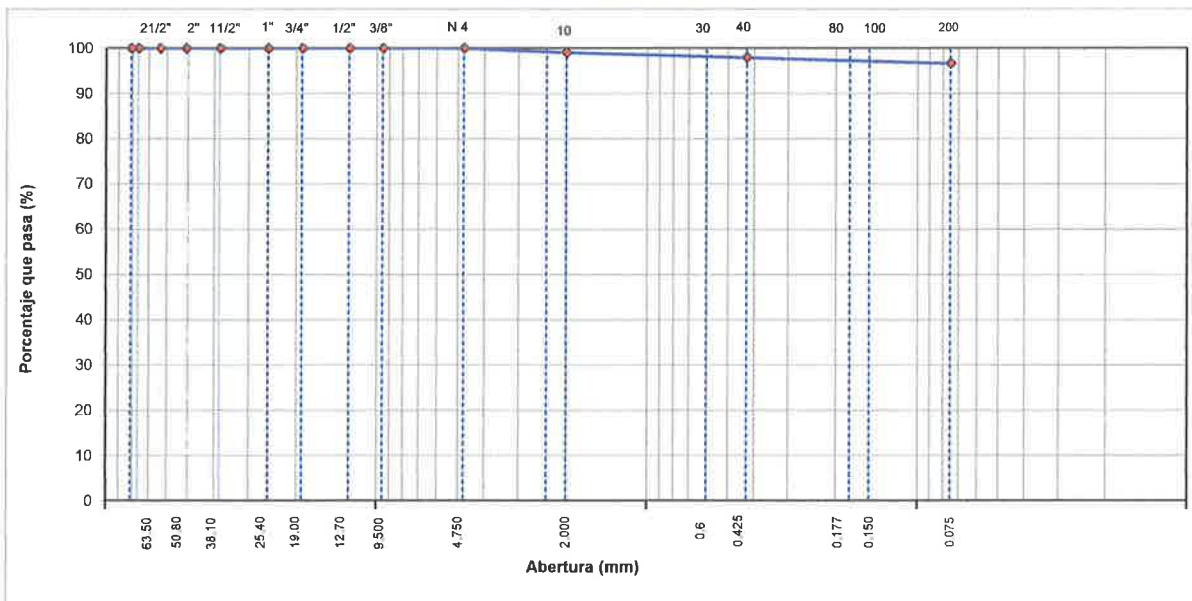
ESTRUCTURA	: ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR	: SOLICITANTE
UBICACIÓN	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	ING. RESP.	: G.R.R
SOLICITANTES	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA	: 19/04/2023

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	: TOMADA DE DF: 0.00 @ 1.00 m	TAMAÑO MAXIMO	:
DIRECCION	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	PESO INICIAL	: 560.0 g
CALICATA	: C - 1	FRACCION SECA	: 560.0 g
MUESTRA	: M-1	PROFUND. (M.)	: Df. 0.00@1.00m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Material >4: 0.0%
2"	50.800						% Peso Material <4 100.0%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL): 53.5
1"	25.400						Límite Plástico (LP): 28.4
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP): 25.1
1/2"	12.700						Clasificación(SUCS): CH
3/8"	9.500						Clasific (AASHTO): A-7-6 (17)
Nº 4	4.750				100.0		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	5.2	0.9	0.9	99.1		Contenido de Humedad (%): 35.40
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840						Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600						Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	6.30	1.1	2.1	97.9		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	4.10	0.7	2.8	97.2		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	3.20	0.6	3.4	96.6		
< Nº 200	FONDO	541.20	96.6	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
 Geremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 267870

**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS**

PROYECTO: "DESlizamiento PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	TOMADA DE DF: 0.00 @ 1.00 m	CALICATA :	C - 1
DIRRECCIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	MUESTRA :	M-1
MUESTRA :	M-1	PROF. (M.) :	Df. 0.00@1.00m

MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	630.0			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	465.3			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	164.7			
PESO DE SUELO SECO	465.3			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	35.40			

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 35.4**Observaciones:** LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267329



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	TOMADA DE DF: 0.00 @ 1.00 m	CALICATA :	C - 1
DIRRECIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	MUESTRA :	M-1
MUESTRA :	M-1	PROFUNDIDAD :	Df. 0.00@1.00m

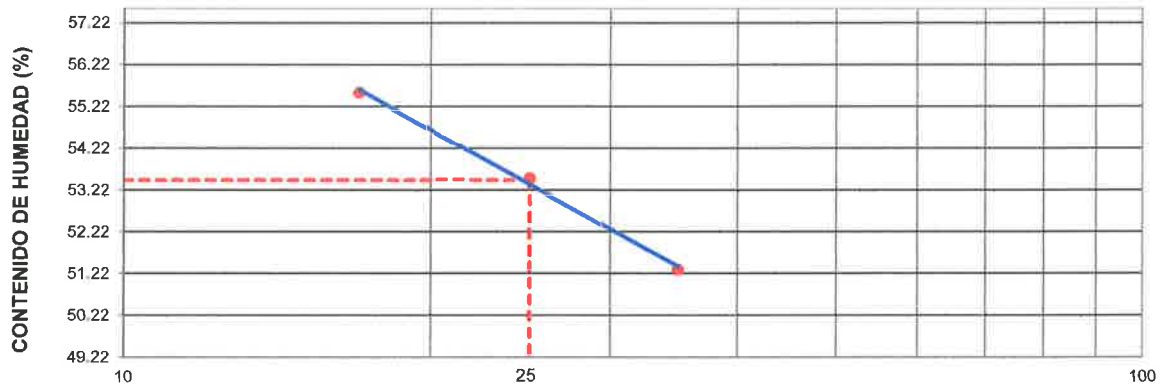
LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO		1	2	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	59.18	59.95	60.43	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.35	46.52	46.58	
PESO DE AGUA	(g)	12.83	13.43	13.85	
PESO DEL TARRO	(g)	21.35	21.42	21.65	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	25.00	25.10	24.93	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	51.32	53.51	55.56	53.46
NUMERO DE GOLPES		35	25	17	25.67

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO		4	5		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	25.30	25.52		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	23.35	23.54		
PESO DE AGUA	(g)	1.95	1.98		
PESO DEL TARRO	(g)	16.52	16.54		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.83	7.00		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	28.55	28.29		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	53.5
LIMITE PLASTICO	28.4
INDICE DE PLASTICIDAD	25.1

Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Ceremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 257320



ENSAYO DE CLASIFICACION (D:f. 1.00@2.00m)

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TEL.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

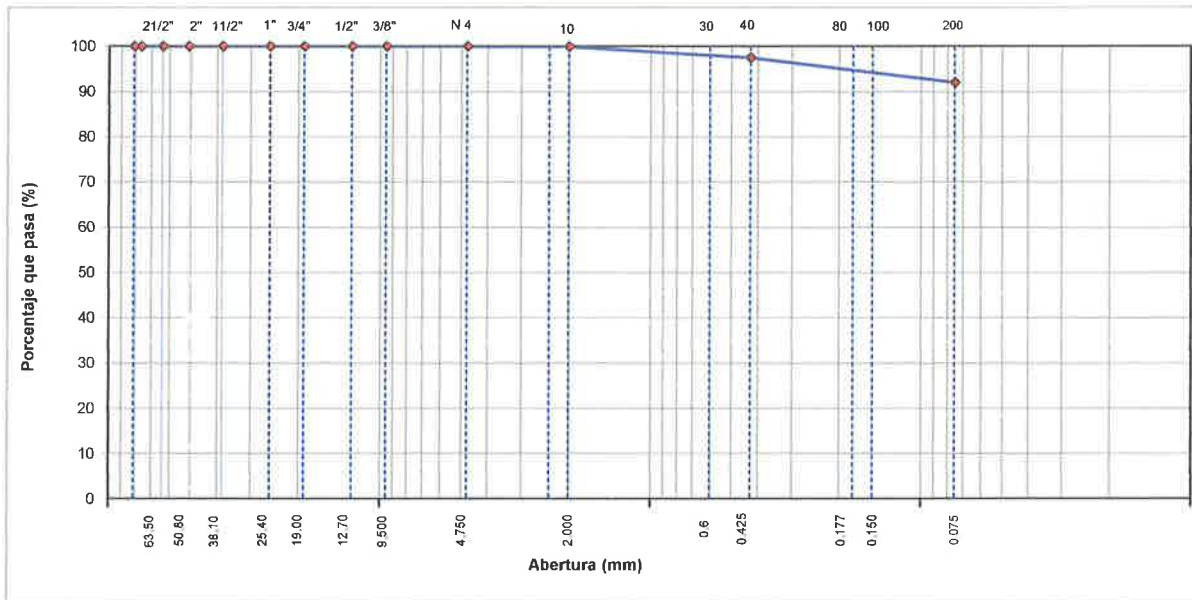
ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	19/04/2023

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	TOMADA DE DF: 1.00 @ 2.00 m	TAMAÑO MÁXIMO :	
DIRECCIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	PESO INICIAL :	660.0 g
CALICATA :	C - 1	FRACCIÓN SECA :	660.0 g
MUESTRA :	M-2	PROFUND. (M.) :	Df. 1.00@2.00m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Material >4: 0.0%
2"	50.800						% Peso Material <4 100.0%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL): 52.5
1"	25.400						Límite Plástico (LP): 29.4
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP): 23.1
1/2"	12.700						Clasificación(SUCS): MH
3/8"	9.500						Clasific (AASHTO): A-7-6 (16)
Nº 4	4.750				100.0		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	0.4	0.1	0.1	99.9		Contenido de Humedad (%): 30.97
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840						Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600						Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	15.90	2.4	2.5	97.5		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	26.70	4.0	6.5	93.5		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	9.40	1.4	7.9	92.1		
< Nº 200	FONDO	607.60	92.1	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.





LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD
UBICACIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA
SOLICITANTES : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ
HECHO POR : SOLICITANTE
ING. RESP. : G.R.R
FECHA : Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL : TOMADA DE DF: 1.00 @ 2.00 m
DIRRECIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA
MUESTRA : M-2
CALICATA : C - 1
MUESTRA : M-2
PROF. (M.) : Df. 1.00@2.00m

MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	1015.0			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	775.0			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	240.0			
PESO DE SUELO SECO	775.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	30.97			

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 31.0

Observaciones: LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267870

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267870



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR : SOLICITANTE
UBICACIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. : G.R.R
SOLICITANTES : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA : Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL : TOMADA DE DF: 1.00 @ 2.00 m	CALICATA : C - 1
DIRECCIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	MUESTRA : M-2
MUESTRA : M-2	PROFUNDIDAD : Df. 1.00@2.00m

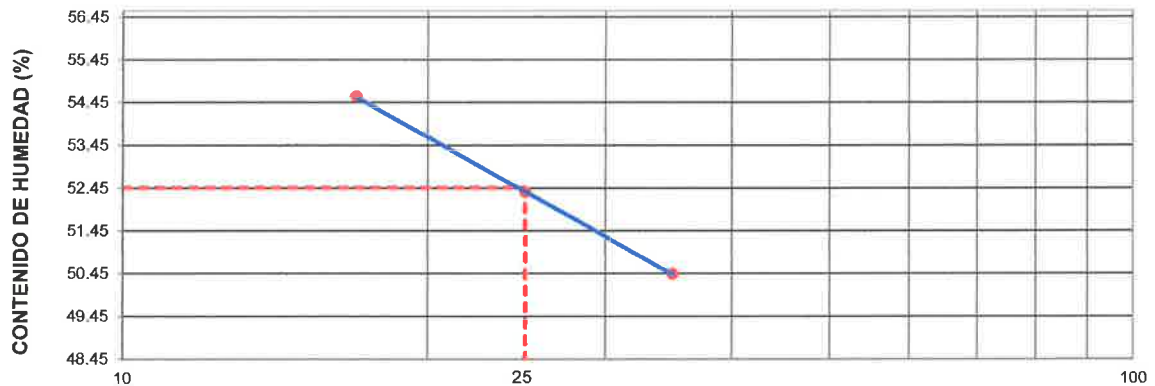
LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO	6	7	8	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	59.12	59.44	60.61	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	46.52	46.35	46.85	
PESO DE AGUA (g)	12.60	13.09	13.76	
PESO DEL TARRO (g)	21.54	21.35	21.65	
PESO DEL SUELO SECO (g)	24.98	25.00	25.20	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	50.45	52.36	54.60	52.47
NUMERO DE GOLPES	35	25	17	25.67

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO	9	10	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	25.58	25.69	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	23.52	23.63	
PESO DE AGUA (g)	2.06	2.06	
PESO DEL TARRO (g)	16.52	16.65	
PESO DEL SUELO SECO (g)	7.00	6.98	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)	29.43	29.46	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	52.5
LIMITE PLASTICO	29.4
INDICE DE PLASTICIDAD	23.1

Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORANTISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 167870



GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
"LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS"

ENSAYO DE CLASIFICACION (D:f. 2.00@3.00m)

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 167820

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

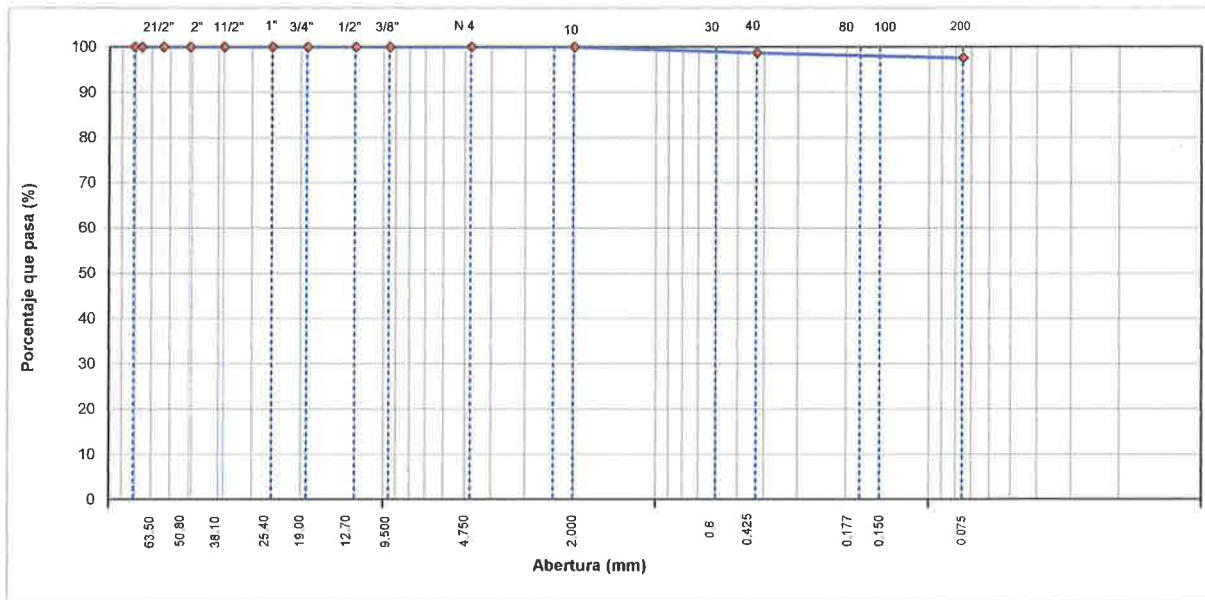
ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R.
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	19/04/2023

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	TOMADA DE DF: 2.00 @ 3.00 m	TAMAÑO MAXIMO :	
DIRRECCIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	PESO INICIAL :	710.0 g
CALICATA :	C - 1	FRACCION SECA :	710.0 g
MUESTRA :	M-3	PROFUND. (M.) :	Df. 2.00@3.00m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Material >4: 0.0%
2"	50.800						% Peso Material <4 100.0%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL) : 57.6
1"	25.400						Límite Plástico (LP) : 29.8
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP) : 27.8
1/2"	12.700						Clasificación(SUCS) : CH
3/8"	9.500						Clasific.(AASHTO) : A-7-6 (19)
Nº 4	4.750						
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000				100.0		Contenido de Humedad (%) : 40.17
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	3.30	0.5	0.5	99.5		Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600						Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	5.80	0.8	1.3	98.7		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	4.60	0.6	1.9	98.1		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	3.30	0.5	2.4	97.6		
< Nº 200	FONDO	693.00	97.6	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 INGENIERO CIVIL (REG. CH Nº 267820)

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Ceremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 (Reg. CH Nº 267820)

**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS**

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R.
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	TOMADA DE DF: 2.00 @ 3.00 m	CALICATA :	C - 1
DIRECCIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	MUESTRA :	M-3
MUESTRA :	M-3	PROF. (M.) :	Df. 2.00@3.00m

MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	820.0			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	585.0			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	235.0			
PESO DE SUELO SECO	585.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	40.17			

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 40.2**Observaciones:** LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

**LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**
Erlin Clavo Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267870

**LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267870



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR : SOLICITANTE
UBICACIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. : G.R.R.
SOLICITANTES : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA : Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL : TOMADA DE DF: 2.00 @ 3.00 m	CALICATA : C - 1
DIRECCIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	MUESTRA : M-3
MUESTRA : M-3	PROFUNDIDAD : Df. 2.00@3.00m

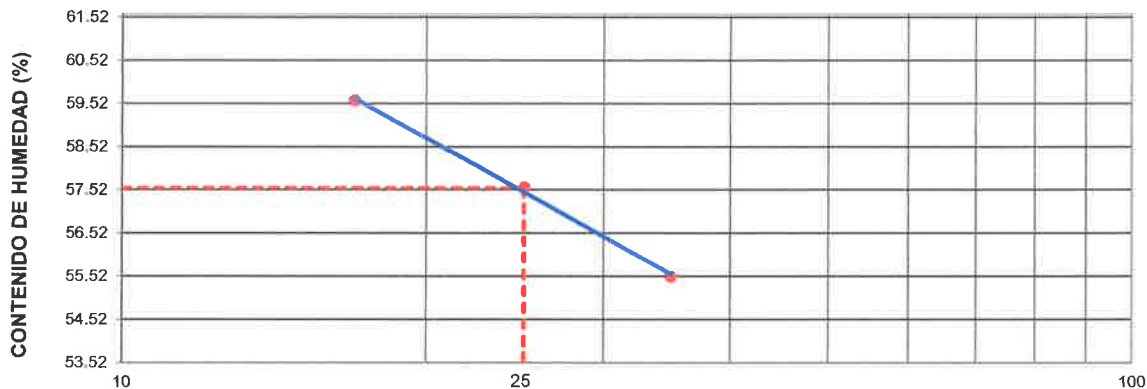
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO		11	12	13	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	60.39	60.69	61.24	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.52	46.35	46.45	
PESO DE AGUA	(g)	13.87	14.34	14.79	
PESO DEL TARRO	(g)	21.54	21.45	21.63	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	24.98	24.90	24.82	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	55.52	57.59	59.59	57.57
NUMERO DE GOLPES		35	25	17	25.67

LIMITE PLASTICO

N° TARRO		14	15		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	25.60	25.75		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	23.52	23.63		
PESO DE AGUA	(g)	2.08	2.12		
PESO DEL TARRO	(g)	16.54	16.52		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.98	7.11		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	29.80	29.82		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	57.6
LIMITE PLASTICO	29.8
INDICE DE PLASTICIDAD	27.8

Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Ceremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 267820



ENSAYO DE CLASIFICACION (D:f. 3.00@4.00m)

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267879

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA: MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

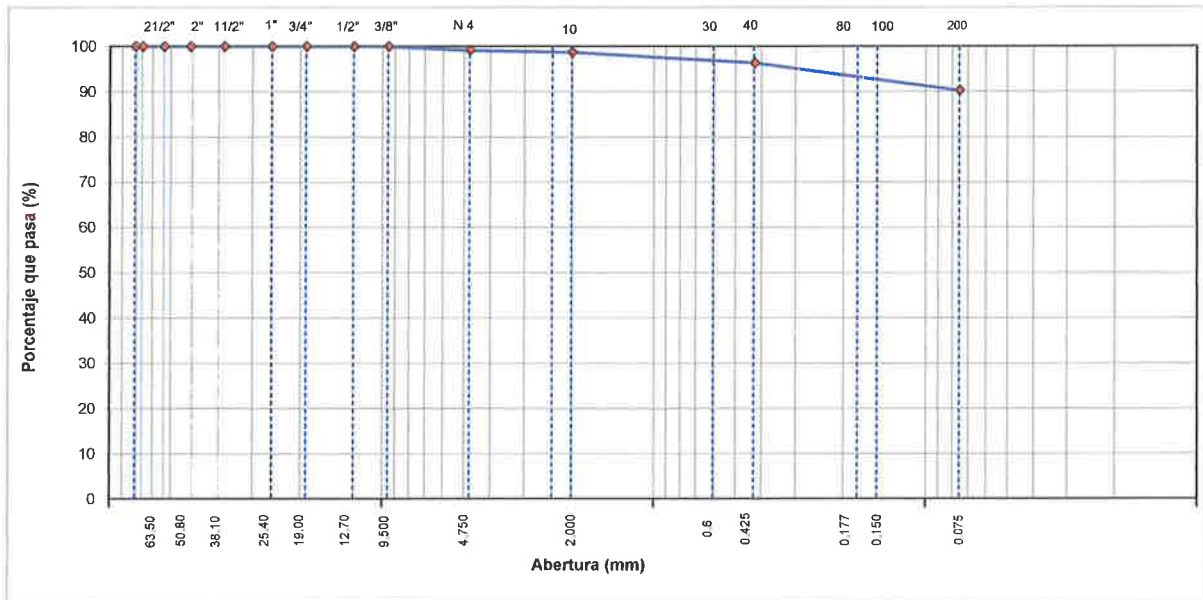
ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R.
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	19/04/2023

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	TOMADA DE DF. 3.00 @ 4.00 m	TAMAÑO MÁXIMO :	
DIRRECIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	PESO INICIAL :	630.0 g
CALICATA :	C - 1	FRACCIÓN SECA :	630.0 g
MUESTRA :	M-4	PROFUND. (M.) :	Df. 3.00@4.00m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Material >4: 0.8%
2"	50.800						% Peso Material <4 99.2%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL) : 51.6
1"	25.400						Límite Plástico (LP) : 28.6
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP) : 23.0
1/2"	12.700						Clasificación(SUCS) : MH
3/8"	9.500				100.0		Clasific. (AASHTO) : A-7-6 (16)
Nº 4	4.750	5.2	0.8	0.8	99.2		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	2.5	0.4	1.2	98.8		Contenido de Humedad (%) : 26.51
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840						Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600						Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	15.26	2.4	3.6	96.4		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	17.52	2.8	6.4	93.6		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	21.20	3.3	9.7	90.3		
< Nº 200	FONDO	573.52	90.3	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.





LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD
UBICACIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA
SOLICITANTES : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ
HECHO POR : SOLICITANTE
ING. RESP. : G.R.R.
FECHA : Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL : TOMADA DE DF: 3.00 @ 4.00 m
DIRRECCIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA
MUESTRA : M-4
CALICATA : C - 1
MUESTRA : M-4
PROF. (M.) : Df. 3.00@4.00m

MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	525.0			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	415.0			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	110.0			
PESO DE SUELO SECO	415.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	26.51			

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 26.5

Observaciones: LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Cereñas Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 207870



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR : SOLICITANTE
UBICACIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. : G.R.R.
SOLICITANTES : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA : Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL : TOMADA DE DF: 3.00 @ 4.00 m	CALICATA : C - 1
DIRECCIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	MUESTRA : M-4
MUESTRA : M-4	PROFUNDIDAD : DF. 3.00@4.00m

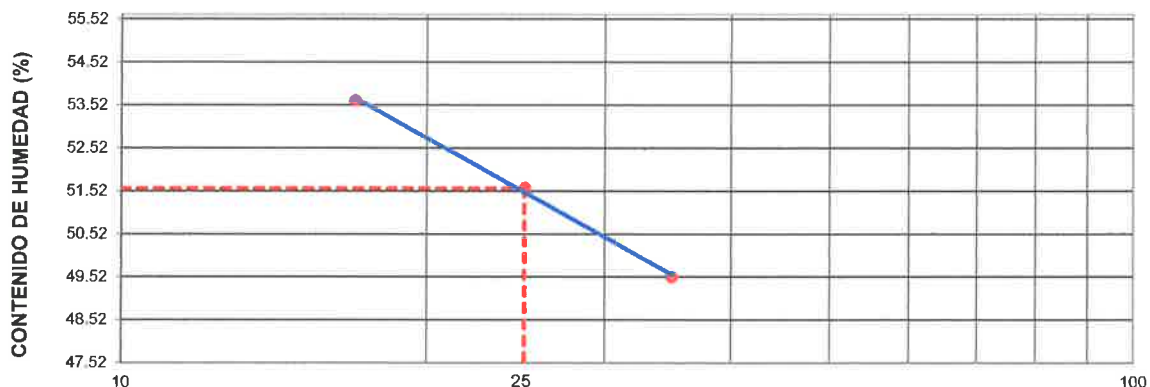
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	16	17	18	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	59.04	59.60	60.81	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	46.62	46.58	47.21	
PESO DE AGUA (g)	12.42	13.02	13.60	
PESO DEL TARRO (g)	21.54	21.35	21.85	
PESO DEL SUELO SECO (g)	25.08	25.23	25.36	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	49.52	51.61	53.63	51.59
NUMERO DE GOLPES	35	25	17	25.67

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	19	20		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	25.25	25.70		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	23.25	23.63		
PESO DE AGUA (g)	2.00	2.07		
PESO DEL TARRO (g)	16.25	16.39		
PESO DEL SUELO SECO (g)	7.00	7.24		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)	28.54	28.63		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	51.6
LIMITE PLASTICO	28.6
INDICE DE PLASTICIDAD	23.0

Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASPHALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 267970



ENSAYO DE CLASIFICACION (D:f. 4.00@5.00m)

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 167870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

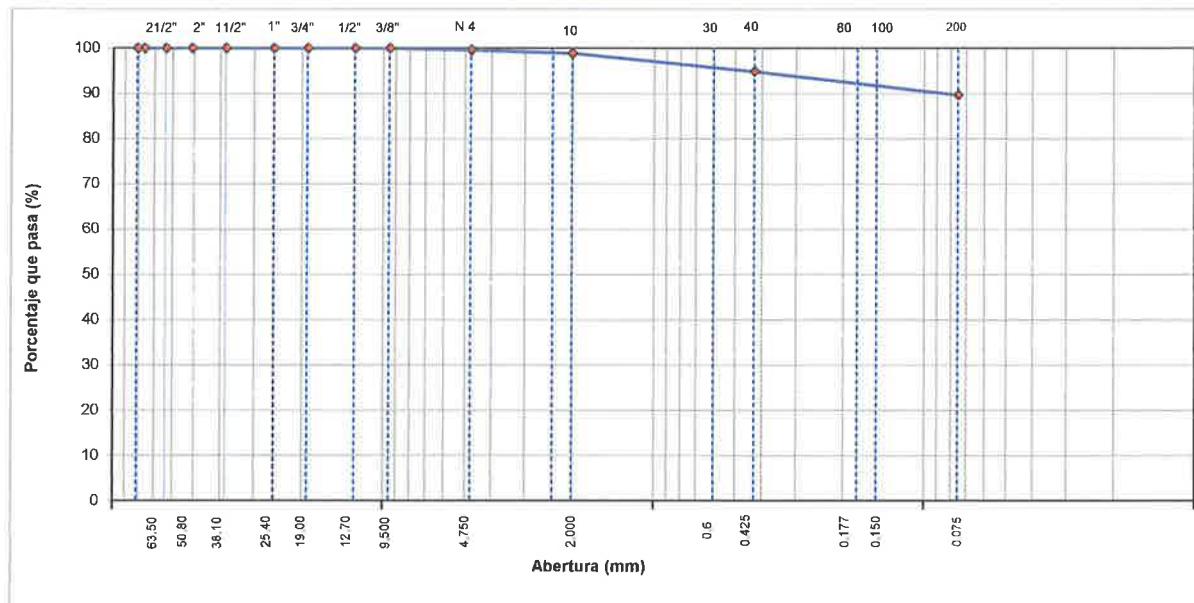
ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	19/04/2023

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	TOMADA DE DF 4 00 @ 5 00 m	TAMAÑO MAXIMO :	
DIRRECIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	PESO INICIAL :	530.0 g
CALICATA :	C - 1	FRACCION SECA :	530.0 g
MUESTRA :	M-5	PROFUND. (M.) :	Df. 4 00@5 00m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Material >4: 0.4%
2"	50.800						% Peso Material <4 99.6%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL) : 50.3
1"	25.400						Límite Plástico (LP) : 28.4
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP) : 21.9
1/2"	12.700						Clasificación(SUCS) : MH
3/8"	9.500				100.0		Clasific.(AASHTO) : A-7-6 (15)
Nº 4	4.750	2.0	0.4	0.4	99.6		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	3.9	0.7	1.1	98.9		Contenido de Humedad (%) : 23.77
Nº 16	1.190						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840						Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600						Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	21.20	4.0	5.1	94.9		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	15.20	2.9	8.0	92.0		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	12.30	2.3	10.3	89.7		
< Nº 200	FONDO	477.40	89.7	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.



**LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS**

PROYECTO: "DESIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R.
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	TOMADA DE DF: 4.00 @ 5.00 m	CALICATA :	C - 1
DIRECCIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	MUESTRA :	M-5
MUESTRA :	M-5	PROF. (M.) :	Df. 4.00@5.00m

MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	630.0			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	509.0			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	121.0			
PESO DE SUELO SECO	509.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	23.77			

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 23.8**Observaciones:** LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

 **LABORATORIO**
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

 **LABORATORIO**
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 257820



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR : SOLICITANTE
UBICACIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. : G.R.R.
SOLICITANTES : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA : Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL : TOMADA DE DF: 4.00 @ 5.00 m	CALICATA : C - 1
DIRRECIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	MUESTRA : M-5
MUESTRA : M-5	PROFUNDIDAD : DF. 4.00@5.00m

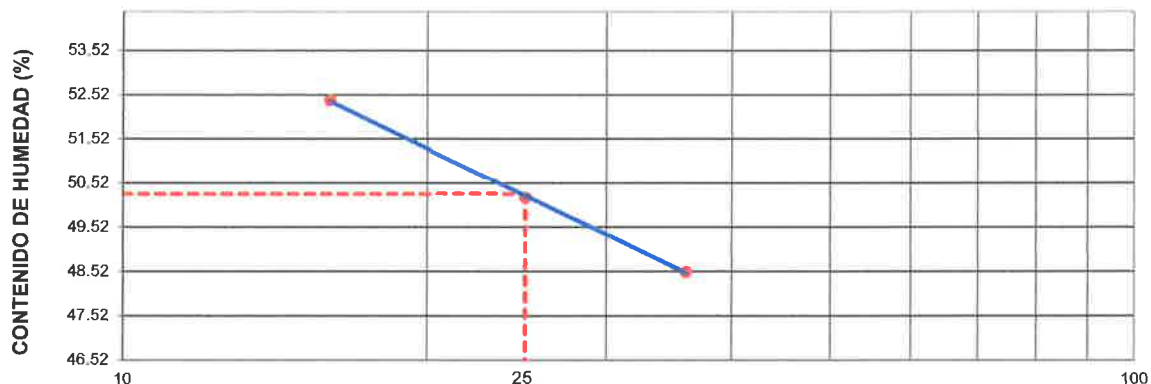
LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO	21	22	23	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	58.65	59.60	59.72	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	46.52	46.85	46.63	
PESO DE AGUA (g)	12.13	12.75	13.09	
PESO DEL TARRO (g)	21.52	21.45	21.65	
PESO DEL SUELO SECO (g)	25.00	25.40	24.98	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	48.52	50.20	52.40	50.37
NUMERO DE GOLPES	36	25	16	25.67

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO	24	25		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	25.50	25.38		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	23.52	23.45		
PESO DE AGUA (g)	1.98	1.93		
PESO DEL TARRO (g)	16.52	16.65		
PESO DEL SUELO SECO (g)	7.00	6.80		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)	28.32	28.45		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	50.3
LIMITE PLASTICO	28.4
INDICE DE PLASTICIDAD	21.9

Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clevo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 257870



GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
"LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS"

ENSAYO DE CLASIFICACION (D:f. 5.00@6.00m)

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 157623

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

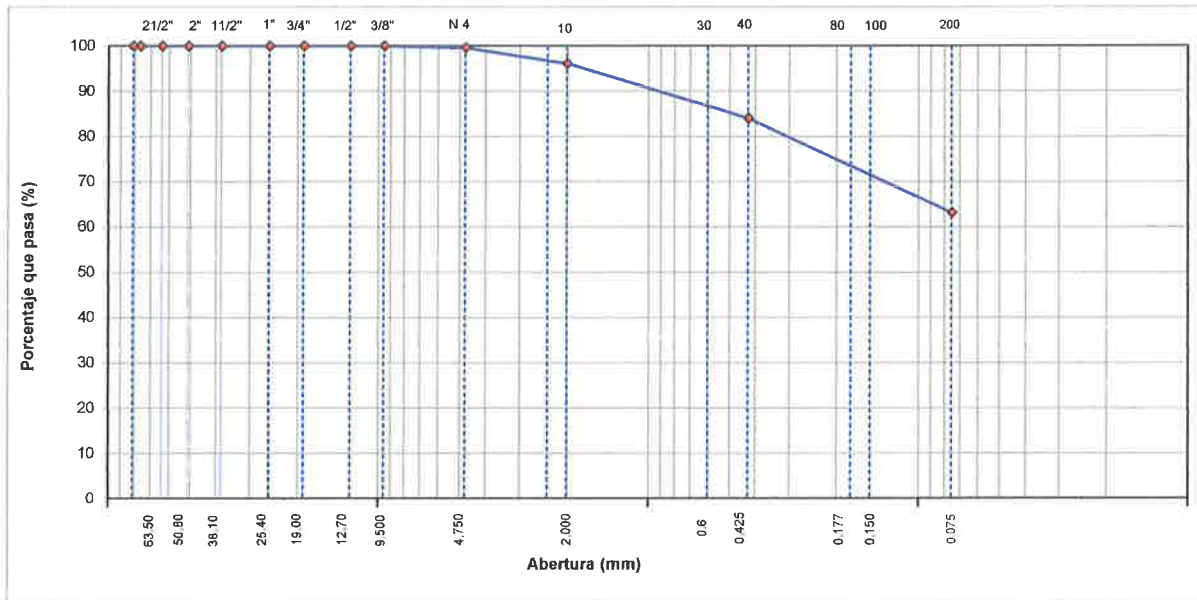
ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R.
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	19/04/2023

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	TOMADA DE DF: 5.00 @ 6.00 m	TAMAÑO MAXIMO :	
DIRRECCION :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	PESO INICIAL :	710.0 g
CALICATA :	C - 1	FRACCION SECA :	710.0 g
MUESTRA :	M-6	PROFUND. (M.) :	Df. 5.00@6.00m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIONES A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.89						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						%Peso Material >4: 0.3%
2"	50.800						% Peso Material <4 99.7%
1 1/2"	38.100						Límite Líquido (LL) : 45.3
1"	25.400						Límite Plástico (LP) : 26.5
3/4"	19.000						Índice Plástico (IP) : 18.8
1/2"	12.700						Clasificación(SUCS) : CI
3/8"	9.500				100.0		Clasific (AASHTO) : A-7-6 (10)
Nº 4	4.750	2.3	0.3	0.3	99.7		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	25.6	3.6	3.9	96.1		Contenido de Humedad (%) : 18.34
Nº 16	1.180						Materia Orgánica :
Nº 20	0.840						Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600						Índice de Líquidez :
Nº 40	0.425	85.60	12.0	15.9	84.1		Descripción del (IC) :
Nº 50	0.300						
Nº 80	0.177						
Nº 100	0.150	96.30	13.5	29.5	70.5		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	52.30	7.3	36.8	63.2		
< Nº 200	FONDO	450.18	63.2	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA




Observaciones:

LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 267870

	LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS
	PROYECTO: "DESlizAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
ESTRUCTURA	: ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR	: SOLICITANTE
UBICACIÓN	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	ING. RESP.	: G.R.R.
SOLICITANTES	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA	: Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA			
MATERIAL	: TOMADA DE DF: 5.00 @ 6.00 m	CALICATA	: C - 1
DIRRECIÓN	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	MUESTRA	: M-6
MUESTRA	: M-6	PROF. (M.)	: Df. 5.00@6.00m


MUESTRA	1			
SUELO HUMEDO + CAPSULA	600.0			
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	507.0			
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0			
PESO DEL AGUA	93.0			
PESO DE SUELO SECO	507.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.34			

PROMEDIO % DE HUMEDAD : 18.3

Observaciones: LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO


LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 267870

	LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS
PROYECTO: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".	

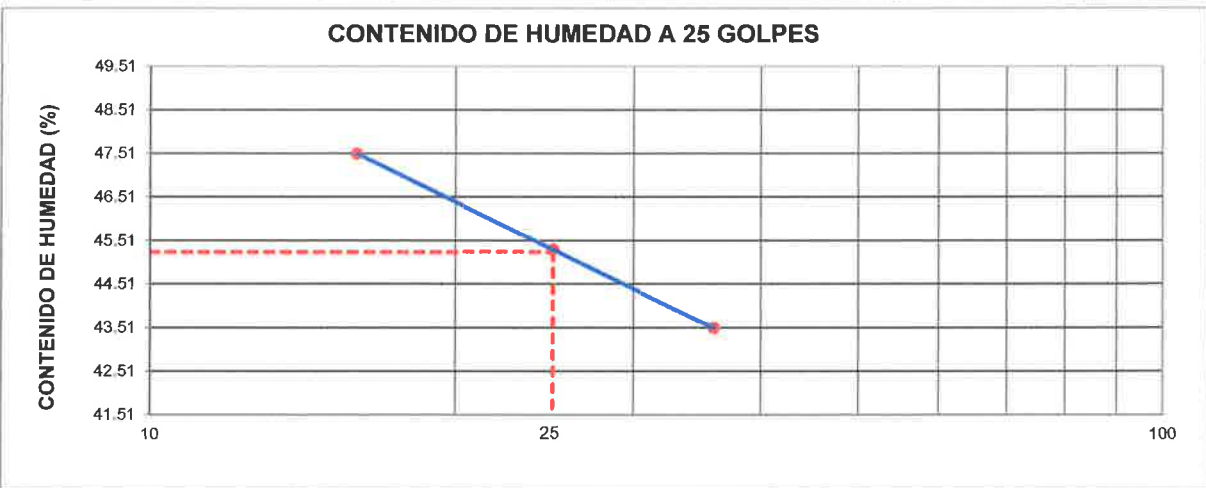
LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	HECHO POR :	SOLICITANTE
UBICACIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	ING. RESP. :	G.R.R.
SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	FECHA :	Abr-23

DATOS DE LA MUESTRA			
MATERIAL :	TOMADA DE DF: 5.00 @ 6.00 m	CALICATA :	C - 1
DIRRECCIÓN :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA	MUESTRA :	M-6
MUESTRA :	M-6	PROFUNDIDAD :	Df. 5.00@6.00m

LIMITE LIQUIDO					
N° TARRO		26	27	28	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	57.39	57.55	58.34	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.52	46.35	46.59	
PESO DE AGUA	(g)	10.87	11.20	11.75	
PESO DEL TARRO	(g)	21.54	21.63	21.85	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	24.98	24.72	24.74	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	43.51	45.31	47.51	45.44
NUMERO DE GOLPES		36	25	16	25.67

LIMITE PLASTICO					
N° TARRO		29	30		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	25.38	25.28		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	23.52	23.45		
PESO DE AGUA	(g)	1.86	1.83		
PESO DEL TARRO	(g)	16.52	16.52		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	7.00	6.93		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	26.57	26.41		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	45.3
LIMITE PLASTICO	26.5
INDICE DE PLASTICIDAD	18.8

Observaciones: LOS ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR FURON REALIZADOS EN CONJUNTO CON EL SOLICITANTES.


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y PAVIMTOS


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Ceremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 267820




ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DE SOLIDOS

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
Gerente General
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD

	INFORME	Código	AE-FO-11
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

PROYECTO : "DESlizamiento para la estabilidad del talud LLARILLACO en la carretera Chota – La Palma, Provincia de Chota".

SOLICITANTES :	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	MUESTREADO POR :	SOLICITANTE
ESTRUCTURA :	ESTABILIDAD DEL TALUD	ENSAYADO POR :	G.R.R
UBICACIÓN DE PROYECTO :	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	FECHA DE ENSAYO :	21/04/2023
ESTRATO :	(0.00 - 6.00m)	TURNO :	Diurno

Material : EXTRAÍDO Y MUESTREADO DE CALICATA
Sondaje : C-1
N° de Muestra : M-1
Estructura : ESTABILIDAD DEL TALUD

**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS
ASTM D854**



MÉTODO DE ENSAYO "B"

Gravedad específica de sólidos	(g)	2.52
Temperatura del agua destilada durante el ensayo	°C	23.4
Coefficiente de Temperatura (K)	---	0.99924
Gravedad específica de sólidos corregida por T°	(g)	2.51

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y COSNTRUCCION

INGEOCONTROL SAC

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CQC - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Erlin Clavo Rimarachin <small>LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC</small>	A:		A:	 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Geremias Rimarachin <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>Reg. CIP N° 267929</small>	A:



ENSAYO DE CORTE DIRECTO MUESTRA N°03

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 209520

	FORMATO	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

PROYECTO : "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

Solicitantes : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ Muestreado por : SOLICITANTE
 Propietario : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ Ensayado por : G.R.R
 Ubicación de Proyecto : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA Fecha de Ensayo: 21/04/2023
 Material : ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD Turno: DIA

Código de Muestra : 003 Profundidad: 3.00 m
 Sondaje / Calicata : 01 Norte: 9280539
 N° de Muestra : M-3 Este: 762496
 ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD Cota: 2852 ms.n.m.

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.96	23.95	23.97
Díámetro (mm)	60.73	60.75	60.73
Area inicial (cm ²)	28.97	28.99	28.97
Volumen de la muestra (cm ³)	69.40	69.42	69.43


DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Peso húmedo de la muestra + Peso del anillo (g)	206.40	206.52	206.48
Peso del anillo (g)	84.5	84.5	84.5
Peso de la muestra húmeda (g)	121.90	122.02	121.98
Peso de la muestra seca (g)	86.20	86.90	86.78
Contenido de humedad (%)	41.42	40.41	40.56
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.756	1.758	1.758
Densidad seca (g/cm ³)	1.242	1.252	1.250

Realizado por:	ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
	Altura Inicial:	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm	24.0 mm	
	Díámetro de muestra :	60.7 mm	60.7 mm	60.7 mm	60.7 mm	60.7 mm	
	Area Inicial:	29.0 cm ²	29.0 cm ²	29.0 cm ²	29.0 cm ²	29.0 cm ²	
	Densidad Seca:	1.242 g/cm ³	1.252 g/cm ³	1.250 g/cm ³	1.250 g/cm ³	1.250 g/cm ³	
	Humedad:	41.4 %	40.4 %	40.6 %	40.6 %	40.6 %	
	Peso Normal :	1.452 kg	2.910 kg	2.910 kg	4.355 kg	4.355 kg	
	Esfuerzo Normal :	0.50 kg/cm ²	1.00 kg/cm ²	1.00 kg/cm ²	1.50 kg/cm ²	1.50 kg/cm ²	
Procesado por:	Deformación horizontal (mm)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
	0.00		0.00		0.00		0.00
	0.25		0.46		1.21		2.35
	0.50		0.52		1.62		2.65
	0.75		0.86		1.58		3.52
	1.00		0.99		2.32		3.54
	1.50		1.21		2.66		4.62
	2.00		1.32		2.85		5.21
	2.50		1.52		3.32		5.85
	3.00		1.85		3.65		6.32
	3.50		2.32		4.21		6.65
	4.00		2.52		4.52		7.25
	4.50		2.65		4.99		7.85
	5.00		2.85		5.65		8.65
	5.50		3.52		6.26		9.52
	6.00		3.86		6.80		10.54
	6.50		4.21		7.32		11.65
	7.00		4.65		7.86		12.52
	7.50		4.86		8.52		12.99
	8.00		5.26		8.99		13.85
	8.50		6.96		9.65		14.78
	9.00		6.25		10.52		15.56
	9.50		6.68		11.56		16.25
	10.00		7.35		12.20		16.85

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 267870

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 2




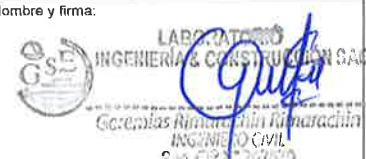
PROYECTO	:"DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".		
Solicitante	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Ensayado por :	G R R
Ubicación de Proyecto	LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	Fecha de Ensayo:	21/04/2023
Material	ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD	Turno:	DIA
Código de Muestra	003	Profundidad:	3,00 m
Sondaje / Calicata	01	Norte:	9280539
Nº de Muestra	M-3	Este:	762496
ESTRUCTURA	ESTABILIDAD DEL TALUD	Cota:	2852 ms.n.m.

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	24,0	mm	Altura Inicial:	24,0	mm	Altura Inicial:	24,0	mm
Lado de caja :	60,7	mm	Lado de caja :	60,7	mm	Lado de caja :	60,7	mm
Area Inicial:	29,0	cm ²	Area Inicial:	29,0	cm ²	Area Inicial:	29,0	cm ²
Densidad Seca:	1,242	gr/cm ³	Densidad Seca:	1,242	gr/cm ³	Densidad Seca:	1,250	gr/cm ³
Humedad Inic:	41,4	%	Humedad Inic:	41,4	%	Humedad Inic:	40,6	%
Esf. Normal :	0,50	kg/cm ²	Esf. Normal :	1,00	kg/cm ²	Esf. Normal :	1,50	kg/cm ²
Esf. Corte:	0,25	kg/cm ²	Esf. Corte:	0,42	kg/cm ²	Esf. Corte:	0,58	kg/cm ²

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.02	0.04	0.41	0.04	0.05	0.41	0.08	0.07
0.82	0.02	0.05	0.82	0.05	0.07	0.82	0.09	0.08
1.23	0.03	0.07	1.23	0.05	0.07	1.23	0.12	0.10
1.65	0.03	0.09	1.65	0.08	0.10	1.65	0.12	0.10
2.47	0.04	0.10	2.47	0.09	0.11	2.47	0.16	0.13
3.29	0.05	0.11	3.29	0.10	0.12	3.29	0.18	0.15
4.12	0.05	0.13	4.12	0.11	0.14	4.12	0.20	0.16
4.94	0.06	0.15	4.94	0.13	0.15	4.94	0.22	0.18
5.76	0.08	0.19	5.76	0.15	0.17	5.76	0.23	0.18
6.59	0.09	0.21	6.59	0.16	0.18	6.59	0.25	0.20
7.41	0.09	0.22	7.41	0.17	0.20	7.41	0.27	0.21
8.23	0.10	0.23	8.23	0.20	0.23	8.23	0.30	0.23
9.06	0.12	0.28	9.06	0.22	0.25	9.06	0.33	0.25
9.88	0.13	0.30	9.88	0.23	0.27	9.88	0.36	0.28
10.70	0.15	0.33	10.70	0.25	0.29	10.70	0.40	0.30
11.53	0.16	0.36	11.53	0.27	0.30	11.53	0.43	0.32
12.35	0.17	0.37	12.35	0.29	0.33	12.35	0.45	0.33
13.17	0.18	0.40	13.17	0.31	0.34	13.17	0.48	0.35
14.00	0.21	0.45	14.00	0.33	0.36	14.00	0.51	0.37
14.82	0.22	0.47	14.82	0.36	0.39	14.82	0.54	0.39
15.64	0.23	0.49	15.64	0.40	0.43	15.64	0.56	0.40
16.47	0.25	0.54	16.47	0.42	0.45	16.47	0.58	0.41

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA

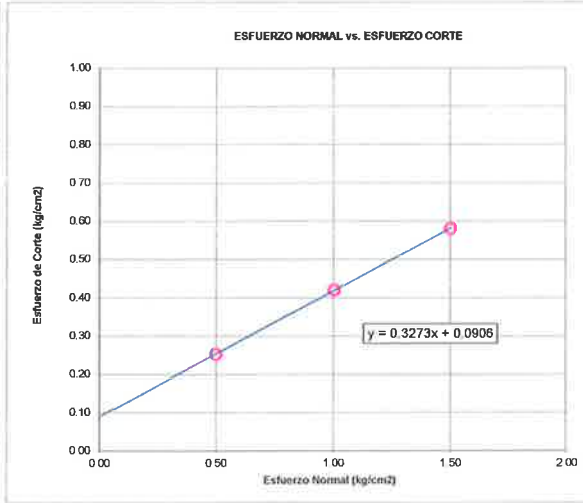
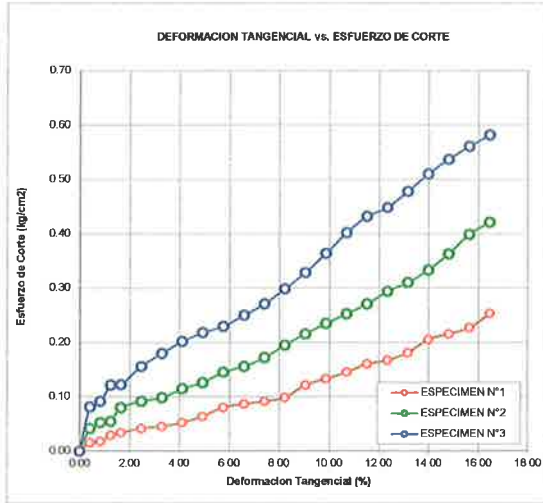
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:   Erlin Clavo Rimarachin Gerencia Técnica	Nombre y firma:	Nombre y firma:   Gerencia Técnica Gerencia Técnica INGENIERIA CIVIL R.O.C. N° 207420

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	2 de 3

Proyecto	:"DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".		
Solicitante	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Ensayado por :	G R R
Ubicación de Proyecto	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	Fecha de Ensayo:	21/04/2023
Material	: ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD	Turno:	DIA
Código de Muestra	: 003	Profundidad:	3.00 m
Sondaje / Calicata	: 01	Norte:	9280539
N° de Muestra	: M-3	Este:	782496
ESTRUCTURA	: ESTABILIDAD DEL TALUD	Cota:	2852 ms. n.m.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080**


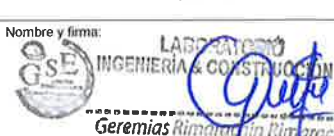
VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
 Cohesión © : 0.33 kg/cm²
 Angulo de fricción (φ) : 5.2°

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  Erlin Clavo Rimarachin LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma: (Espacio vacío para firma)	Nombre y firma:  Geremias Rimarachin INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 267870



ENSAYO DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
RUC: 20605442235
DIRECCION: JR. CAJAMARCA #792 CHOTA - CAJAMARCA
CORREO: gselaboratorio2019@gmail.com, CEL. 930866995

(Norma NTP 339.171)

PROYECTO	: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".		
UBICACIÓN	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA		
EXPLORACION	: 01		
MUESTRA	: M-3		
PROFUNDIDAD	: 3.00		RESP. DE LAB : G R R
COORDENADAS	NORTE: 9280539	ESTE: 762496 2852 ms.n.m.	FECHA : 21/04/2023
SOLICITANTE	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ		ESTADO : REMOLDEADA

Densidad Húmeda gr/cm ³	=	1.76	Profundidad de Cimentacion, Df	=	3.00 m
Cohesion del Suelo ,kg/cm ²	=	0.33	Ancho de Cimentacion, B, m	=	1.50 m
Angulo de Friccion, f, °	=	5.18			

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga	Factor de Seguridad	=	3
	General	Local	
Nc =	7.41	6.78	
Nq =	1.67	1.41	
Ng =	0.42	0.27	

Capacidad de Carga

	Falla Local (kg/cm ²)	
	q _u	q _{adm}
Cimentacion corrida	2.26	0.75
Cimentacion cuadrada	2.69	0.90

Observaciones

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 167879



ENSAYO DE CORTE DIRECTO MUESTRA N°04

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASPALTO

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 INDECOPI N° 824970 – 2019/OSD

	FORMATO	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

PROYECTO : "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

Solicitantes : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ Muestreado por : SOLICITANTE
 Propietario : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ Ensayado por : G.R.R
 Ubicación de Proyecto : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA Fecha de Ensayo: 21/04/2023
 Material : LIMOS INORGANICOS DE ALTA PLASTICIDAD Turno: DIA

Código de Muestra : 004 Profundidad: 4 m
 Sondaje / Calicata : 01 Norte: 9280539
 N° de Muestra : M-4 Este: 762496
 ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD Cota: 2852 ms.n.m.

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.85	23.86	23.82
Diámetro (mm)	60.52	60.56	60.58
Area inicial (cm2)	28.77	28.80	28.82
Volumen de la muestra (cm3)	68.61	68.73	68.66

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Peso humedo de la muestra + Peso del anillo (g)	206.25	206.70	206.50
Peso del anillo (g)	84.5	84.5	84.5
Peso de la muestra humeda (g)	121.75	122.2	122
Peso de la muestra seca (g)	96.00	96.58	96.65
Contenido de humedad (%)	26.82	26.53	26.23
Densidad húmeda (g/cm3)	1.775	1.781	1.778
Densidad seca (g/cm3)	1.399	1.408	1.409

Realizado por:	ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3	
		Altura Inicial:	23.9 mm	23.9 mm	23.9 mm	23.9 mm	23.9 mm
	Diámetro de muestra :	60.5 mm	60.5 mm	60.5 mm	60.5 mm	60.5 mm	60.5 mm
	Area Inicial:	28.8 cm ²	28.8 cm ²	28.8 cm ²	28.8 cm ²	28.8 cm ²	28.8 cm ²
	Densidad Seca:	1.399 g/cm ³	1.408 g/cm ³	1.408 g/cm ³	1.409 g/cm ³	1.409 g/cm ³	1.409 g/cm ³
	Humedad:	26.8 %	26.5 %	26.5 %	26.2 %	26.2 %	26.2 %
	Peso Normal :	1.452 kg	2.910 kg	2.910 kg	4.355 kg	4.355 kg	4.355 kg
Procesado por:	Esfuerzo Normal :	0.50 kg/cm ²	1.01 kg/cm ²	1.01 kg/cm ²	1.51 kg/cm ²	1.51 kg/cm ²	1.51 kg/cm ²
	Deformación horizontal (mm)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
	0.00		0.00		0.00		0.00
	0.25		0.52		1.35		2.45
	0.50		0.85		1.52		2.85
	0.75		1.20		1.85		3.62
	1.00		1.45		2.60		4.56
	1.50		1.65		2.96		4.99
	2.00		1.85		3.52		5.32
	2.50		2.32		3.85		5.86
	3.00		2.65		4.20		6.12
	3.50		2.96		4.85		6.78
	4.00		3.32		5.25		7.85
	4.50		3.52		5.66		8.32
	5.00		3.85		5.96		8.86
	5.50		4.21		6.32		9.65
	6.00		4.65		6.85		9.90
	6.50		4.99		7.85		10.52
	7.00		5.30		8.25		11.65
	7.50		5.58		8.96		11.85
	8.00		5.99		9.85		12.52
	8.50		6.52		10.65		13.52
	9.00		6.85		11.20		14.65
	9.50		7.25		11.85		15.68
	10.00		7.95		12.15		16.35

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA



	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 2



PROYECTO	:"DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".		
Solicitante	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Ensayado por :	G.R.R
Ubicación de Proyecto	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	Fecha de Ensayo:	21/04/2023
Material	: LIMOS INORGANICOS DE ALTA PLASTICIDAD	Turno:	DIA
Código de Muestra	: 004	Profundidad:	4 m
Sondaje / Calicala	: 01	Norte:	9280539
N° de Muestra	: M-4	Este:	762496
ESTRUCTURA	: ESTABILIDAD DEL TALUD	Cota:	2852 ms n.m.

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja :	60.5	mm	Lado de caja :	60.5	mm	Lado de caja :	60.5	mm
Area Inicial:	28.8	cm ²	Area Inicial:	28.8	cm ²	Area Inicial:	28.8	cm ²
Densidad Seca:	1.399	gr/cm ³	Densidad Seca:	1.399	gr/cm ³	Densidad Seca:	1.409	gr/cm ³
Humedad Inic:	26.8	%	Humedad Inic:	26.8	%	Humedad Inic:	26.2	%
Esf. Normal :	0.50	ka/cm ²	Esf. Normal :	1.01	ka/cm ²	Esf. Normal :	1.51	ka/cm ²
Esf. Corte:	0.28	ka/cm ²	Esf. Corte:	0.42	ka/cm ²	Esf. Corte:	0.57	ka/cm ²

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (σ _v)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.02	0.05	0.41	0.05	0.06	0.41	0.09	0.07
0.83	0.03	0.07	0.83	0.05	0.07	0.83	0.10	0.08
1.24	0.04	0.10	1.24	0.06	0.08	1.24	0.12	0.10
1.65	0.05	0.13	1.65	0.09	0.11	1.65	0.16	0.13
2.48	0.06	0.14	2.48	0.10	0.13	2.48	0.17	0.14
3.30	0.06	0.16	3.30	0.12	0.15	3.30	0.18	0.15
4.13	0.08	0.20	4.13	0.13	0.16	4.13	0.20	0.16
4.96	0.09	0.22	4.96	0.15	0.17	4.96	0.21	0.17
5.78	0.10	0.24	5.78	0.17	0.20	5.78	0.24	0.19
6.61	0.12	0.27	6.61	0.18	0.21	6.61	0.27	0.21
7.44	0.12	0.29	7.44	0.20	0.23	7.44	0.29	0.23
8.26	0.13	0.31	8.26	0.21	0.24	8.26	0.31	0.24
9.09	0.15	0.34	9.09	0.22	0.25	9.09	0.34	0.26
9.91	0.16	0.37	9.91	0.24	0.27	9.91	0.34	0.26
10.74	0.17	0.39	10.74	0.27	0.31	10.74	0.37	0.27
11.57	0.18	0.41	11.57	0.29	0.32	11.57	0.40	0.30
12.39	0.19	0.43	12.39	0.31	0.34	12.39	0.41	0.30
13.22	0.21	0.46	13.22	0.34	0.37	13.22	0.44	0.32
14.04	0.23	0.49	14.04	0.37	0.40	14.04	0.47	0.34
14.87	0.24	0.51	14.87	0.39	0.42	14.87	0.51	0.38
15.70	0.25	0.54	15.70	0.41	0.44	15.70	0.55	0.39
16.52	0.28	0.58	16.52	0.42	0.44	16.52	0.57	0.40

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA

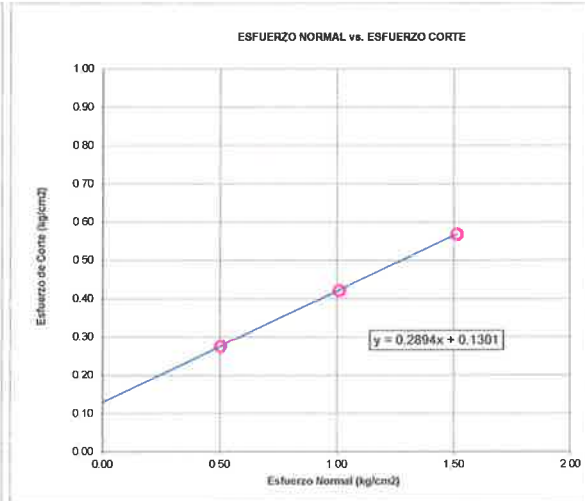
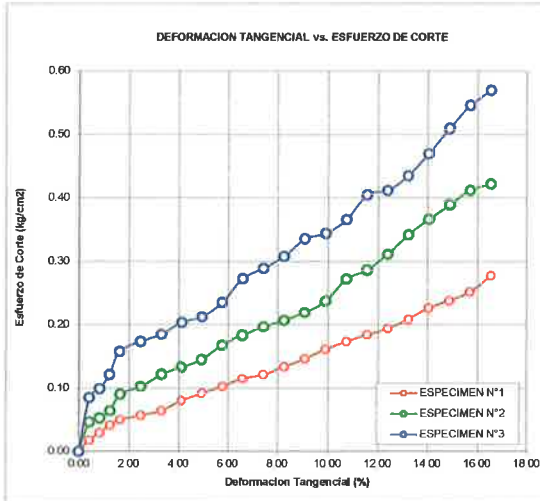
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clavo Rimarachin <small>LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC</small>		 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rimarachin <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>Reg. CIP N° 267870</small>

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	2 de 3

Proyecto	:"DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".		
Solicitante	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Ensayado por :	G. R. R
Ubicación de Proyecto	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	Fecha de Ensayo:	21/04/2023
Material	: LIMOS INORGANICOS DE ALTA PLASTICIDAD	Turno:	DÍA
Código de Muestra	: 004	Profundidad:	4 m
Sondaje / Calicata	: 01	Norte:	9280539
N° de Muestra	: M-4	Este:	762496
ESTRUCTURA	: ESTABILIDAD DEL TALUD	Cota:	2852 ms n.m.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080**


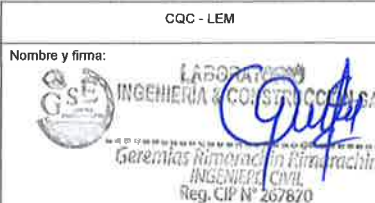
VELOCIDAD DE CORTE: 0.5 mm/min



Resultados:
Cohesión c : 0.29 kg/cm²
Angulo de fricción ϕ : 7.4°

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  Erlin Clavo Rimarachin Ingeniero Civil	Nombre y firma:	Nombre y firma:  Geremias Rimarachin Ingeniero Civil Reg. CIP N° 267870



ENSAYO DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
 RUC: 20605442235
 DIRECCION: JR. CAJAMARCA #792 CHOTA - CAJAMARCA
 CORREO: gselaboratorio2019@gmail.com, CEL. 930866995

(Norma NTP 339.171)

PROYECTO	: "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".		
UBICACIÓN	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA		
EXPLORACION	: 01		
MUESTRA	: M-4		
PROFUNDIDAD	: 4	RESP. DE LAB	: G.R.R
COORDENADAS	: NORTE: 9280539	: ESTE: 762496	: 2852 ms.n.m.
SOLICITANTE	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ		ESTADO : REMOLDEADA
		FECHA	: 21/04/2023

Densidad Húmeda gr/cm ³	=	1.78	Profundidad de Cimentacion, Df	=	4.00 m
Cohesion del Suelo ,kg/cm ²	=	0.29	Ancho de Cimentacion, B, m	=	1.50 m
Angulo de Friccion, f, °	=	7.41			

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga			Factor de Seguridad
	General	Local	
Nc =	8.34	7.32	= 3
Nq =	2.09	1.64	
Ng =	0.67	0.40	

Capacidad de Carga	Falla Local (kg/cm ²)	
	q _u	q _{adm}
Cimentacion corrida	2.63	0.88
Cimentacion cuadrada	3.04	1.01

Observaciones





ENSAYO DE CORTE DIRECTO MUESTRA N°06

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlyn Clavo Rimarachin
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin
Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIPN° 267870

	FORMATO	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

PROYECTO : "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

Solicitantes : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ Muestreado por : SOLICITANTE
 Propietario : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ Ensayado por : G.R.R
 Ubicación de Proyecto : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA Fecha de Ensayo: 21/04/2023
 Material : ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD Turno: DIA

Código de Muestra : 006 Profundidad: 6 m
 Sondaje / Calicata : 01 Norte: 9280539
 N° de Muestra : M-6 Este: 762496
 ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD Cota: 2852 ms.n.m.

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Altura de la muestra (mm)	23.75	23.76	23.78
Diámetro (mm)	60.62	60.65	60.63
Area inicial (cm ²)	28.86	28.89	28.87
Volumen de la muestra (cm ³)	68.55	68.64	68.66

DATOS DEL ESPECIMEN	I	II	III
Peso humedo de la muestra + Peso del anillo (g)	210.25	210.52	210.65
Peso del anillo (g)	84.5	84.5	84.5
Peso de la muestra humeda (g)	125.75	126.02	126.15
Peso de la muestra seca (g)	105.60	105.69	105.85
Contenido de humedad (%)	19.08	19.24	19.18
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.835	1.838	1.840
Densidad seca (g/cm ³)	1.541	1.542	1.544

Realizado por:	ESPECIMEN 1		ESPECIMEN 2		ESPECIMEN 3		
	Altura Inicial: 23.8 mm Diámetro de muestra : 60.6 mm Area Inicial: 28.9 cm ² Densidad Seca: 1.541 g/cm ³ Humedad: 19.1 % Peso Normal : 1.452 kg Esfuerzo Normal : 0.50 kg/cm ²	23.8 mm	23.8 mm	23.8 mm	23.8 mm	23.8 mm	23.8 mm
Procesado por:	Deformación horizontal (mm)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)	Deformación vertical (mm)	Carga (kgf)
	0.00		0.00		0.00		0.00
	0.25		0.86		1.66		2.65
	0.50		1.21		1.86		3.62
	0.75		1.56		2.52		4.36
	1.00		1.86		3.62		5.26
	1.50		2.32		3.86		5.86
	2.00		2.85		4.56		6.32
	2.50		3.25		5.62		6.99
	3.00		3.65		5.99		7.68
	3.50		4.52		6.86		8.52
	4.00		4.96		6.86		9.32
	4.50		5.32		7.26		9.86
	5.00		5.60		7.86		10.52
	5.50		6.32		8.86		10.86
	6.00		6.78		8.93		11.66
	6.50		7.21		9.32		12.58
	7.00		7.52		9.86		13.62
	7.50		7.99		10.56		13.86
	8.00		8.32		10.99		14.65
	8.50		8.86		11.32		15.68
	9.00		8.99		11.86		15.88
	9.50		9.32		12.66		16.68
	10.00		9.60		13.52		17.26

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 INGENIERO EN SUELOS, GEOTECNIA Y ASFALTO


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 167870

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 2

PROYECTO : "DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".

Solicitante : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ Muestreado por : SOLICITANTE
 Atención : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ Ensayado por : G.R.R
 Ubicación de Proyecto : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA Fecha de Ensayo: 21/04/2023
 Material : ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD Turno: DIA

Código de Muestra : 006 Profundidad: 6 m
 Sondeje / Calicata : 01 Norte: 9280539
 N° de Muestra : M-6 Este: 762496
 ESTRUCTURA : ESTABILIDAD DEL TALUD Cota: 2852 ms.n.m.



VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min

ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3
Altura Inicial: 23.8 mm Lado de caja : 60.6 mm Area Inicial: 28.9 cm ² Densidad Seca: 1.541 gr/cm ³ Humedad Inic: 19.1 % Esf. Normal : 0.50 kg/cm ² Esf. Corte: 0.33 kg/cm ²	Altura Inicial: 23.8 mm Lado de caja : 60.6 mm Area Inicial: 28.9 cm ² Densidad Seca: 1.541 gr/cm ³ Humedad Inic: 19.1 % Esf. Normal : 1.01 kg/cm ² Esf. Corte: 0.47 kg/cm ²	Altura Inicial: 23.8 mm Lado de caja : 60.6 mm Area Inicial: 28.9 cm ² Densidad Seca: 1.544 gr/cm ³ Humedad Inic: 19.2 % Esf. Normal : 1.51 kg/cm ² Esf. Corte: 0.60 kg/cm ²

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/s)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/s)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.03	0.07	0.41	0.06	0.07	0.41	0.09	0.08
0.82	0.04	0.11	0.82	0.06	0.08	0.82	0.12	0.10
1.24	0.05	0.13	1.24	0.09	0.11	1.24	0.15	0.13
1.65	0.06	0.16	1.65	0.12	0.15	1.65	0.18	0.15
2.47	0.08	0.20	2.47	0.13	0.16	2.47	0.20	0.17
3.30	0.10	0.24	3.30	0.16	0.19	3.30	0.22	0.18
4.12	0.11	0.27	4.12	0.19	0.23	4.12	0.24	0.20
4.95	0.13	0.30	4.95	0.21	0.25	4.95	0.26	0.21
5.77	0.16	0.37	5.77	0.23	0.27	5.77	0.30	0.23
6.60	0.17	0.41	6.60	0.24	0.28	6.60	0.32	0.25
7.42	0.18	0.43	7.42	0.25	0.29	7.42	0.34	0.27
8.25	0.19	0.44	8.25	0.27	0.32	8.25	0.36	0.28
9.07	0.22	0.50	9.07	0.31	0.35	9.07	0.38	0.29
9.90	0.23	0.54	9.90	0.31	0.35	9.90	0.40	0.31
10.72	0.25	0.56	10.72	0.32	0.36	10.72	0.44	0.33
11.55	0.26	0.58	11.55	0.34	0.38	11.55	0.47	0.35
12.37	0.28	0.61	12.37	0.37	0.40	12.37	0.48	0.35
13.20	0.29	0.63	13.20	0.38	0.42	13.20	0.51	0.37
14.02	0.31	0.67	14.02	0.39	0.43	14.02	0.54	0.39
14.85	0.31	0.67	14.85	0.41	0.44	14.85	0.55	0.40
15.67	0.32	0.69	15.67	0.44	0.47	15.67	0.57	0.41
16.50	0.33	0.70	16.50	0.47	0.49	16.50	0.60	0.42

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA

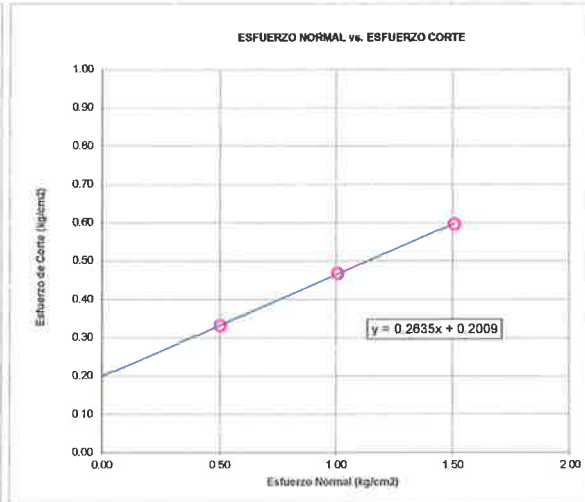
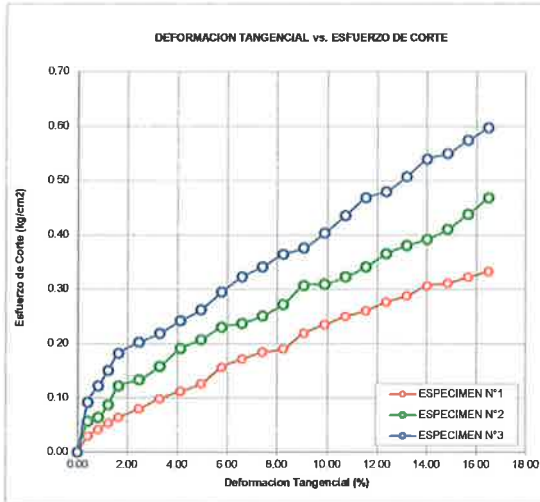
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  Erlin Clavo Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:	Nombre y firma:  Geremias Rimarachin INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 157870

	INFORME	Código	AE-FO-020
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS ASTM D3080	Versión	01
		Fecha	
		Página	2 de 3

Proyecto	:"DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"		
Solicitante	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Muestreado por :	SOLICITANTE
Atención	: ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ	Ensayado por :	G R R
Ubicación de Proyecto	: LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA	Fecha de Ensayo:	21/04/2023
Material	: ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD	Turno:	DIA
Código de Muestra	: 008	Profundidad:	6 m
Sondaje / Calicata	: 01	Norte:	9280539
N° de Muestra	: M-6	Este:	762496
ESTRUCTURA	: ESTABILIDAD DEL TALUD	Cota:	2852 ms n.m.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080**



VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
Cohesión @ : 0.26 kg/cm²
Angulo de fricción (φ) : 11.4°

OBSERVACIONES:

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia Técnica de GSE LABORATORIO INGENIERIA

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  Erlin Clavo Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	Nombre y firma:	Nombre y firma:  Geremias Rimarachin INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 167820



ENSAYO DE LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
RUC: 20605442235
DIRECCION: JR. CAJAMARCA #792 CHOTA - CAJAMARCA
CORREO: gselaboratorio2019@gmail.com, CEL. 930866995

(Norma NTP 339.171)

PROYECTO : "DESPLAZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA".
UBICACIÓN : LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA
EXPLORACION : 01
MUESTRA : M-6
PROFUNDIDAD : 6
COORDENADAS : NORTE: 9280539 ESTE: 762496 2852 ms.n.m.
SOLICITANTE : ISRAEL CHAVEZ MEDINA Y ROIMER ROJAS NUÑEZ

RESP. DE LAB : G R R
FECHA : 21/04/2023
ESTADO : REMOLDEADA

Densidad Húmeda gr/cm³ = 1.84
Cohesion del Suelo ,kg/cm² = 0.26
Angulo de Friccion, f, ° = 11.36

Profundidad de Cimentacion, Df = 6.00 m
Ancho de Cimentacion, B, m = 1.50 m

SEGÚN FORMULA DE CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI (1943)

Formulas de capacidad de Carga

	Para falla General	Para falla Local
Cimentacion corrida	$q_u = c'N_c + gDN_q + 0.5gBN_g$	$q_u = 2/3 c'N'_c + gDN'_q + 0.5gBN'_g$
Cimentacion cuadrada	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.4gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.4gBN'_g$
Cimentacion circular	$q_u = 1.3c'N_c + gDN_q + 0.3gBN_g$	$q_u = 2/3 \times 1.3c'N'_c + gDN'_q + 0.3gBN'_g$

Factores de Capacidad de Carga

	General	Local
Nc =	10.38	8.43
Nq =	3.09	2.13
Ng =	1.28	0.70

Factor de Seguridad = 3

Capacidad de Carga

	Falla Local (kg/cm ²)	
	q _u	q _{adm}
Cimentacion corrida	3.93	1.31
Cimentacion cuadrada	4.35	1.45

Observaciones

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 267870

Anexo E. Diseño de muros de contención

Análisis de muro de gravedad

Entrada de datos

Tarea : MURO DE GRAVEDAD

Fecha : 9/9/2023

Configuración

(entrada para tarea actual)

Materiales y estándares

Estructuras de hormigón : ACI 318-19

Muro de mampostería (piedra) : EN 1996-1-1 (EC6)

Análisis de muro

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Cálculo de la presión activa de la tierra : Mazindrani (Rankine)

Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Mazindrani (Rankine)

Análisis sísmico : Mononobe-Okabe

Forma de la cuña de la tierra : Considerar siempre vertical

Excentricidad permitida : 0.333

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Frente al vuelco :	$SF_o =$	2.00	[-]
Para resistencia al deslizamiento :	$SF_s =$	1.50	[-]
Para capacidad portante :	$SF_b =$	1.00	[-]

Anclajes

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad			
Factor de seguridad de la fuerza de acero :	$SF_t =$	1.50	[-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (suelo) :	$SF_e =$	1.50	[-]
Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (inyección de grout) :	$SF_c =$	1.50	[-]

Material de la estructura

Peso unitario $\gamma = 24.00$ kN/m³

Análisis de estructuras de hormigón según los estándares ACI 318-19.

Hormigón: Hormigón ACI

Resistencia a la compresión $f_c' = 17.00$ MPa

Acero longitudinal: f_y 42000kg/cm2 (Definido por usuario)

Resistencia a la tensión $f_y = 420.00$ MPa

Geometría de la estructura



Nro.	Coordenada X [m]	Profundidad Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	6.15
3	0.85	6.15

Nro.	Coordenada X [m]	Profundidad Z [m]
4	0.85	7.00
5	-2.65	7.00
6	-2.65	6.15
7	-1.80	6.15
8	-0.60	0.00

El origen [0,0] está colocado en el punto superior derecho más alto del muro.

Área de sección del muro = 10.36 m².

Datos básicos del suelo

Nro.	Nombre	Trama	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	E-1		32.00	0.00	18.00	8.00	21.33
2	E-2		32.00	0.00	18.00	8.00	21.33

Todos los suelos son considerados como granulares para el análisis de la presión en reposo.

Datos del suelo

E-1

Peso unitario : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensión : efectivo
 Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 32.00^\circ$
 Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 21.33^\circ$
 Suelo : granular
 Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$

E-2


Peso unitario : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensión : efectivo
 Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 32.00^\circ$
 Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 21.33^\circ$
 Suelo : granular
 Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$



Relleno

Terreno asignado : E-1

Talud = 60.00 °

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	7.00	0.00 .. 7.00	E-1	

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
2	0.50	7.00 .. 7.50	E-2	
3	-	7.50 .. ∞	E-1	

Cimentación

Tipo de cimentación : entrada de parámetros de contacto base-suelo

Parámetros

Coefficiente de fricción base-suelo $\mu = 0.60$

Cohesión base-suelo $a = 0.00$ kPa

Perfil de terreno

Detrás de la construcción el terreno tiene pendiente 1: 3.00 (el ángulo de la pendiente es 18.43 °).

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva

Suelo sobre la cara frontal de la estructura - E-1

Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura $h = 2.00$ m

El terreno en el frente de la estructura es plano.

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

El muro está libre para moverse. Se asume presión activa del terreno.

Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Verificación Nro.1

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.55	248.63	1.93	1.000
Resistencia del frente	-117.17	-0.67	0.00	0.00	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.00	96.26	3.08	1.000
Presión activa	172.54	-2.43	57.50	3.50	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 977.33$ kNm/m

Momento de vuelco $M_{ovr} = 340.78$ kNm/m

Factor de seguridad = 2.87 > 2.00

Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente $H_{res} = 241.43$ kN/m

Fuerza horizontal activa $H_{act} = 55.38$ kN/m

Factor de seguridad = 4.36 > 1.50

Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Capacidad portante del terreno de cimentación

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	67.87	402.39	55.38	0.048	127.18

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	67.87	402.39	55.38

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.048$

Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0.333$

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 127.18$ kPa

Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 254.00$ kPa

Factor de seguridad = 2.00 > 1.00

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Dimensionamiento Nro.1

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-0.05	1.45	0.31	1.000
Presión activa	0.03	-0.03	0.01	0.62	1.000

Verificación del muro en la junta constructiva 0.10 m desde la cresta del muro

Profundidad de la sección transversal $h = 0.62$ m

Fuerza de corte última $\phi V_n = 169.62$ kN/m > 0.03 kN/m = V_u

Flexión : $\phi M_n = 554.19$ kNm/m ; 0.09 kNm/m = M_u

Presión : $\phi P_n = 3790.06$ kN/m ; 1.46 kN/m = P_u

$P_u/\phi P_n + M_u/\phi M_n = 0.001 < 1$

Capacidad portante de la sección transversal ES SATISFACTORIA

Análisis de muro en voladizo

Entrada de datos

Fecha : 9/12/2023

Configuración

(entrada para tarea actual)

Materiales y estándares

Estructuras de hormigón : ACI 318-19

Análisis de muro

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)
Cálculo de la presión activa de la tierra : Mazindrani (Rankine)
Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Mazindrani (Rankine)
Análisis sísmico : Mononobe-Okabe
Forma de la cuña de la tierra : Considerar siempre vertical
Clave base : Considerada como fondo de la zapata inclinada
Excentricidad permitida : 0.333

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Frente al vuelco :	SF _o =	2.00	[-]
Para resistencia al deslizamiento :	SF _s =	1.50	[-]
Para capacidad portante :	SF _b =	1.00	[-]

Material de la estructura

Peso unitario $\gamma = 24.00 \text{ kN/m}^3$

Análisis de estructuras de hormigón según los estándares ACI 318-19.

Hormigón: Hormigón ACI

Resistencia a la compresión $f_c' = 20.59 \text{ MPa}$

Acero longitudinal: A615/40 (Definido por usuario)

Resistencia a la tensión $f_y = 411.88 \text{ MPa}$

Geometría de la estructura


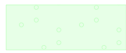
Nro.	Coordenada X [m]	Profundidad Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	9.00
3	5.00	9.00
4	5.00	10.00
5	-2.00	10.00
6	-2.00	9.00
7	-1.00	9.00
8	-0.60	0.00

El origen [0,0] está colocado en el punto superior derecho más alto del muro.

Área de sección del muro = 14.20 m².

Datos básicos del suelo

--	--	--	--	--	--	--	--

Nro.	Nombre	Trama	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	E-1		32.00	0.00	18.00	8.00	21.33
2	E-2		32.00	0.00	18.00	8.00	21.33

Todos los suelos son considerados como granulares para el análisis de la presión en reposo.

Datos del suelo

E-1

Peso unitario : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensión : efectivo
 Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 32.00^\circ$
 Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 21.33^\circ$
 Suelo : granular
 Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$

E-2


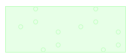
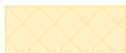
Peso unitario : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensión : efectivo
 Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 32.00^\circ$
 Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 21.33^\circ$
 Suelo : granular
 Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$

Relleno

Terreno asignado : E-1

Talud = 50.00°

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	10.00	0.00 .. 10.00	E-1	
2	0.50	10.00 .. 10.50	E-2	
3	-	10.50 .. ∞	E-1	

Cimentación

Tipo de cimentación : entrada de parámetros de contacto base-suelo

Parámetros

Coefficiente de fricción base-suelo $\mu = 0.60$

Cohesión base-suelo $a = 0.00 \text{ kPa}$

Perfil de terreno

Detrás de la construcción el terreno tiene pendiente 1: 5.00 (el ángulo de la pendiente es 11.31°).

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva

Suelo sobre la cara frontal de la estructura - E-2

Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura $h = 2.00$ m

El terreno en el frente de la estructura es plano.

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

El muro está libre para moverse. Se asume presión activa del terreno.

Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Verificación Nro.1

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.85	340.80	2.53	1.000
Peso - suelo	0.00	-1.50	18.40	0.51	1.000
Resistencia del frente	-117.17	-0.67	0.00	0.00	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-5.75	855.00	4.54	1.000
Presión activa	354.02	-3.67	70.80	7.00	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 5253.08$ kNm/m

Momento de vuelco $M_{ovr} = 1219.94$ kNm/m

Factor de seguridad = 4.31 > 2.00

Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente $H_{res} = 771.00$ kN/m

Fuerza horizontal activa $H_{act} = 236.85$ kN/m

Factor de seguridad = 3.26 > 1.50

Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Capacidad portante del terreno de cimentación

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	464.38	1285.00	236.85	0.052	204.71

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata



Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	464.38	1285.00	236.85

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.052$

Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0.333$

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 204.71$ kPa

Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 254.00$ kPa

Factor de seguridad = 1.24 > 1.00

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Análisis de muro en voladizo

Entrada de datos

Fecha : 9/8/2023

Configuración

(entrada para tarea actual)

Materiales y estándares

Estructuras de hormigón : ACI 318-19

Análisis de muro

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)
Cálculo de la presión activa de la tierra : Mazindrani (Rankine)
Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Mazindrani (Rankine)
Análisis sísmico : Mononobe-Okabe
Forma de la cuña de la tierra : Considerar siempre vertical
Clave base : Considerada como fondo de la zapata inclinada
Excentricidad permitida : 0.333

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Frente al vuelco :	SF _o =	2.00	[-]
Para resistencia al deslizamiento :	SF _s =	1.50	[-]
Para capacidad portante :	SF _b =	1.00	[-]

Material de la estructura

Peso unitario $\gamma = 23.54 \text{ kN/m}^3$

Análisis de estructuras de hormigón según los estándares ACI 318-19.

Hormigón: Hormigón ACI

Resistencia a la compresión $f_c' = 20.59 \text{ MPa}$

Acero longitudinal: A615/40 (Definido por usuario)

Resistencia a la tensión $f_y = 411.88 \text{ MPa}$

Geometría de la estructura

Nro.	Coordenada X [m]	Profundidad Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	11.00
3	6.40	11.00
4	6.40	12.00
5	-2.00	12.00
6	-2.00	11.00
7	-1.00	11.00
8	-0.35	0.00



El origen [0,0] está colocado en el punto superior derecho más alto del muro.

Área de sección del muro = 15.81 m².

Contrafuerte

Tipo : contrafuerte
 Separación $l = 5.00$ m
 Espesor $b = 0.40$ m
 Ancho superior $a_1 = 0.00$ m

Datos básicos del suelo

Nro.	Nombre	Trama	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	E-1		32.00	0.00	18.00	8.00	21.33
2	E-2		32.00	0.00	18.00	8.00	21.33

Todos los suelos son considerados como granulares para el análisis de la presión en reposo.

Datos del suelo

E-1

Peso unitario : $\gamma = 18.00$ kN/m³
 Estado de tensión : efectivo
 Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 32.00$ °
 Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0.00$ kPa
 Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 21.33$ °
 Suelo : granular
 Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 18.00$ kN/m³



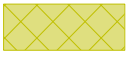
E-2

Peso unitario : $\gamma = 18.00$ kN/m³
 Estado de tensión : efectivo
 Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 32.00$ °
 Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0.00$ kPa
 Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 21.33$ °
 Suelo : granular
 Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 18.00$ kN/m³

Relleno

Terreno asignado : E-1
 Talud = 45.00 °

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	12.00	0.00 .. 12.00	E-1	
2	0.50	12.00 .. 12.50	E-2	
3	-	12.50 .. ∞	E-1	

Cimentación

Tipo de cimentación : entrada de parámetros de contacto base-suelo

Parámetros

Coeficiente de fricción base-suelo $\mu = 0.60$

Cohesión base-suelo $a = 0.00$ kPa

Perfil de terreno

Detrás de la construcción el terreno tiene pendiente 1: 6.00 (el ángulo de la pendiente es 9.46°).

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva

Suelo sobre la cara frontal de la estructura - E-2

Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura $h = 2.00$ m

El terreno en el frente de la estructura es plano.

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

El muro está libre para moverse. Se asume presión activa del terreno.

Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Verificación Nro.1

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.90	372.07	3.00	1.000
Peso - suelo	0.00	-1.50	18.53	0.51	1.000
Resistencia del frente	-117.17	-0.67	0.00	0.00	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-6.77	1328.63	5.25	1.000
Presión activa	490.87	-4.36	81.79	8.40	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 8781.77$ kNm/m

Momento de vuelco $M_{ovr} = 2059.86$ kNm/m

Factor de seguridad = $4.26 > 2.00$

Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente $H_{res} = 1080.61$ kN/m

Fuerza horizontal activa $H_{act} = 373.70$ kN/m

Factor de seguridad = $2.89 > 1.50$

Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Capacidad portante del terreno de cimentación

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

--

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	839.72	1801.02	373.70	0.056	241.28

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	839.72	1801.02	373.70

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.056$

Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0.333$

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 241.28$ kPa

Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 254.00$ kPa

Factor de seguridad = 1.05 > 1.00

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Análisis de pendientes reforzadas

Entrada de datos

Fecha : 9/9/2023

Configuración

(entrada para tarea actual)

Materiales y estándares

Estructuras de hormigón : EN 1992-1-1 (EC2)

Coeficientes EN 1992-1-1 : Estándar

Análisis de muro

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)
Cálculo de la presión activa de la tierra : Mazindrani (Rankine)
Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Mazindrani (Rankine)
Análisis sísmico : Mononobe-Okabe
Forma de la cuña de la tierra : Considerar siempre vertical
Excentricidad permitida : 0.333
Estabilidad interna : Estándar- superficie de deslizamiento recta

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Frente al vuelco :	SF _o =	2.00	[-]
Para resistencia al deslizamiento :	SF _s =	1.50	[-]
Para capacidad portante :	SF _b =	1.00	[-]
Para deslizamiento a lo largo del geo-refuerzo :	SF _{sr} =	1.50	[-]
Para fuerza de geo-refuerzo :	SF _{st} =	1.50	[-]
Para la resistencia a la extracción del geo-refuerzo :	SF _{po} =	1.50	[-]
Factor de seguridad para resistencia de conexiones :	SF _{con} =	1.50	[-]

Análisis de estabilidad

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Factor de seguridad :	SF _s =	1.50	[-]

Geometría de la estructura

Cantidad de bloques n = 20
Altura h = 0.50 m
Ancho b = 1.00 m
Desplaz. entre bloques o₁ = 0.15 m

Estructura base

Ancho b_b = 1.50 m
Altura l_b = 1.00 m
Talón ext. del cimiento a_b = 0.25 m

Material

Materia de bloque

Peso unitario $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$
 Cohesión $c = 0.00 \text{ kPa}$
 Fricción $f = 0.600$
 Resistencia al corte de la junta $R_s = 0.00 \text{ kN/m}$

Tipos de refuerzos

Nro.	Nombre	Tipo de refuerzo	Tipo de línea	Refuerzo de resistencia		Coeficiente	
				$T_{ult}[\text{kN/m}]$	$R_t[\text{kN/m}]$	$C_{ds}[-]$	$C_i[-]$
1	Green Terramesh	Green Terramesh	—————	50.00	29.07	0.60	0.70

Detalles de refuerzos

1. Green Terramesh

Caract.de resistencia a corto plazo $T_{ult} = 50.00 \text{ kN/m}$
 Diseño de resistencia a largo plazo $R_t = 29.07 \text{ kN/m}$
 Coef. global de modelo incierto $FS_{UNC} = 1.50$

Cálculo de factores de reducción

Tiempo de vida : 120 años
 Arrastre del factor de red $RF_{CR} = 1.04$
 Química : pH 3.0-13.0
 Durabilidad del factor red. $RF_D = 1.05$
 Tamaño parcial : $\leq 9.5 \text{ mm}$
 Daños de instalación de factor de reducción $RF_{ID} = 1.05$

Refuerzo

Número total de refuerzos ingresados: 20.

Detalles de refuerzo

Bloque Nro.	Tipo de refuerzo	Origen $l_1[\text{m}]$	Fin $l_2[\text{m}]$	Altura desde la parte inferior $y[\text{m}]$	Longitud $l[\text{m}]$
1	Green Terramesh	-2.85	4.15	0.00	7.00
2	Green Terramesh	-2.70	4.30	0.50	7.00
3	Green Terramesh	-2.55	4.45	1.00	7.00
4	Green Terramesh	-2.40	4.60	1.50	7.00
5	Green Terramesh	-2.25	4.75	2.00	7.00
6	Green Terramesh	-2.10	4.90	2.50	7.00
7	Green Terramesh	-1.95	5.05	3.00	7.00
8	Green Terramesh	-1.80	5.20	3.50	7.00
9	Green Terramesh	-1.65	5.35	4.00	7.00
10	Green Terramesh	-1.50	5.50	4.50	7.00
11	Green Terramesh	-1.35	5.65	5.00	7.00
12	Green Terramesh	-1.20	5.80	5.50	7.00
13	Green Terramesh	-1.05	5.95	6.00	7.00
14	Green Terramesh	-0.90	6.10	6.50	7.00
15	Green Terramesh	-0.75	6.25	7.00	7.00
16	Green Terramesh	-0.60	6.40	7.50	7.00
17	Green Terramesh	-0.45	6.55	8.00	7.00
18	Green Terramesh	-0.30	6.70	8.50	7.00
19	Green Terramesh	-0.15	6.85	9.00	7.00

--

Bloque Nro.	Tipo de refuerzo	Origen l ₁ [m]	Fin l ₂ [m]	Altura desde la parte inferior y[m]	Longitud l[m]
20	Green Terramesh	0.00	7.00	9.50	7.00

Datos del suelo



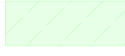
E-2

Peso unitario : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 32.00^\circ$
 Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 0.00^\circ$
 Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$

E-1

Peso unitario : $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 32.00^\circ$
 Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 0.00^\circ$
 Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	12.00	0.00 .. 12.00	E-1	
2	0.50	12.00 .. 12.50	E-2	
3	-	12.50 .. ∞	E-2	

Perfil de terreno

Detrás de la construcción el terreno tiene pendiente 1: 5.00 (el ángulo de la pendiente es 11.31 °).

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva

Suelo sobre la cara frontal de la estructura - E-2

Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura $h = 1.50 \text{ m}$

El terreno en el frente de la estructura es plano.

Configuraciones de la etapa de construcción

Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Situación de diseño : permanente

Verificación Nro.1

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F _{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F _{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Resistencia del frente	-65.91	-0.50	0.00	0.00	1.000

--	--	--	--	--	--

Nombre	F _{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F _{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Suelo reforzado	0.00	-5.35	1361.03	6.13	1.000
Presión activa	380.23	-3.80	76.05	9.13	1.000
Peso - Muro	0.00	-5.00	250.00	1.92	1.000

Verificación del muro completo

Lugar de verificación : Fondo de los bloques

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 9513.14$ kNm/m

Momento de vuelco $M_{ovr} = 1411.92$ kNm/m

Factor de seguridad = 6.74 > 2.00

Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente $H_{res} = 1054.20$ kN/m

Fuerza horizontal activa $H_{act} = 314.32$ kN/m

Factor de seguridad = 3.35 > 1.50

Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

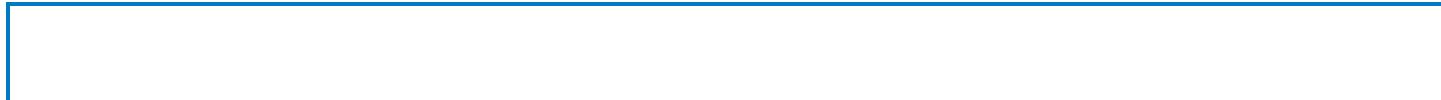
Advertencia - se ha excedido la cantidad permitida de datos de entrada durante el análisis de presiones!

El análisis se realiza con el valor modificado de la inclinación de la estructura α .

Dimensionamiento Nro.1

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F _{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F _{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-4.75	237.50	1.85	1.000
Presión activa	264.05	-3.17	52.81	1.88	1.000
Refuerzo	-29.07	-0.50	0.00	1.40	1.000
Refuerzo	-29.07	-1.00	0.00	1.68	1.000
Refuerzo	-29.07	-1.50	0.00	1.96	1.000
Refuerzo	-29.07	-2.00	0.00	2.24	1.000
Refuerzo	-29.07	-2.50	0.00	2.51	1.000
Refuerzo	-29.07	-3.00	0.00	2.79	1.000
Refuerzo	-29.07	-3.50	0.00	3.07	1.000
Refuerzo	-29.07	-4.00	0.00	3.34	1.000
Refuerzo	-29.07	-4.50	0.00	3.62	1.000
Refuerzo	-29.07	-5.00	0.00	3.90	1.000
Refuerzo	-29.07	-5.50	0.00	4.18	1.000
Refuerzo	-29.07	-6.00	0.00	4.45	1.000
Refuerzo	-29.07	-6.50	0.00	4.73	1.000
Refuerzo	-29.07	-7.00	0.00	5.01	1.000



Nombre	F _{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F _{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Refuerzo	-29.07	-7.50	0.00	5.28	1.000
Refuerzo	-29.07	-8.00	0.00	5.56	1.000
Refuerzo	-29.07	-8.50	0.00	5.84	1.000
Refuerzo	-29.07	-9.00	0.00	6.12	1.000

Verificación de la junta constructiva sobre del bloque Nro.: 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 3024.07$ kNm/m

Momento de vuelco $M_{ovr} = 836.15$ kNm/m

Factor de seguridad = 3.62 > 2.00

Junta para estabilidad de vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente $H_{res} = 697.47$ kN/m

Fuerza horizontal activa $H_{act} = 264.05$ kN/m

Factor de seguridad = 2.64 > 1.50

Diaclasa para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Capacidad portante del terreno de cimentación

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	-1352.93	1687.07	314.32	0.000	210.88

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	-1352.93	1687.07	314.32

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : trapezoide

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.000$

Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0.333$

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 210.88$ kPa

Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 254.00$ kPa

Factor de seguridad = 1.20 > 1.00

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Anexo F. Diseño de anclajes

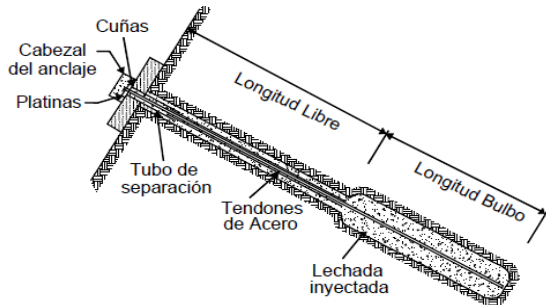
DISEÑO SECCIÓN KM 0+000 - KM 0+040

SOSTENIMIENTO DE ANCLADAS

sostenimiento requiera el uso de anclajes (muros anclados, pilotes anclados, soil nails)

Anclajes activos

Torones



Toron: Se conforma por multiples cables que generalmente son 7.

Especificaciones del acero de 15mm , ASTM_ A416 _ Grado 270

► Datos Técnicos

tipo norma/código	13 mm (0.5")		15 mm (0.6")				
	ASTM A 416 Clase 270	prEN 10138 BS 5896	ASTM A 416 Clase 250	prEN 10138 BS 5896	ASTM A 416 Clase 270	prEN 10138 BS 5896	
resistencia en el límite elástico $f_{p0.1k}$	N/mm ²	1,670 ¹⁾	1,640 ²⁾	1,550 ¹⁾	1,560 ²⁾	1,670 ¹⁾	1,640 ²⁾
resistencia a la rotura f_{tk}	N/mm ²	1,860	1,860	1,725	1,770	1,860	1,860
diámetro nominal	mm	12.70	12.90	15.20	15.70	15.24	15.70
área de la sección	mm ²	98.71	100.00	139.40	150.00	140.00	150.00
peso	kg/m	0.775	0.785	1.094	1.180	1.102	1.18
carga de rotura	kN	183.7	186.0	240.2	265.5	260.7	279.0
módulo de elasticidad	N/mm ²	-195,000					
relajación ³⁾ después de 1.000 h a 0,7 x carga de rotura f_{tk}	%	max. 2.5					

¹⁾ límite elástico medido al 1% de alargamiento efectivo

²⁾ límite elástico medido al 0.1% de alargamiento residual

³⁾ aplicable para la relajación clase 2 de acuerdo con Eurocode prEN 10138/BS 5896; o para baja relajación según ASTM A 416

Fuente: Dirección General de Carreteras, 2001

Anclajes: Post- tensados ejecutados en distintos proyectos se utiliza aceros de 7 hilos con sección minima 15mm.

Numero torones	Área mm2	Resistencia kn
1	140	260.7
3	420	782.1
4	560	1043
5	700	1304
7	980	1825

Fuente: Figueroa y Zelada, 2011

A). Acero de Refuerzo

El dimensionamiento del acero de refuerzo (cables o barras) depende del carácter provisional o permanente.

La carga de trabajo del anclaje es definida por la siguiente. expresión

$$P_w = \frac{0.90 f_y A_s}{\eta}$$

Donde:

- f_y : Esfuer. fluencia del acero ASTM_ A416 _ Grado 270
- A_s : Área del acero de refuerzo.
- P_w : Carga nominal del anclaje, obtenida en el cálculo de estabilidad global.
- n : coeficiente de seguridad . N: 1.75 para anclajes permanentes.

Area de acero requerido para el anclaje.

Estabilidad global_ SLIDE.

$$P_w: 980 \text{ Kn}$$
$$f_y: 1860 \text{ Mpa}$$

$$\frac{P_w * n}{0.90 f_y} = A_s$$

$$f_y: 18.966792 \text{ Ton/cm}^2$$
$$A_s: 1.4 \text{ cm}^2$$
$$P_w: 99.93 \text{ Ton}$$
$$n: 1.75$$

$$A_s: \quad \mathbf{10.24} \quad \mathbf{cm}^2$$

1 Toron tiene un area de : 1.4 cm²

Numero de Torones: 7.32 asumiendo 8

Calculando la resistencia de un toron.

$$1 \text{ Toron} = 13.66 \text{ Ton}$$

B). Longitud de Bulbo

$$L_b = \frac{P_w}{\pi D \tau_w}$$

Donde:

- L_b : Longitud del bulbo del anclaje
- P_w : Carga de trabajo del anclaje
- D : Diámetro de perforación
- τ_w : Capacidad de adherencia de trabajo en el contacto suelo- Material Cementante
- τ_{ult} : Capacidad de adherencia última en el contacto suelo material cementante.

$$\tau_w = \tau_{ult} / FS$$

$$FS \geq 2.00$$

- Longitud de bulbo:

No debe ser inferior a 4.5m en anclajes formados por cables

- Longitud libre de Anclaje:

La longitud libre mínima no debe ser inferior a 4.5m para anclajes de cables

Diámetro de perforación

En este estudio por ser el suelos lomos arcillos

Tipo de Inyección

Inyección Repetitiva Selectiva (IRS)

D= 165.00 mm

TABLA 4.1. DIÁMETROS MÍNIMOS DE PERFORACIÓN PARA ANCLAJES DE CABLES^(*)

Nº DE CABLES	DIÁMETRO MÍNIMO EXTERIOR DE LA ENTUBACIÓN (mm)	DIÁMETRO MÍNIMO DE LA PERFORACIÓN NO ENTUBADA (mm)
TIPO 1. ANCLAJES PROVISIONALES CON INYECCIÓN ÚNICA GLOBAL (IU)		
2 a 5 cables	114	85
6 ó 7 cables	133	105
8 a 12 cables	152	125
TIPOS 2 A Y 2 B. ANCLAJES PROVISIONALES CON REINYECCIÓN (IR, IRS)		
2 ó 3 cables	114	85
4 ó 5 cables	133	105
6 a 10 cables	152	125
TIPOS 3 Y 4 A. ANCLAJES PERMANENTES SIN REINYECCIÓN SELECTIVA (IU, IR)		
2 a 4 cables	133	105
5 a 7 cables	152	125
7 a 12 cables	178	140
TIPO 4 B. ANCLAJES PERMANENTES CON REINYECCIÓN SELECTIVA (IRS)		
2 a 4 cables	152	125
5 a 7 cables	178	140
7 a 12 cables	200	165

(*) Se considera en todos los casos un diámetro de cable no mayor de 15,3 mm (0,6 pulgadas)

Capacidad de adherencia última en el contacto suelo material cementante.

Capacidad última de adherencia (Arcilla limosa)

0.04 Mpa

TABLA 14
Capacidad de Adherencia Última en la Interfase Suelo/Lechada de Cemento del Bulbo

Roca		Suelos Cohesivos		Suelos No Cohesivos	
Tipo de roca	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)
Granito y Basalto	1.70 - 3.10	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.03 - 0.07	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.07 - 0.14
Caliza Dolomita	1.40 - 2.10	Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)		Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)	
Caliza blanda	1.00 - 1.40	- Arcilla blanda limosa	0.03 - 0.07	- Arena fina a media, medianamente densa a densa	0.08 - 0.38
Pizarras y Lutitas duras	0.80 - 1.40	- Arcilla limosa	0.03 - 0.07	- Arena medianamente gruesa (con grava), medianamente densa	0.11 - 0.66
Lutitas blandas	0.20 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana a alta plasticidad	0.03 - 0.10	- Arena medianamente gruesa (con grava), densa a muy densa	0.25 - 0.97
Areniscas	0.80 - 1.70	- Arcilla muy rígida, mediana a alta plasticidad	0.07 - 0.17	- Arenas limosas	0.17 - 0.41
Areniscas intemperizadas	0.70 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana plasticidad	0.10 - 0.25	- Morrena glacial densa	0.30 - 0.52
Tiza, Yeso	0.20 - 1.10	- Arcilla muy rígida, mediana plasticidad	0.14 - 0.35	- Grava arenosa, medianamente densa a densa	0.21 - 1.38
Marga intemperizada (arcilla calcárea)	0.15 - 0.25	- Limo arenoso muy rígido, mediana plasticidad	0.28 - 0.38	- Grava arenosa, densa a muy densa	0.28 - 1.38
Concreto	1.40 - 2.80				

Nota: Los valores reales para anclajes inyectados a presión dependerán de la capacidad de desarrollar las presiones en cada tipo de suelo

B). Longitud de Bulbo

$$L_b = \frac{P_w}{\pi D \tau_w}$$

Donde:

$$\tau_w = \tau_{ult} / FS$$

$$FS \geq 2.00$$

P_w :	99.93 Ton
D :	0.165 m
t_w :	20.38 Ton
t_{ult} :	40.76 Ton/m ²
L_b :	9.46 m

Longitud del bulbo del anclaje: asumiendo

$$L_b: \quad \mathbf{10} \quad \mathbf{m}$$

CARACTERÍSTICAS DEL ANCLAJE

N° de cables	unid.	8
Long. Bulbo	m	10

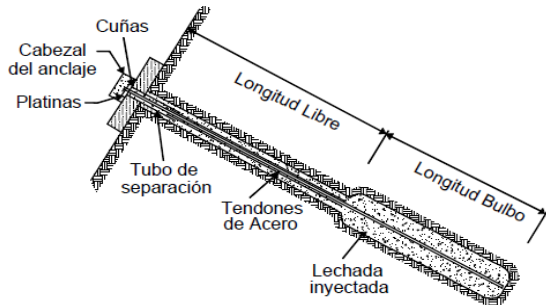
DISEÑO SECCIÓN KM 0+060 - KM 0+200

SOSTENIMIENTO DE ANCLADAS

sostenimiento requiera el uso de anclajes (muros anclados, pilotes anclados, soil nails)

Anclajes activos

Torones



Toron: Se conforma por multiples cables que generalmente son 7.

Especificaciones del acero de 15mm , ASTM_ A416 _ Grado 270

► Datos Técnicos

tipo norma/código	13 mm (0.5")		15 mm (0.6")				
	ASTM A 416 Clase 270	prEN 10138 BS 5896	ASTM A 416 Clase 250	prEN 10138 BS 5896	ASTM A 416 Clase 270	prEN 10138 BS 5896	
resistencia en el límite elástico $f_{p0.1k}$	N/mm ²	1,670 ¹⁾	1,640 ²⁾	1,550 ¹⁾	1,560 ²⁾	1,670 ¹⁾	1,640 ²⁾
resistencia a la rotura f_{tk}	N/mm ²	1,860	1,860	1,725	1,770	1,860	1,860
diámetro nominal	mm	12.70	12.90	15.20	15.70	15.24	15.70
área de la sección	mm ²	98.71	100.00	139.40	150.00	140.00	150.00
peso	kg/m	0.775	0.785	1.094	1.180	1.102	1.18
carga de rotura	kN	183.7	186.0	240.2	265.5	260.7	279.0
módulo de elasticidad	N/mm ²	-195,000					
relajación ³⁾ después de 1.000 h a 0,7 x carga de rotura f_{tk}	%	max. 2.5					

¹⁾ límite elástico medido al 1% de alargamiento efectivo

²⁾ límite elástico medido al 0.1% de alargamiento residual

³⁾ aplicable para la relajación clase 2 de acuerdo con Eurocode prEN 10138/BS 5896; o para baja relajación según ASTM A 416

Fuente: Dirección General de Carreteras, 2001

Anclajes: Post- tensados ejecutados en distintos proyectos se utiliza aceros de 7 hilos con sección minima 15mm.

Numero torones	Área mm2	Resistencia kn
1	140	260.7
3	420	782.1
4	560	1043
5	700	1304
7	980	1825

Fuente: Figueroa y Zelada, 2011

A). Acero de Refuerzo

El dimensionamiento del acero de refuerzo (cables o barras) depende del carácter provisional o permanente.

La carga de trabajo del anclaje es definida por la siguiente. expresión

$$P_w = \frac{0.90 f_y A_s}{\eta}$$

Donde:

f_y :	Esfuer. fluencia del acero ASTM_ A416 _ Grado 270
A_s :	Área del acero de refuerzo.
P_w :	Carga nominal del anclaje, obtenida en el cálculo de estabilidad global.
n :	coeficiente de seguridad . N: 1.75 para anclajes permanentes.

Area de acero requerido para el anclaje.

Estabilidad global_ SLIDE.	P_w :	740 Kn
	f_y :	1860 Mpa

$$\frac{P_w * n}{0.90 f_y} = A_s$$

f_y :	18.966792 Ton/cm ²
A_s :	1.4 cm ²
P_w :	75.46 Ton
n :	1.75

A_s :	7.74	cm²
---------	-------------	-----------------------

1 Toron tiene un area de : 1.4 cm²

Numero de Torones:	5.53	asumiendo	6
---------------------------	-------------	------------------	----------

Calculando la resistencia de un toron.

1Toron=	13.66	Ton
---------	-------	-----

B). Longitud de Bulbo

$$L_b = \frac{P_w}{\pi D \tau_w}$$

Donde:

L_b :	Longitud del bulbo del anclaje
P_w :	Carga de trabajo del anclaje
D :	Diámetro de perforación
τ_w :	Capacidad de adherencia de trabajo en el contacto suelo- Material Cementante
τ_{ult} :	Capacidad de adherencia última en el contacto suelo material cementante.

$$\tau_w = \tau_{ult} / FS$$
$$FS \geq 2.00$$

- **Longitud de bulbo:**
No debe ser inferior a 4.5m en anclajes formados por cables
- **Longitud libre de Anclaje:**

La longitud libre mínima no debe ser inferior a 4.5m para anclajes de cables

Diámetro de perforación

En este estudio por ser el suelos lomos arcillos

Tipo de Inyección

Inyeccion Repetitiva Selectiva (IRS)

D= 140.00 mm

TABLA 4.1. DIÁMETROS MÍNIMOS DE PERFORACIÓN PARA ANCLAJES DE CABLES^(*)

Nº DE CABLES	DIÁMETRO MÍNIMO EXTERIOR DE LA ENTUBACIÓN (mm)	DIÁMETRO MÍNIMO DE LA PERFORACIÓN NO ENTUBADA (mm)
TIPO 1. ANCLAJES PROVISIONALES CON INYECCIÓN ÚNICA GLOBAL (IU)		
2 a 5 cables	114	85
6 ó 7 cables	133	105
8 a 12 cables	152	125
TIPOS 2 A Y 2 B. ANCLAJES PROVISIONALES CON REINYECCIÓN (IR, IRS)		
2 ó 3 cables	114	85
4 ó 5 cables	133	105
6 a 10 cables	152	125
TIPOS 3 Y 4 A. ANCLAJES PERMANENTES SIN REINYECCIÓN SELECTIVA (IU, IR)		
2 a 4 cables	133	105
5 a 7 cables	152	125
7 a 12 cables	178	140
TIPO 4 B. ANCLAJES PERMANENTES CON REINYECCIÓN SELECTIVA (IRS)		
2 a 4 cables	152	125
5 a 7 cables	178	140
7 a 12 cables	200	165

(*) Se considera en todos los casos un diámetro de cable no mayor de 15,3 mm (0,6 pulgadas)

Capacidad de adherencia última en el contacto suelo material cementante.

Capacidad última de adherencia (Arcilla limosa)

0.04 Mpa

TABLA 14
Capacidad de Adherencia Última en la Interfase Suelo/Lechada de Cemento del Bulbo

Roca		Suelos Cohesivos		Suelos No Cohesivos	
Tipo de roca	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)
Granito y Basalto	1.70 - 3.10	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.03 - 0.07	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.07 - 0.14
Caliza Dolomita	1.40 - 2.10	Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)		Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)	
Caliza blanda	1.00 - 1.40	- Arcilla blanda limosa	0.03 - 0.07	- Arena fina a media, medianamente densa a densa	0.08 - 0.38
Pizarras y Lutitas duras	0.80 - 1.40	- Arcilla limosa	0.03 - 0.07	- Arena medianamente gruesa (con grava), medianamente densa	0.11 - 0.66
Lutitas blandas	0.20 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana a alta plasticidad	0.03 - 0.10	- Arena medianamente gruesa (con grava), densa a muy densa	0.25 - 0.97
Areniscas	0.80 - 1.70	- Arcilla muy rígida, mediana a alta plasticidad	0.07 - 0.17	- Arenas limosas	0.17 - 0.41
Areniscas intemperizadas	0.70 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana plasticidad	0.10 - 0.25	- Morrena glacial densa	0.30 - 0.52
Tiza, Yeso	0.20 - 1.10	- Arcilla muy rígida, mediana plasticidad	0.14 - 0.35	- Grava arenosa, medianamente densa a densa	0.21 - 1.38
Marga intemperizada (arcilla calcárea)	0.15 - 0.25	- Limo arenoso muy rígido, mediana plasticidad	0.28 - 0.38	- Grava arenosa, densa a muy densa	0.28 - 1.38
Concreto	1.40 - 2.80				

Nota: Los valores reales para anclajes inyectados a presión dependerán de la capacidad de desarrollar las presiones en cada tipo de suelo

B). Longitud de Bulbo

$$L_b = \frac{P_w}{\pi D \tau_w}$$

Donde:

$$\tau_w = \tau_{ult} / FS$$

$$FS \geq 2.00$$

P_w :	75.46 Ton
D :	0.14 m
t_w :	20.38 Ton
t_{ult} :	40.76 Ton/m ²
L_b :	8.42 m

Longitud del bulbo del anclaje: asumiendo

$$L_b: \quad \mathbf{9} \quad \mathbf{m}$$

CARACTERÍSTICAS DEL ANCLAJE

N° de cables	unid.	6
Longitud Total del anclaje	m	28
Long. Libre	m	19
Long. Bulbo	m	9

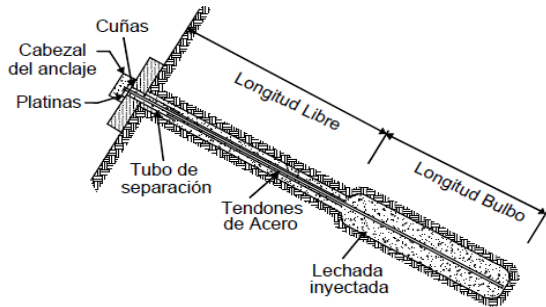
DISEÑO SECCIÓN KM 0+260

SOSTENIMIENTO DE ANCLADAS

sostenimiento requiera el uso de anclajes (muros anclados, pilotes anclados, soil nails)

Anclajes activos

Torones



Toron: Se conforma por multiples cables que generalmente son 7.

Especificaciones del acero de 15mm , ASTM_ A416 _ Grado 270

► Datos Técnicos

tipo norma/código	13 mm (0.5")		15 mm (0.6")				
	ASTM A 416 Clase 270	prEN 10138 BS 5896	ASTM A 416 Clase 250	prEN 10138 BS 5896	ASTM A 416 Clase 270	prEN 10138 BS 5896	
resistencia en el límite elástico $f_{p0.1k}$	N/mm ²	1,670 ¹⁾	1,640 ²⁾	1,550 ¹⁾	1,560 ²⁾	1,670 ¹⁾	1,640 ²⁾
resistencia a la rotura f_{tk}	N/mm ²	1,860	1,860	1,725	1,770	1,860	1,860
diámetro nominal	mm	12.70	12.90	15.20	15.70	15.24	15.70
área de la sección	mm ²	98.71	100.00	139.40	150.00	140.00	150.00
peso	kg/m	0.775	0.785	1.094	1.180	1.102	1.18
carga de rotura	kN	183.7	186.0	240.2	265.5	260.7	279.0
módulo de elasticidad	N/mm ²	-195,000					
relajación ³⁾ después de 1.000 h a 0,7 x carga de rotura f_{tk}	%	max. 2.5					

¹⁾ límite elástico medido al 1% de alargamiento efectivo

²⁾ límite elástico medido al 0.1% de alargamiento residual

³⁾ aplicable para la relajación clase 2 de acuerdo con Eurocode prEN 10138/BS 5896; o para baja relajación según ASTM A 416

Fuente: Dirección General de Carreteras, 2001

Anclajes: Post- tensados ejecutados en distintos proyectos se utiliza aceros de 7 hilos con sección minima 15mm.

Numero torones	Área mm2	Resistencia kn
1	140	260.7
3	420	782.1
4	560	1043
5	700	1304
7	980	1825

Fuente: Figueroa y Zelada, 2011

A). Acero de Refuerzo

El dimensionamiento del acero de refuerzo (cables o barras) depende del carácter provisional o permanente.

La carga de trabajo del anclaje es definida por la siguiente. expresión

$$P_w = \frac{0.90 f_y A_s}{\eta}$$

Donde:

- f_y : Esfuer. fluencia del acero ASTM_ A416 _ Grado 270
- A_s : Área del acero de refuerzo.
- P_w : Carga nominal del anclaje, obtenida en el cálculo de estabilidad global.
- n : coeficiente de seguridad . N: 1.75 para anclajes permanentes.

Area de acero requerio para el anclaje.

Estabilidad global_ SLIDE.

$$P_w: 320 \text{ Kn}$$
$$f_y: 1860 \text{ Mpa}$$

$$\frac{P_w * n}{0.90 f_y} = A_s$$

$$f_y: 18.966792 \text{ Ton/cm}^2$$
$$A_s: 1.4 \text{ cm}^2$$
$$P_w: 32.63 \text{ Ton}$$
$$n: 1.75$$

$$A_s: \quad \mathbf{3.35} \quad \mathbf{cm}^2$$

1 Toron tiene un area de : 1.4 cm²

Numero de Torones: 2.39 asumiendo 3

Calculando la resistencia de un toron.

$$1 \text{ Toron} = 13.66 \text{ Ton}$$

B). Longitud de Bulbo

$$L_b = \frac{P_w}{\pi D \tau_w}$$

Donde:

- L_b : Longitud del bulbo del anclaje
- P_w : Carga de trabajo del anclaje
- D : Diámetro de perforación
- τ_w : Capacidad de adherencia de trabajo en el contacto suelo- Material Cementante
- τ_{ult} : Capacidad de adherencia última en el contacto suelo material cementante.

$$\tau_w = \tau_{ult} / FS$$

$$FS \geq 2.00$$

- Longitud de bulbo:

No debe ser inferior a 4.5m en anclajes formados por cables

- Longitud libre de Anclaje:

La longitud libre mínima no debe ser inferior a 4.5m para anclajes de cables

Diámetro de perforación

En este estudio por ser el suelos lomos arcillos

Tipo de Inyección

Inyección Repetitiva Selectiva (IRS)

D= 125.00 mm

TABLA 4.1. DIÁMETROS MÍNIMOS DE PERFORACIÓN PARA ANCLAJES DE CABLES^(*)

Nº DE CABLES	DIÁMETRO MÍNIMO EXTERIOR DE LA ENTUBACIÓN (mm)	DIÁMETRO MÍNIMO DE LA PERFORACIÓN NO ENTUBADA (mm)
TIPO 1. ANCLAJES PROVISIONALES CON INYECCIÓN ÚNICA GLOBAL (IU)		
2 a 5 cables	114	85
6 ó 7 cables	133	105
8 a 12 cables	152	125
TIPOS 2 A Y 2 B. ANCLAJES PROVISIONALES CON REINYECCIÓN (IR, IRS)		
2 ó 3 cables	114	85
4 ó 5 cables	133	105
6 a 10 cables	152	125
TIPOS 3 Y 4 A. ANCLAJES PERMANENTES SIN REINYECCIÓN SELECTIVA (IU, IR)		
2 a 4 cables	133	105
5 a 7 cables	152	125
7 a 12 cables	178	140
TIPO 4 B. ANCLAJES PERMANENTES CON REINYECCIÓN SELECTIVA (IRS)		
2 a 4 cables	152	125
5 a 7 cables	178	140
7 a 12 cables	200	165

(*) Se considera en todos los casos un diámetro de cable no mayor de 15,3 mm (0,6 pulgadas)

Capacidad de adherencia última en el contacto suelo material cementante.

Capacidad última de adherencia (Arcilla limosa)

0.04 Mpa

TABLA 14
Capacidad de Adherencia Última en la Interfase Suelo/Lechada de Cemento del Bulbo

Roca		Suelos Cohesivos		Suelos No Cohesivos	
Tipo de roca	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)
Granito y Basalto	1.70 - 3.10	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.03 - 0.07	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.07 - 0.14
Caliza Dolomita	1.40 - 2.10	Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)		Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)	
Caliza blanda	1.00 - 1.40	- Arcilla blanda limosa	0.03 - 0.07	- Arena fina a media, medianamente densa a densa	0.08 - 0.38
Pizarras y Lutitas duras	0.80 - 1.40	- Arcilla limosa	0.03 - 0.07	- Arena medianamente gruesa (con grava), medianamente densa	0.11 - 0.66
Lutitas blandas	0.20 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana a alta plasticidad	0.03 - 0.10	- Arena medianamente gruesa (con grava), densa a muy densa	0.25 - 0.97
Areniscas	0.80 - 1.70	- Arcilla muy rígida, mediana a alta plasticidad	0.07 - 0.17	- Arenas limosas	0.17 - 0.41
Areniscas intemperizadas	0.70 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana plasticidad	0.10 - 0.25	- Morrena glacial densa	0.30 - 0.52
Tiza, Yeso	0.20 - 1.10	- Arcilla muy rígida, mediana plasticidad	0.14 - 0.35	- Grava arenosa, medianamente densa a densa	0.21 - 1.38
Marga intemperizada (arcilla calcárea)	0.15 - 0.25	- Limo arenoso muy rígido, mediana plasticidad	0.28 - 0.38	- Grava arenosa, densa a muy densa	0.28 - 1.38
Concreto	1.40 - 2.80				

Nota: Los valores reales para anclajes inyectados a presión dependerán de la capacidad de desarrollar las presiones en cada tipo de suelo

B). Longitud de Bulbo

$$L_b = \frac{P_w}{\pi D \tau_w}$$

Donde:

$$\tau_w = \tau_{ult} / FS$$

$$FS \geq 2.00$$

P_w :	32.63 Ton
D :	0.125 m
t_w :	20.38 Ton
t_{ult} :	40.76 Ton/m ²
L_b :	4.08 m

Longitud del bulbo del anclaje: asumiendo

$$L_b: \quad \mathbf{4.5} \quad \mathbf{m}$$

CARACTERÍSTICAS DEL ANCLAJE

N° de cables	unid.	3
Longitud Total del anclaje	m	14
Long. Libre	m	9.5
Long. Bulbo	m	4.5

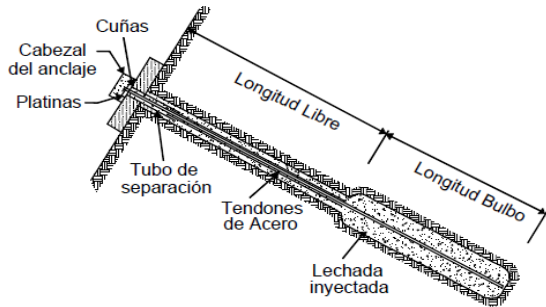
DISEÑO SECCIÓN KM 0+300

SOSTENIMIENTO DE ANCLADAS

sostenimiento requiera el uso de anclajes (muros anclados, pilotes anclados, soil nails)

Anclajes activos

Torones



Toron: Se conforma por multiples cables que generalmente son 7.

Especificaciones del acero de 15mm , ASTM_ A416 _ Grado 270

► Datos Técnicos

tipo norma/código	13 mm (0.5")		15 mm (0.6")				
	ASTM A 416 Clase 270	prEN 10138 BS 5896	ASTM A 416 Clase 250	prEN 10138 BS 5896	ASTM A 416 Clase 270	prEN 10138 BS 5896	
resistencia en el límite elástico $f_{p0.1k}$	N/mm ²	1,670 ¹⁾	1,640 ²⁾	1,550 ¹⁾	1,560 ²⁾	1,670 ¹⁾	1,640 ²⁾
resistencia a la rotura f_{tk}	N/mm ²	1,860	1,860	1,725	1,770	1,860	1,860
diámetro nominal	mm	12.70	12.90	15.20	15.70	15.24	15.70
área de la sección	mm ²	98.71	100.00	139.40	150.00	140.00	150.00
peso	kg/m	0.775	0.785	1.094	1.180	1.102	1.18
carga de rotura	kN	183.7	186.0	240.2	265.5	260.7	279.0
módulo de elasticidad	N/mm ²	-195,000					
relajación ³⁾ después de 1.000 h a 0,7 x carga de rotura f_{tk}	%	max. 2.5					

¹⁾ límite elástico medido al 1% de alargamiento efectivo

²⁾ límite elástico medido al 0.1% de alargamiento residual

³⁾ aplicable para la relajación clase 2 de acuerdo con Eurocode prEN 10138/BS 5896; o para baja relajación según ASTM A 416

Fuente: Dirección General de Carreteras, 2001

Anclajes: Post- tensados ejecutados en distintos proyectos se utiliza aceros de 7 hilos con sección minima 15mm.

Numero torones	Área mm2	Resistencia kn
1	140	260.7
3	420	782.1
4	560	1043
5	700	1304
7	980	1825

Fuente: Figueroa y Zelada, 2011

A). Acero de Refuerzo

El dimensionamiento del acero de refuerzo (cables o barras) depende del carácter provisional o permanente.

La carga de trabajo del anclaje es definida por la siguiente. expresión

$$P_w = \frac{0.90 f_y A_s}{\eta}$$

Donde:

- f_y : Esfuer. fluencia del acero ASTM_ A416 _ Grado 270
- A_s : Área del acero de refuerzo.
- P_w : Carga nominal del anclaje, obtenida en el cálculo de estabilidad global.
- n : coeficiente de seguridad . N: 1.75 para anclajes permanentes.

Area de acero requerido para el anclaje.

Estabilidad global_ SLIDE.

$$P_w: 320 \text{ Kn}$$
$$f_y: 1860 \text{ Mpa}$$

$$\frac{P_w * n}{0.90 f_y} = A_s$$

$$f_y: 18.966792 \text{ Ton/cm}^2$$
$$A_s: 1.4 \text{ cm}^2$$
$$P_w: 32.63 \text{ Ton}$$
$$n: 1.75$$

$$A_s: \quad \mathbf{3.35} \quad \mathbf{cm}^2$$

1 Toron tiene un area de : 1.4 cm²

Numero de Torones: 2.39 asumiendo 3

Calculando la resistencia de un toron.

$$1 \text{ Toron} = 13.66 \text{ Ton}$$

B). Longitud de Bulbo

$$L_b = \frac{P_w}{\pi D \tau_w}$$

Donde:

- L_b : Longitud del bulbo del anclaje
- P_w : Carga de trabajo del anclaje
- D : Diámetro de perforación
- τ_w : Capacidad de adherencia de trabajo en el contacto suelo- Material Cementante
- τ_{ult} : Capacidad de adherencia última en el contacto suelo material cementante.

$$\tau_w = \tau_{ult} / FS$$

$$FS \geq 2.00$$

- Longitud de bulbo:

No debe ser inferior a 4.5m en anclajes formados por cables

- Longitud libre de Anclaje:

La longitud libre mínima no debe ser inferior a 4.5m para anclajes de cables

Diámetro de perforación

En este estudio por ser el suelos lomos arcillos

Tipo de Inyección

Inyección Repetitiva Selectiva (IRS)

D= 125.00 mm

TABLA 4.1. DIÁMETROS MÍNIMOS DE PERFORACIÓN PARA ANCLAJES DE CABLES^(*)

Nº DE CABLES	DIÁMETRO MÍNIMO EXTERIOR DE LA ENTUBACIÓN (mm)	DIÁMETRO MÍNIMO DE LA PERFORACIÓN NO ENTUBADA (mm)
TIPO 1. ANCLAJES PROVISIONALES CON INYECCIÓN ÚNICA GLOBAL (IU)		
2 a 5 cables	114	85
6 ó 7 cables	133	105
8 a 12 cables	152	125
TIPOS 2 A Y 2 B. ANCLAJES PROVISIONALES CON REINYECCIÓN (IR, IRS)		
2 ó 3 cables	114	85
4 ó 5 cables	133	105
6 a 10 cables	152	125
TIPOS 3 Y 4 A. ANCLAJES PERMANENTES SIN REINYECCIÓN SELECTIVA (IU, IR)		
2 a 4 cables	133	105
5 a 7 cables	152	125
7 a 12 cables	178	140
TIPO 4 B. ANCLAJES PERMANENTES CON REINYECCIÓN SELECTIVA (IRS)		
2 a 4 cables	152	125
5 a 7 cables	178	140
7 a 12 cables	200	165

(*) Se considera en todos los casos un diámetro de cable no mayor de 15,3 mm (0,6 pulgadas)

Capacidad de adherencia última en el contacto suelo material cementante.

Capacidad última de adherencia (Arcilla limosa)

0.04 Mpa

TABLA 14
Capacidad de Adherencia Última en la Interfase Suelo/Lechada de Cemento del Bulbo

Roca		Suelos Cohesivos		Suelos No Cohesivos	
Tipo de roca	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)	Tipo de anclaje	Capacidad última de adherencia promedio (MPa)
Granito y Basalto	1.70 - 3.10	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.03 - 0.07	Anclajes inyectados a gravedad (en dirección al eje)	0.07 - 0.14
Caliza Dolomita	1.40 - 2.10	Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)		Anclajes inyectados a presión (en dirección al eje)	
Caliza blanda	1.00 - 1.40	- Arcilla blanda limosa	0.03 - 0.07	- Arena fina a media, medianamente densa a densa	0.08 - 0.38
Pizarras y Lutitas duras	0.80 - 1.40	- Arcilla limosa	0.03 - 0.07	- Arena medianamente gruesa (con grava), medianamente densa	0.11 - 0.66
Lutitas blandas	0.20 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana a alta plasticidad	0.03 - 0.10	- Arena medianamente gruesa (con grava), densa a muy densa	0.25 - 0.97
Areniscas	0.80 - 1.70	- Arcilla muy rígida, mediana a alta plasticidad	0.07 - 0.17	- Arenas limosas	0.17 - 0.41
Areniscas intemperizadas	0.70 - 0.80	- Arcilla rígida, mediana plasticidad	0.10 - 0.25	- Morrena glacial densa	0.30 - 0.52
Tiza, Yeso	0.20 - 1.10	- Arcilla muy rígida, mediana plasticidad	0.14 - 0.35	- Grava arenosa, medianamente densa a densa	0.21 - 1.38
Marga intemperizada (arcilla calcárea)	0.15 - 0.25	- Limo arenoso muy rígido, mediana plasticidad	0.28 - 0.38	- Grava arenosa, densa a muy densa	0.28 - 1.38
Concreto	1.40 - 2.80				

Nota: Los valores reales para anclajes inyectados a presión dependerán de la capacidad de desarrollar las presiones en cada tipo de suelo

B). Longitud de Bulbo

$$L_b = \frac{P_w}{\pi D \tau_w}$$

Donde:

$$\tau_w = \tau_{ult} / FS$$

$$FS \geq 2.00$$

P_w :	32.63 Ton
D :	0.125 m
t_w :	20.38 Ton
t_{ult} :	40.76 Ton/m ²
L_b :	4.08 m

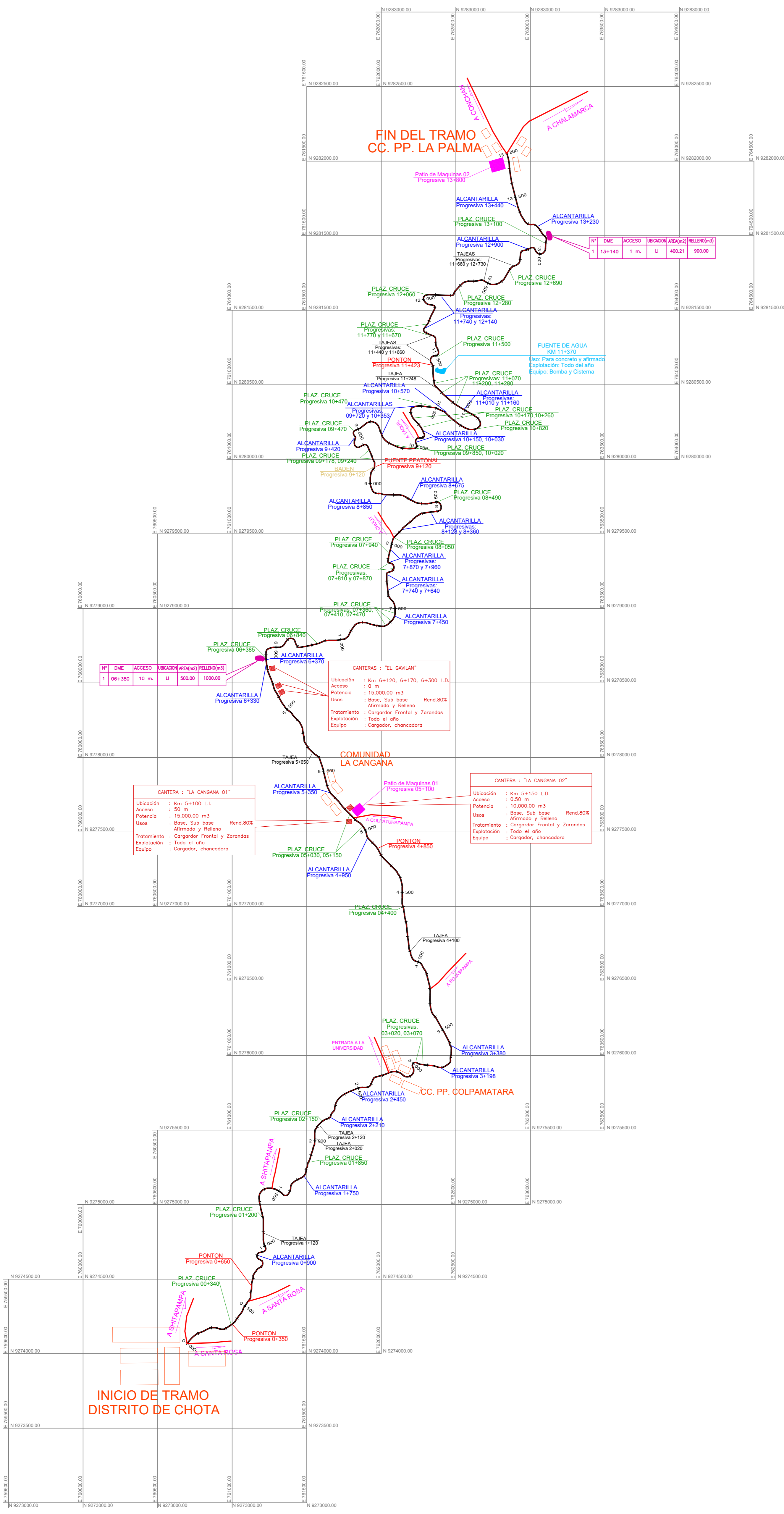
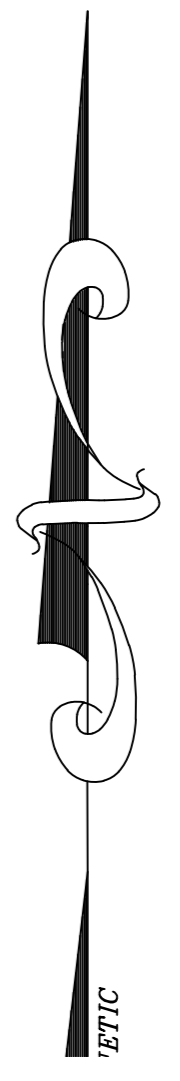
Longitud del bulbo del anclaje: asumiendo

$$L_b: \quad \mathbf{4.5} \quad \mathbf{m}$$

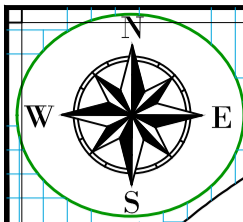
CARACTERÍSTICAS DEL ANCLAJE

N° de cables o torones	unid.	3
Longitud Total del anclaje	m	14
Long. Libre	m	9.5
Long. Bulbo	m	4.5

Anexo G. Planos



LEYENDA	
	FUENTE DE AGUA POSICION TOMADA PARA CÁLCULO DE DISTANCIA MEDIA DE TRANSPORTE DE AGUA
	CANTERA POSICION TOMADA PARA CÁLCULO DE DISTANCIA MEDIA DE AFIRMADO
	QUEBRADA
	PLAZOLETA DE CRUCE
	MURO SECO OPERATIVO
	DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE
	PATIO DE MAQUINAS



PONTON
Progresiva 11+423

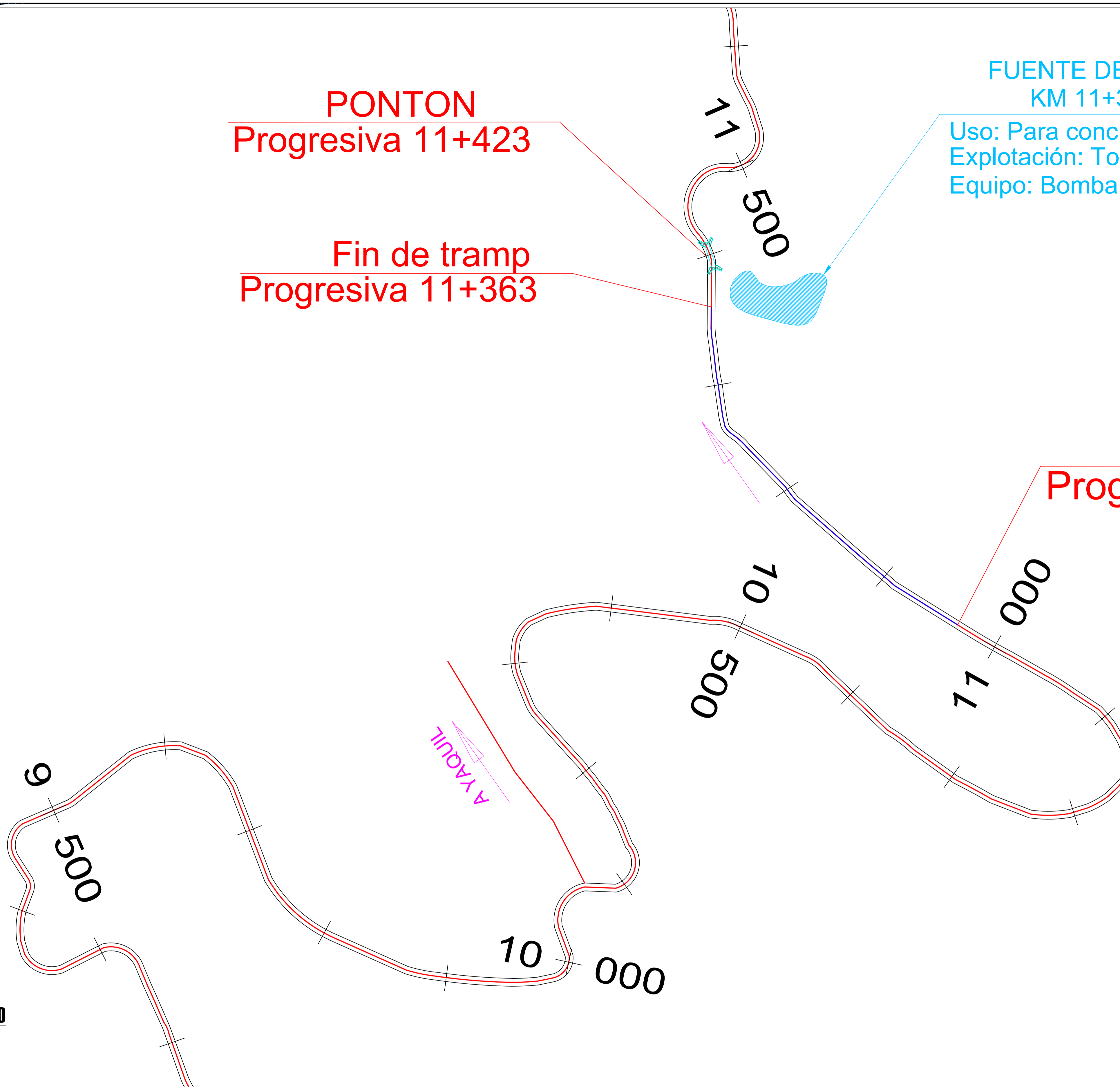
Fin de tramp
Progresiva 11+363

FUENTE DE AGUA
KM 11+370

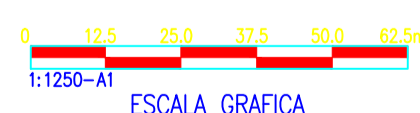
Uso: Para concreto y afirmado
Explotación: Todo del año
Equipo: Bomba y Cisterna

LEYENDA	
	PUNTO DE AGUA
	PONTON
	TRAMO DE ESTUDIO
	EJE DE VIA
	BORDE DE CARRETERA

Inicio
Progresiva 11+063



PLANO DE TRAMO DE E STUDIO
ESCALA 1:1250



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

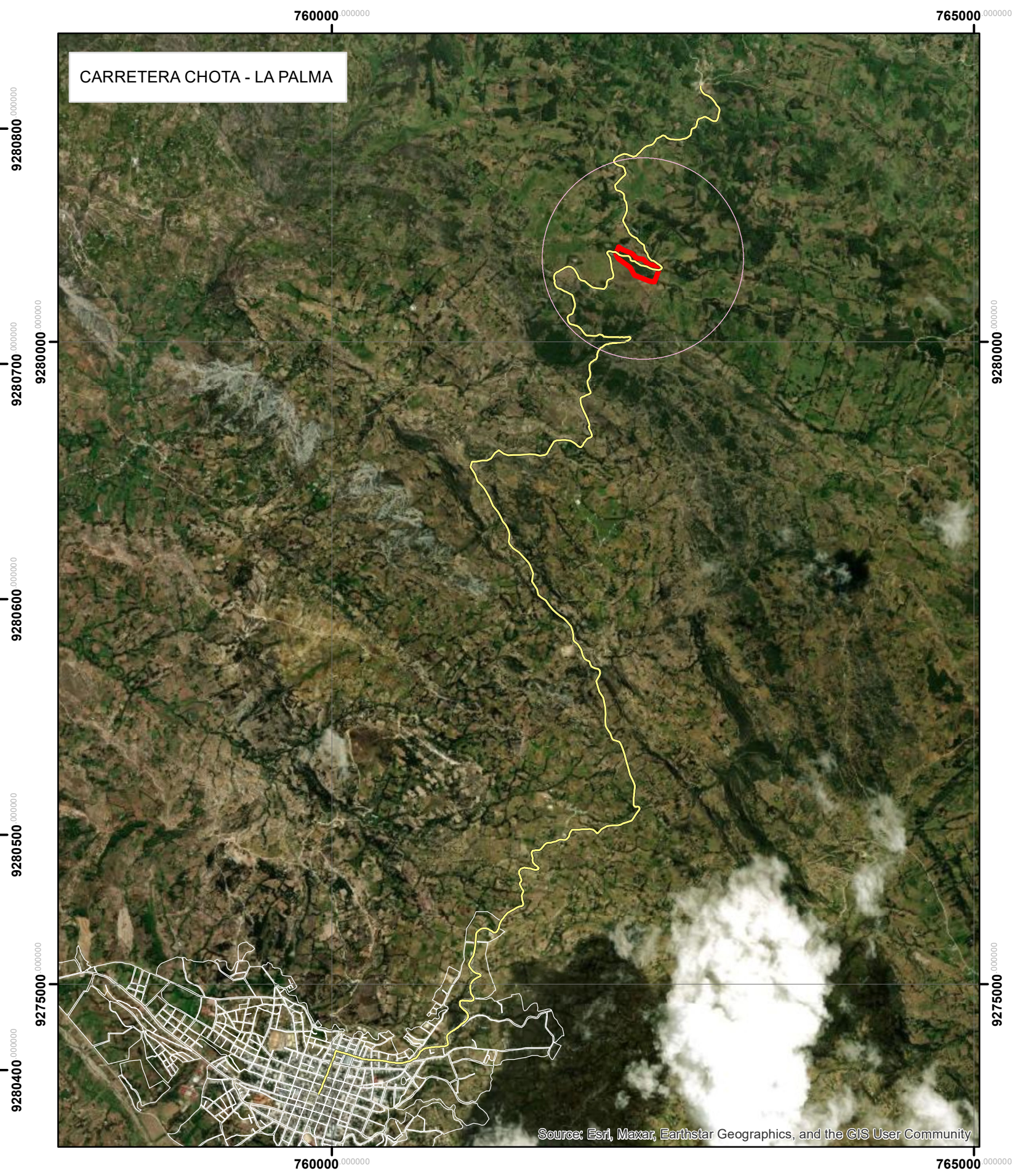
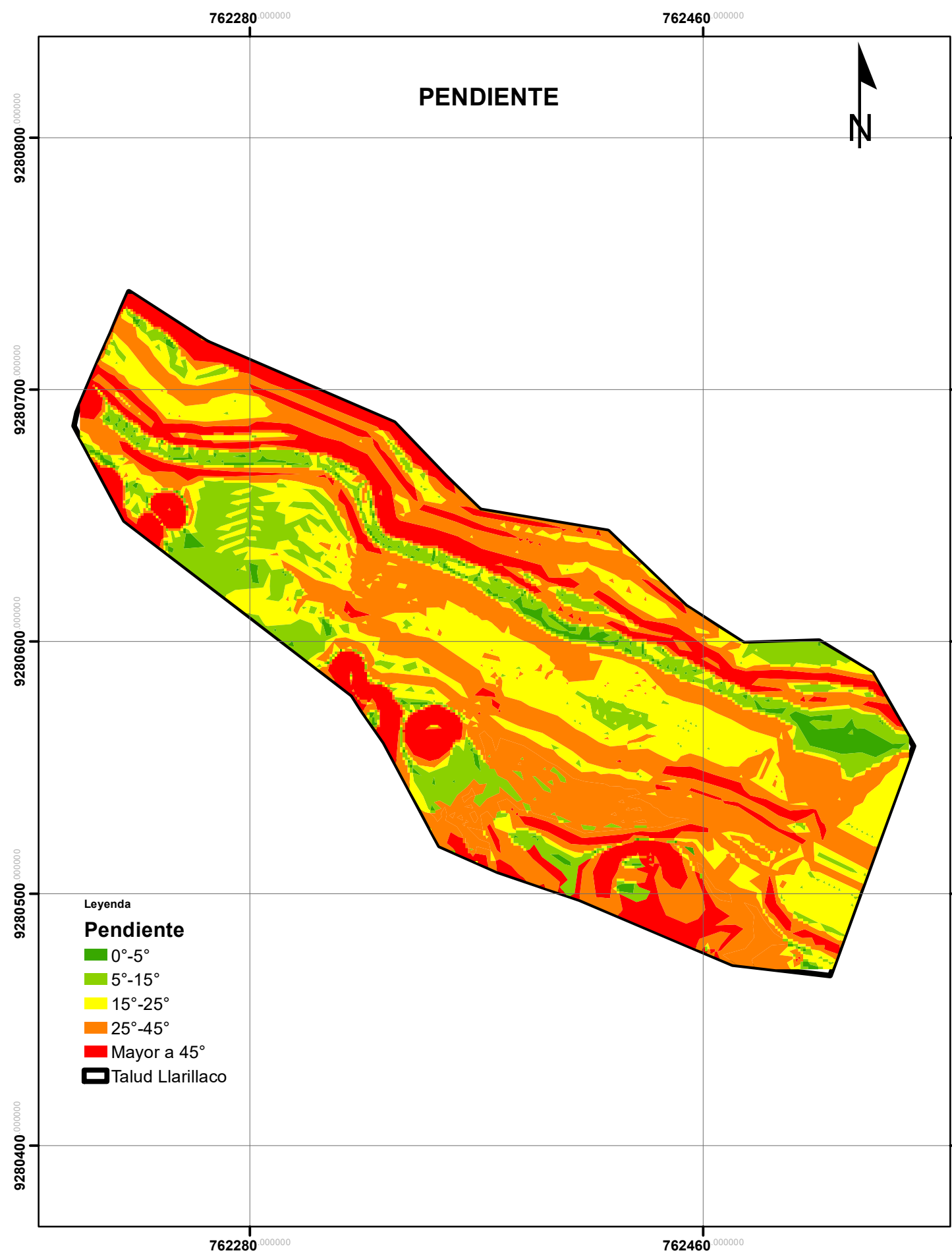
REVISÁ: APRUEBA:

PLANO:
TRAMO DE ESTUDIO

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/1250
FECHA: CHOTA AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
TE- 01

PLANOS SUSCEPTIBILIDAD DEL TALUD



**MAPA DE PENDIENTE
DEL TALUD LLARILLACO
CHOTA - LA PALMA**

S1

**ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO
EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA**

TESISTAS
ISRAEL CHAVEZ MEDINA
ROIMER ROJAS NUÑEZ

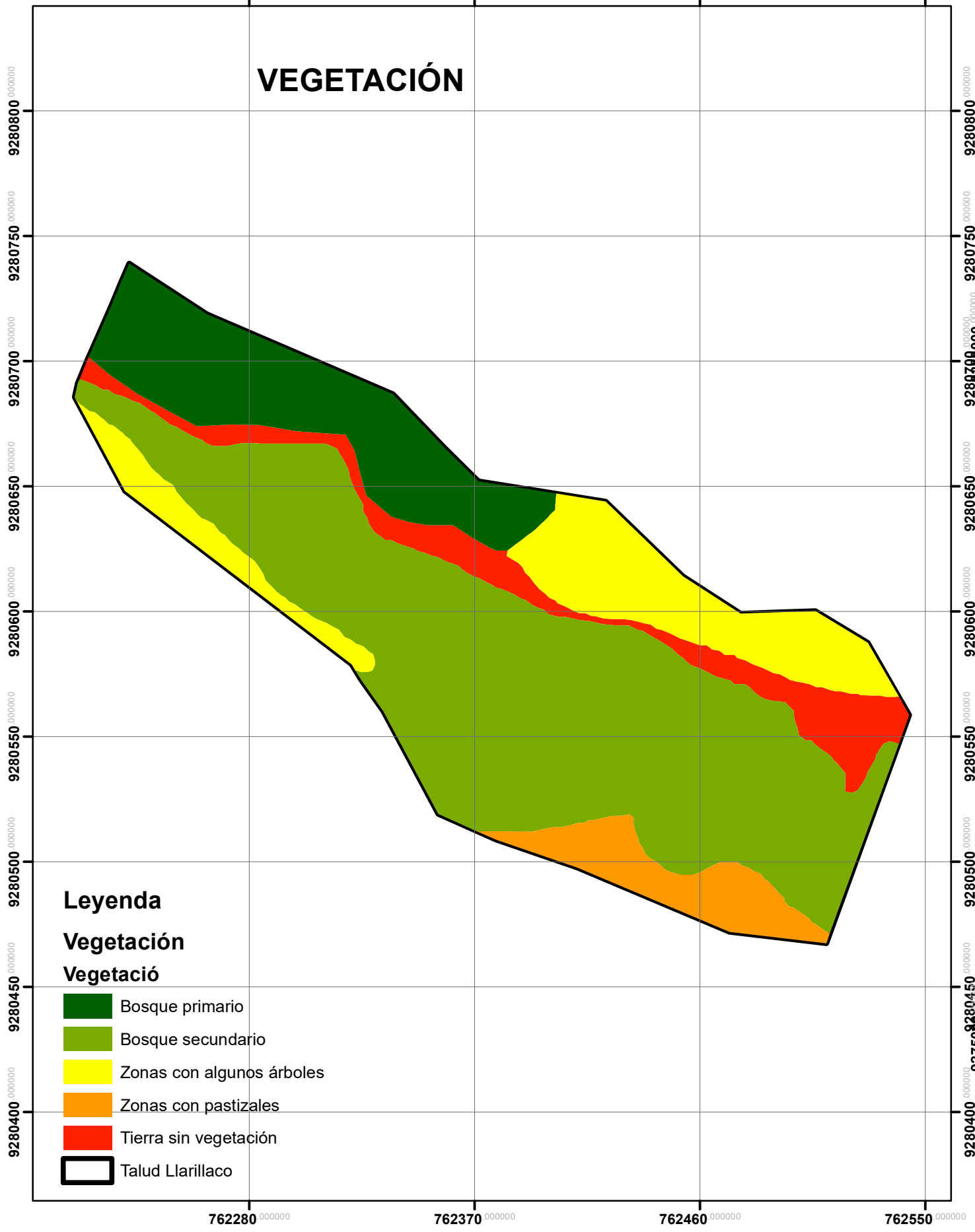
ASESOR:
Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

ESCALA: A3
0 0.00000750.0150.0225 0.03 Miles

FECHA:
10/03/24

762280 000000 762370 000000 762460 000000 762550 000000 760000 000000 765000 000000

VEGETACIÓN

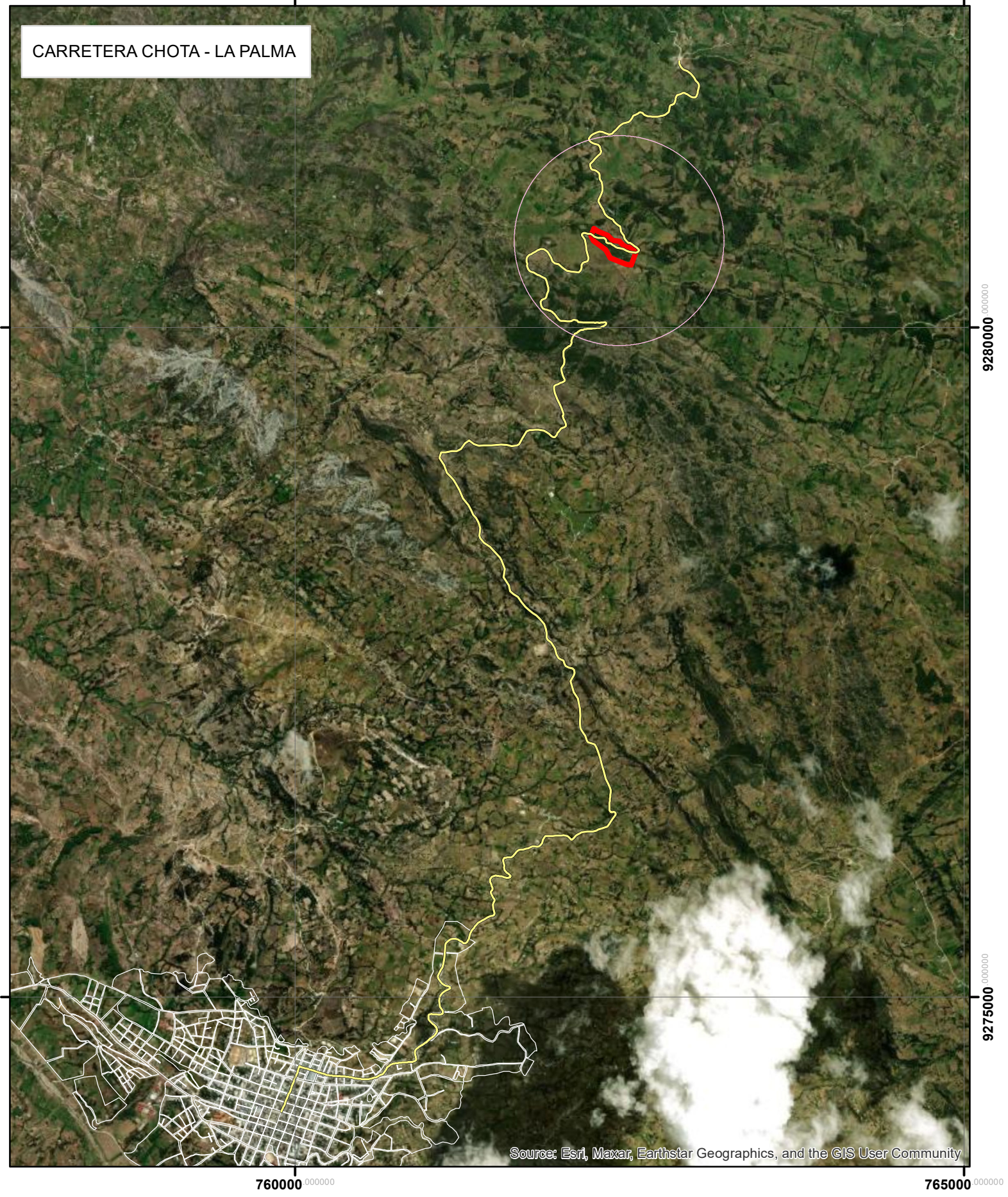


Leyenda

Vegetación

- Bosque primario
- Bosque secundario
- Zonas con algunos árboles
- Zonas con pastizales
- Tierra sin vegetación
- Talud Llarillaco

CARRETERA CHOTA - LA PALMA



Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community



**MAPA DE VEGETACIÓN
DEL TALUD LLARILLACO
CHOTA - LA PALMA**
S2

ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA

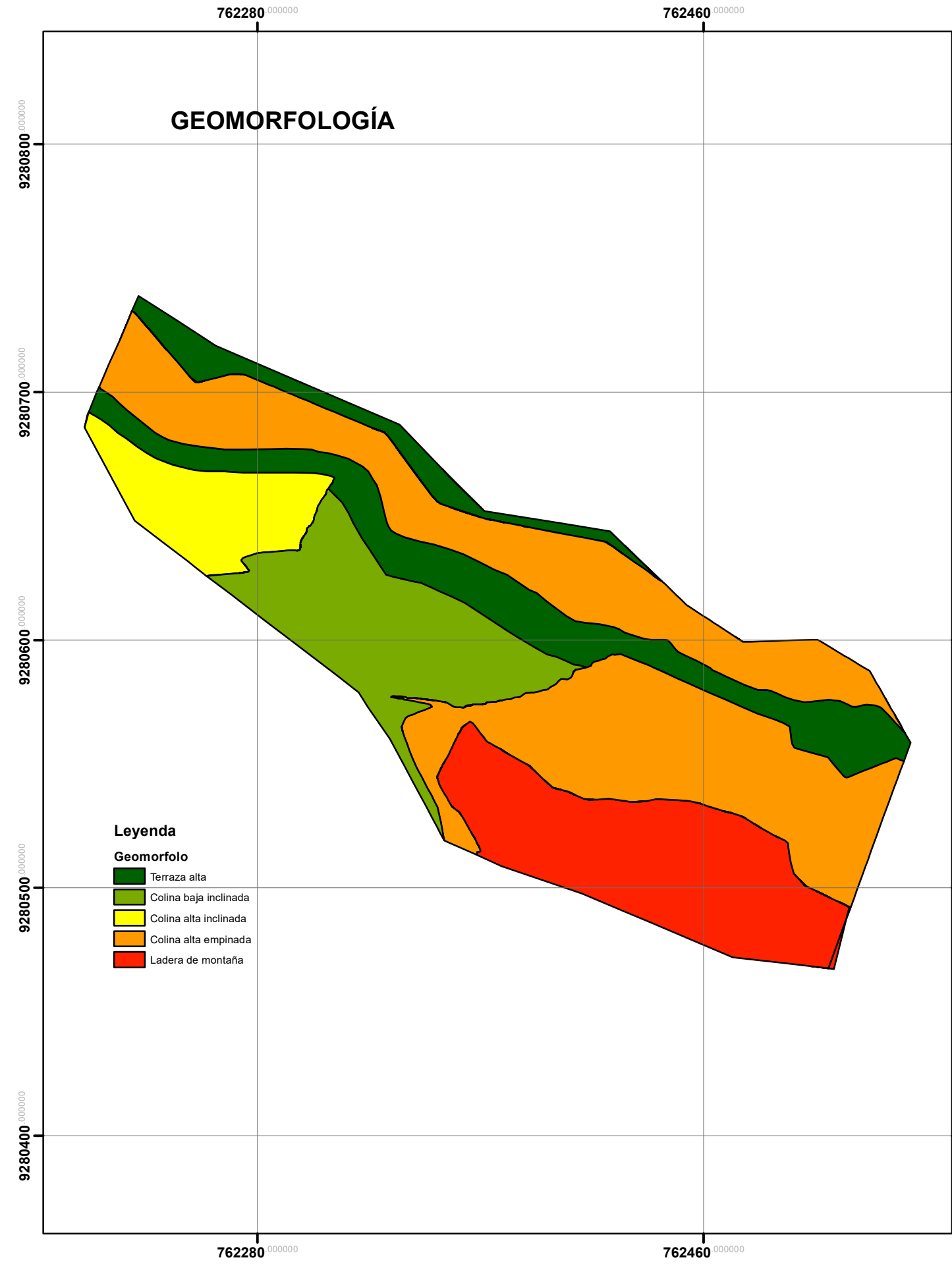
TESISTAS
ISRAEL CHAVEZ MEDINA
ROIMER ROJAS NUÑEZ

ASESOR:
Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

ESCALA: A3

FECHA:
10/03/24

762280 000000 762370 000000 762460 000000 762550 000000 760000 000000 765000 000000



**MAPA GEOMORFOLÓGICO
DEL TALUD LLARILLACO
CHOTA - LA PALMA**

S3

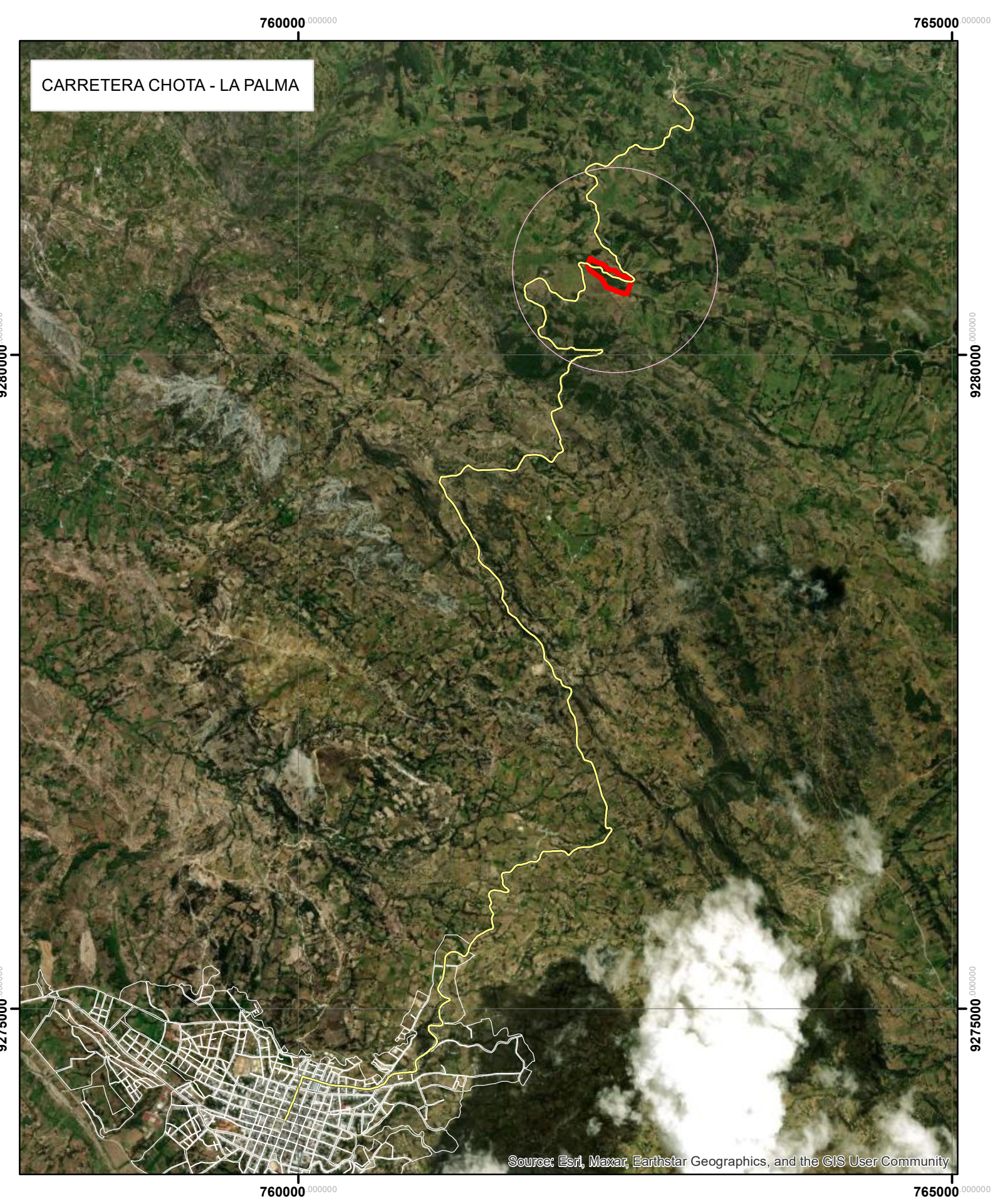
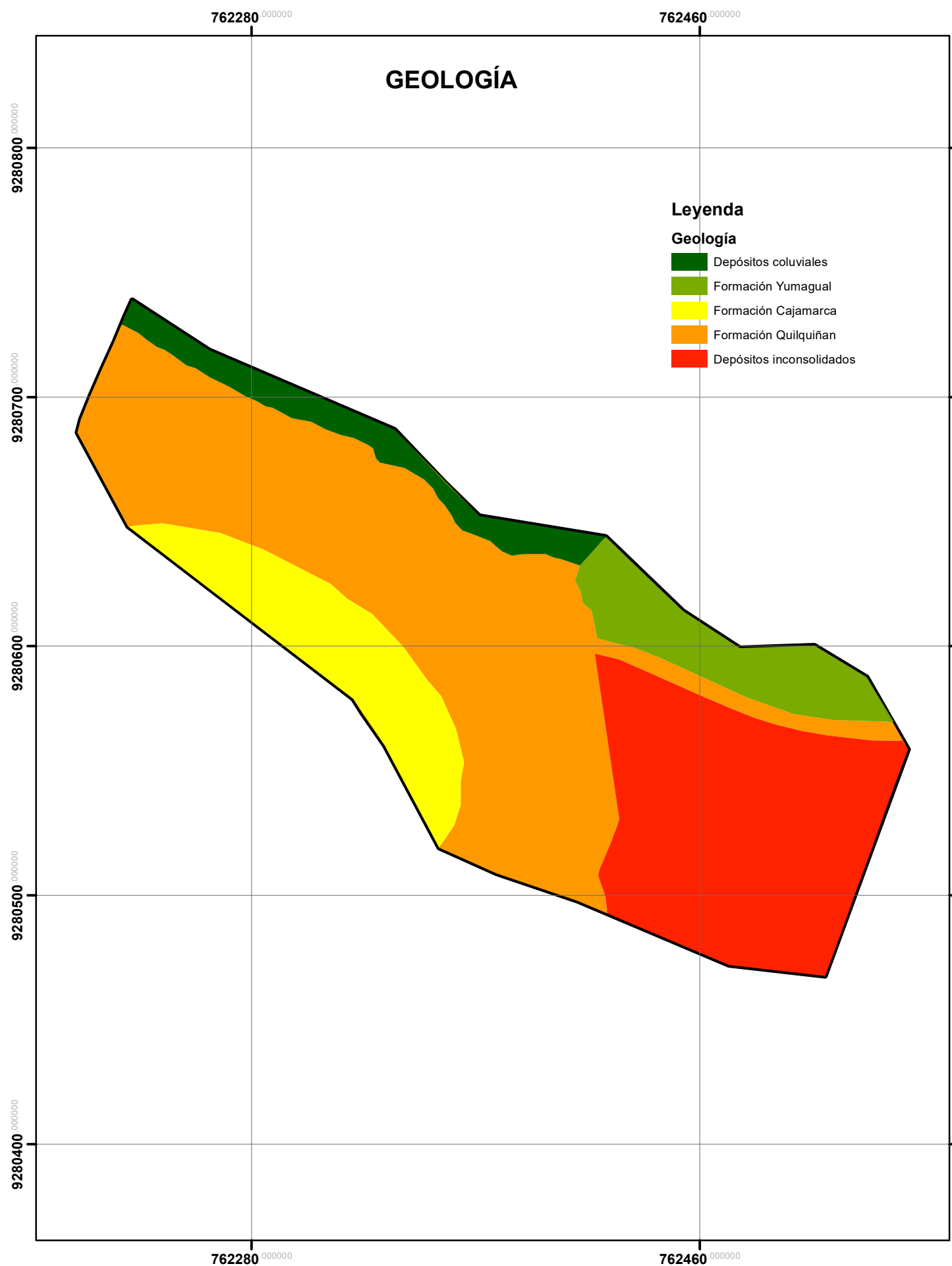
**ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO
EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA**

TESISTAS
ISRAEL CHAVEZ MEDINA
ROIMER ROJAS NUÑEZ

ASESOR:
Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

ESCALA: A3

FECHA:
10/03/24



**MAPA DE GEOLOGÍA
DEL TALUD LLARILLACO
CHOTA - LA PALMA**

S4

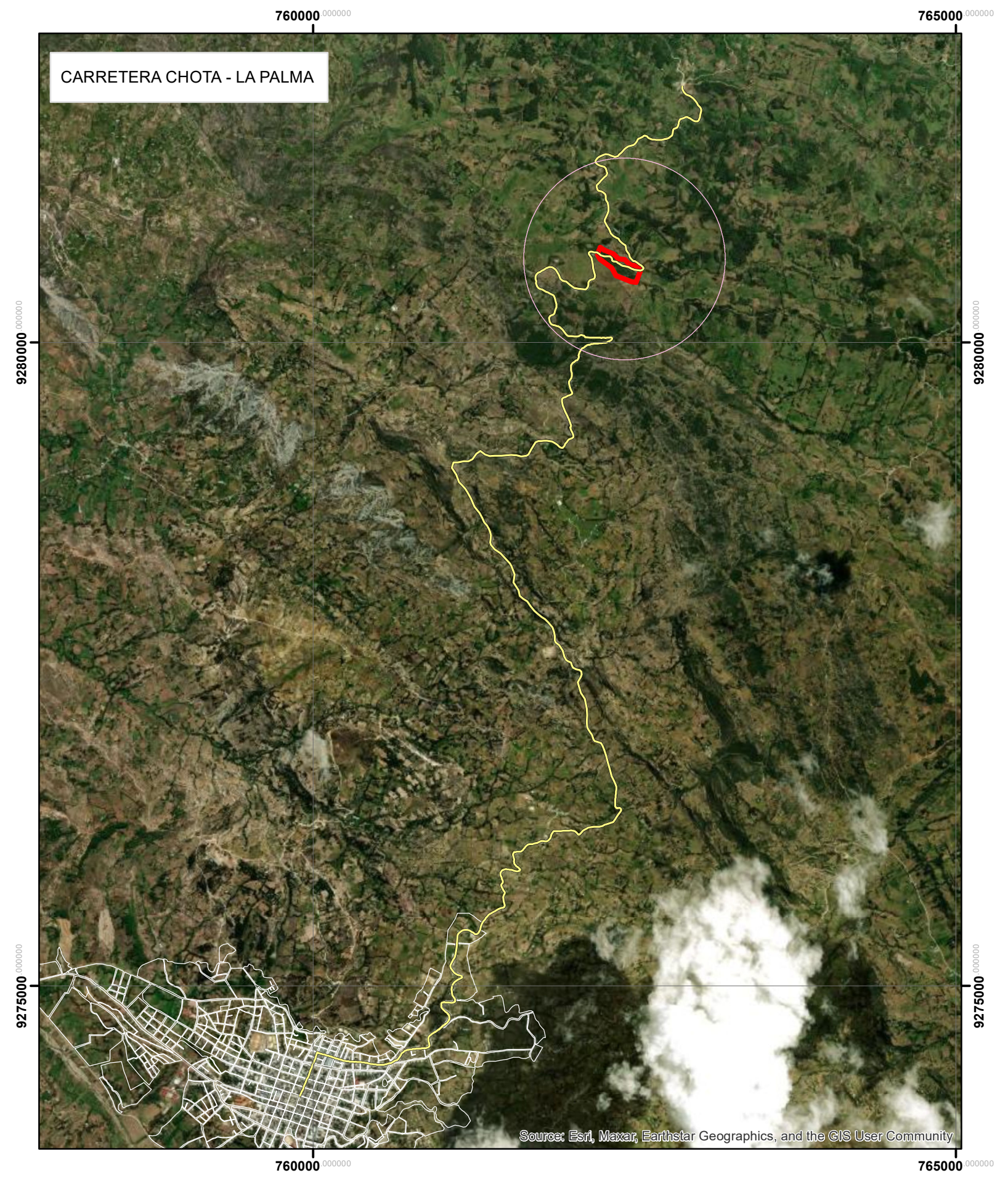
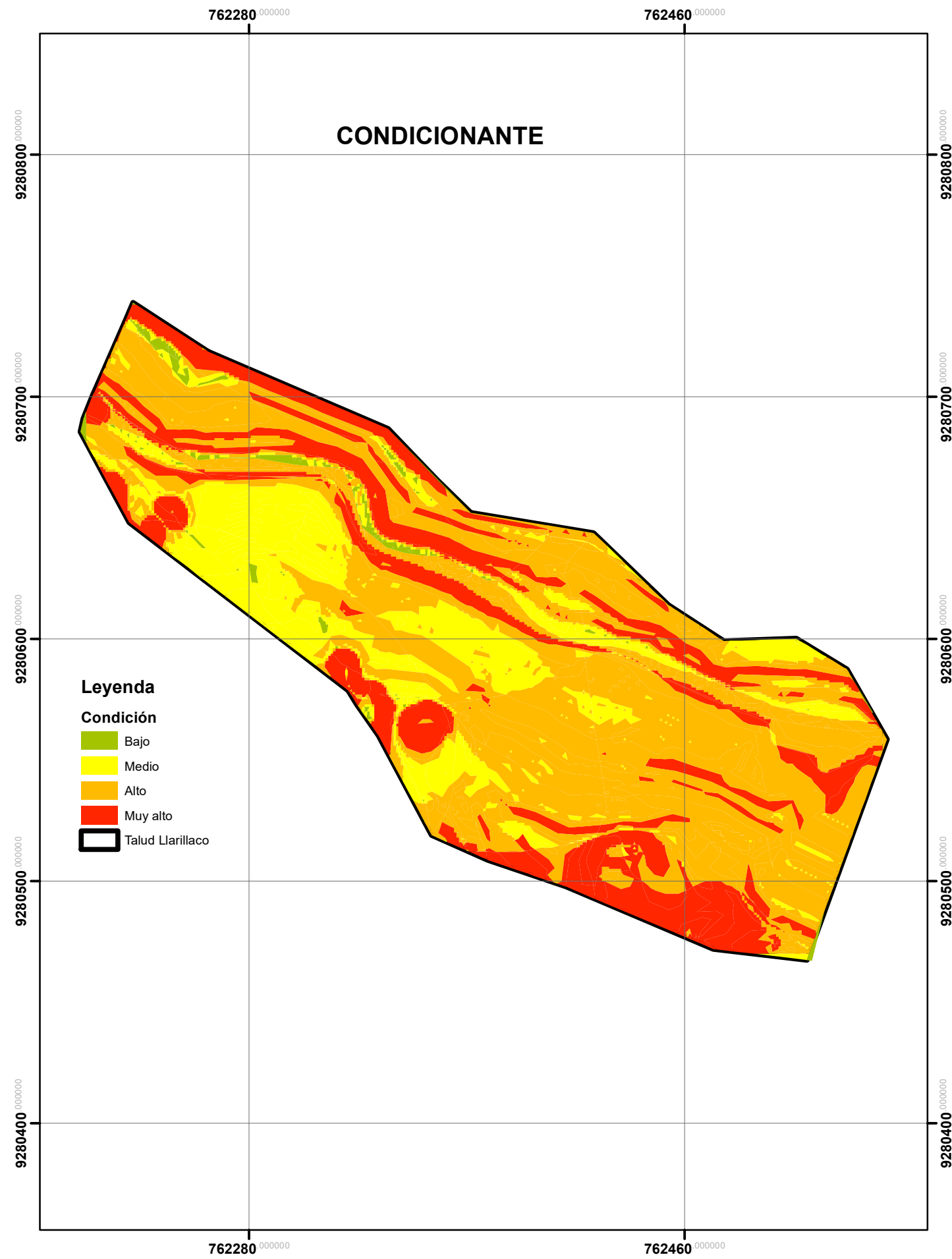
**ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO
EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA**

TESISTAS
ISRAEL CHAVEZ MEDINA
ROIMER ROJAS NUÑEZ

ASESOR:
Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

ESCALA: A3

FECHA:
10/03/24



**MAPA DE
CONDICIONANTES
DEL TALUD LLARILLACO
CHOTA - LA PALMA**

S5

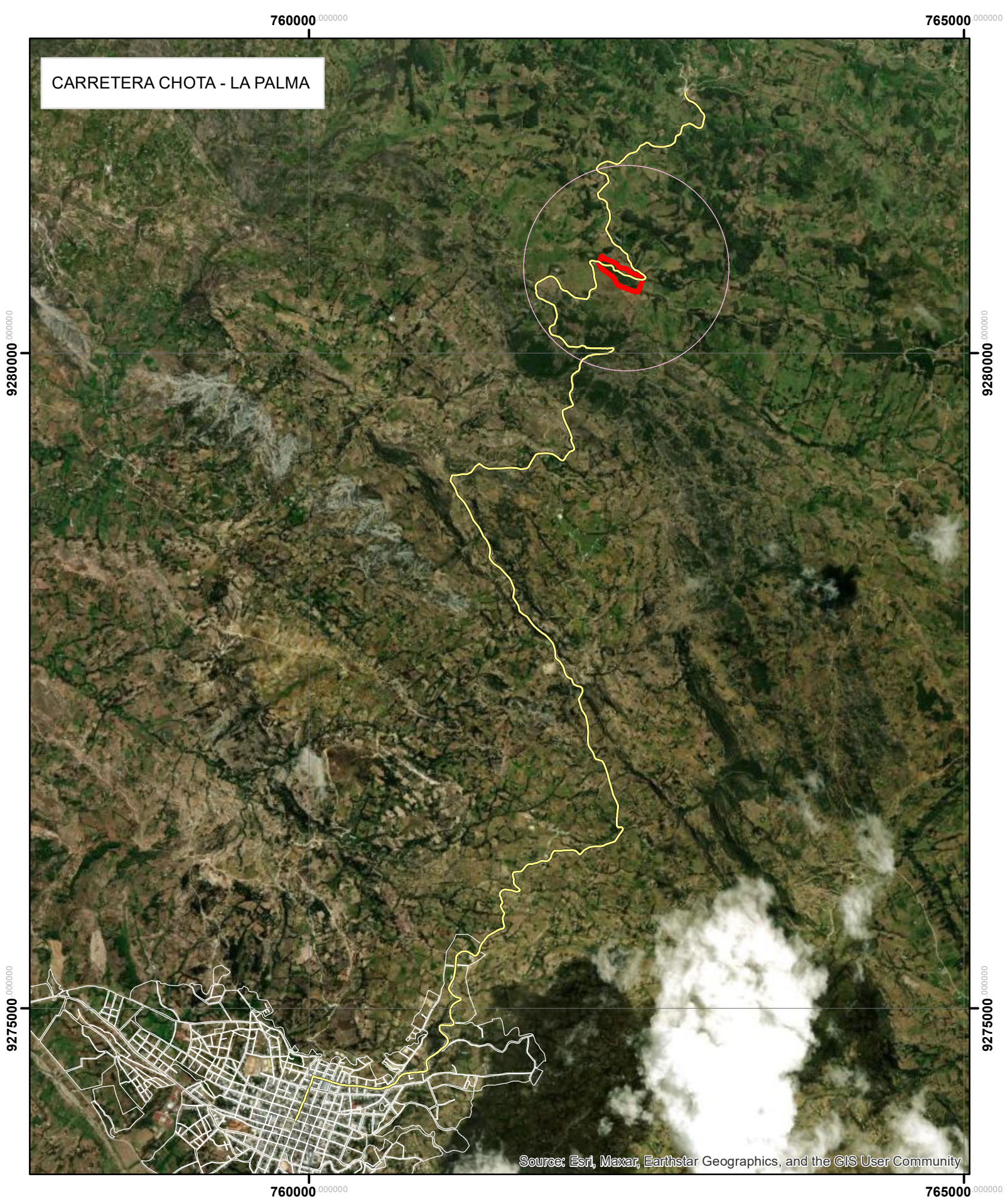
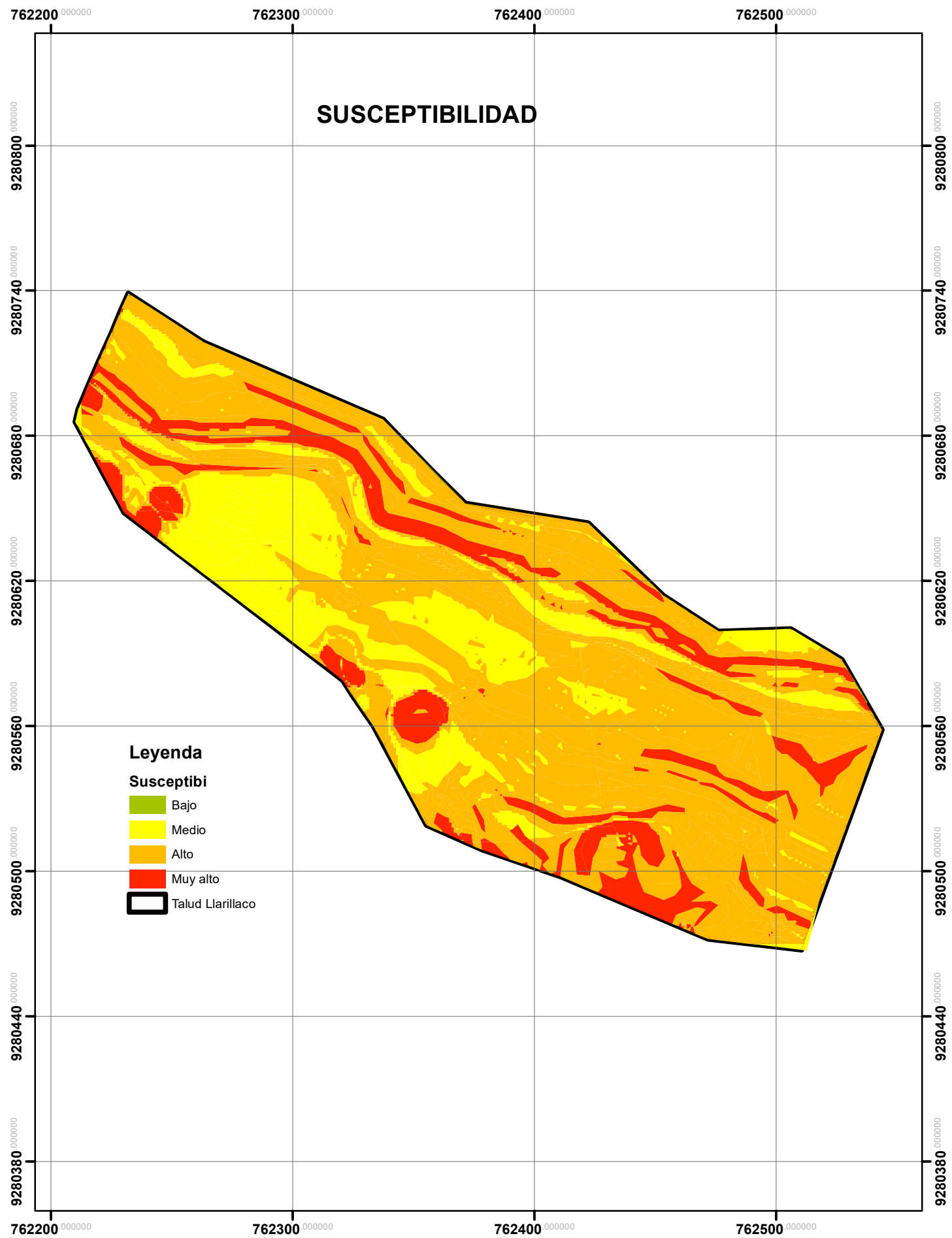
**ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO
EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA**

TESISTAS
ISRAEL CHAVEZ MEDINA
ROIMER ROJAS NUÑEZ

ASESOR:
Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

ESCALA: A3

FECHA:
10/03/24



SUSCEPTIBILIDAD DEL TALUD LLARILLACO CHOTA - LA PALMA
S6

ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL DESLIZAMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA – LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA

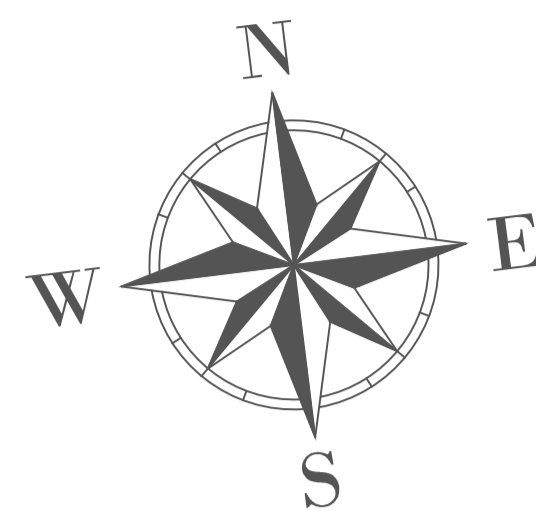
TESISTAS
ISRAEL CHAVEZ MEDINA
ROIMER ROJAS NUÑEZ

ASESOR:
Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

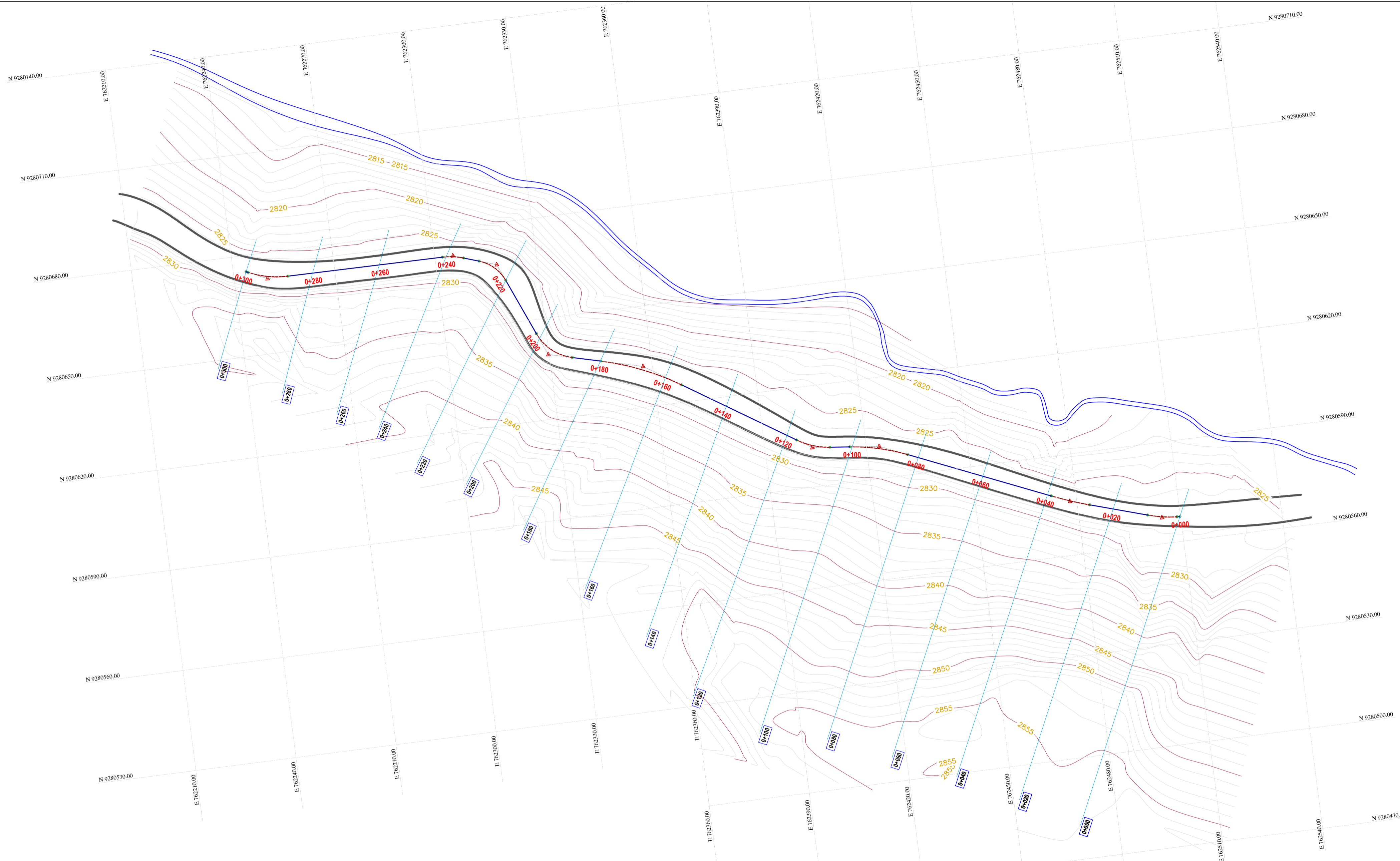
ESCALA: A3

FECHA:
10/03/24

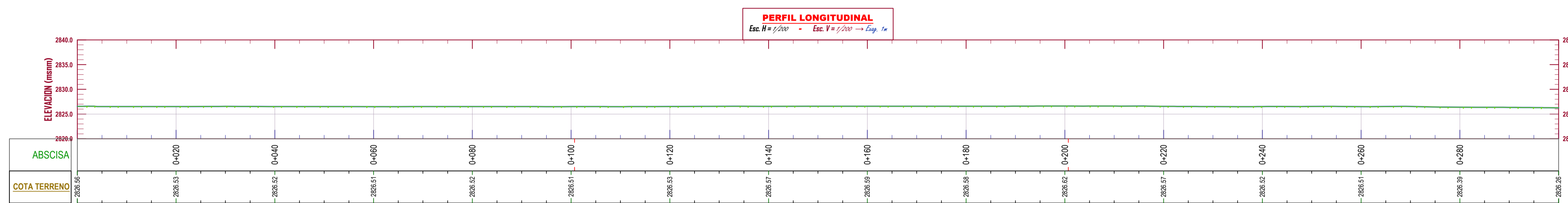
PLANOS SECCIONES NATURALES



PLANO EN PLANTA
ESCALA 1:500



LEYENDA	
	Curva Mayor C=5.00m
	Curva Menor C=1.00cm
	Bordes de río
	Vertice
	Borde de Carretera



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:500



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"**

ASESOR: **Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN**

DIBUJO Y DISEÑO: **CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER**

PLANO:

PLANTA Y PERFIL

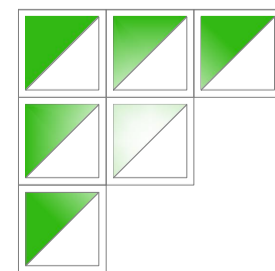
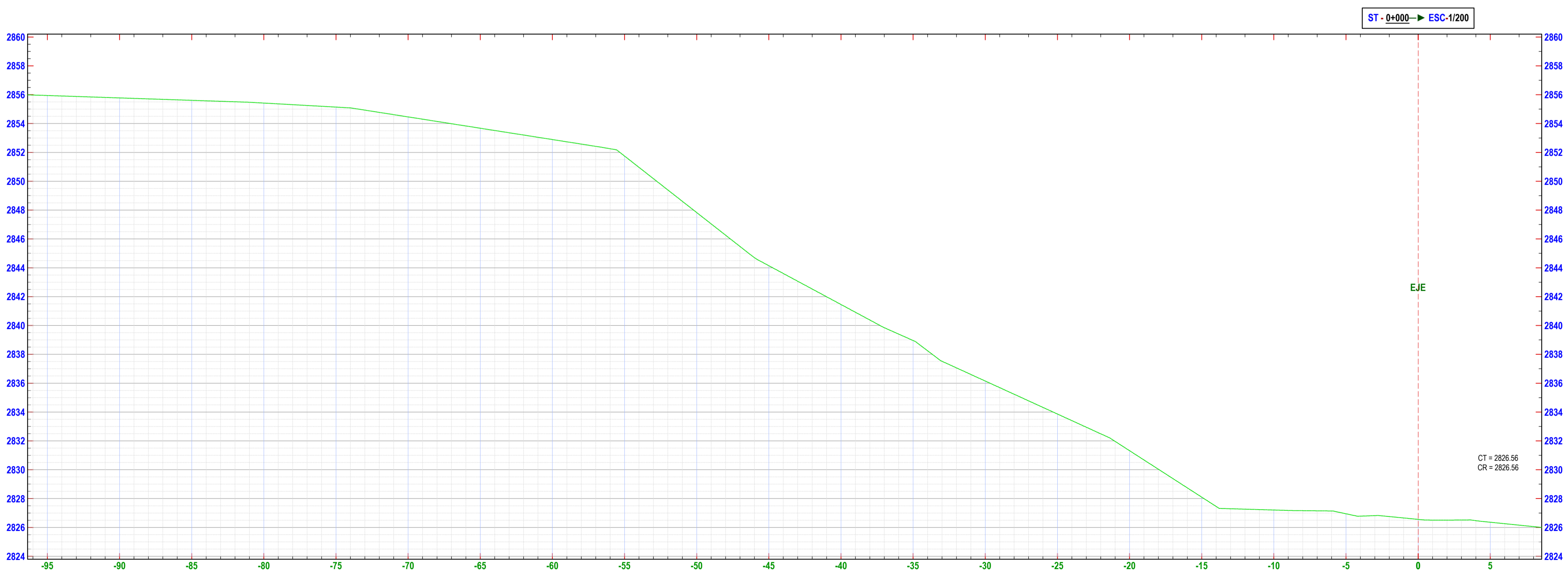
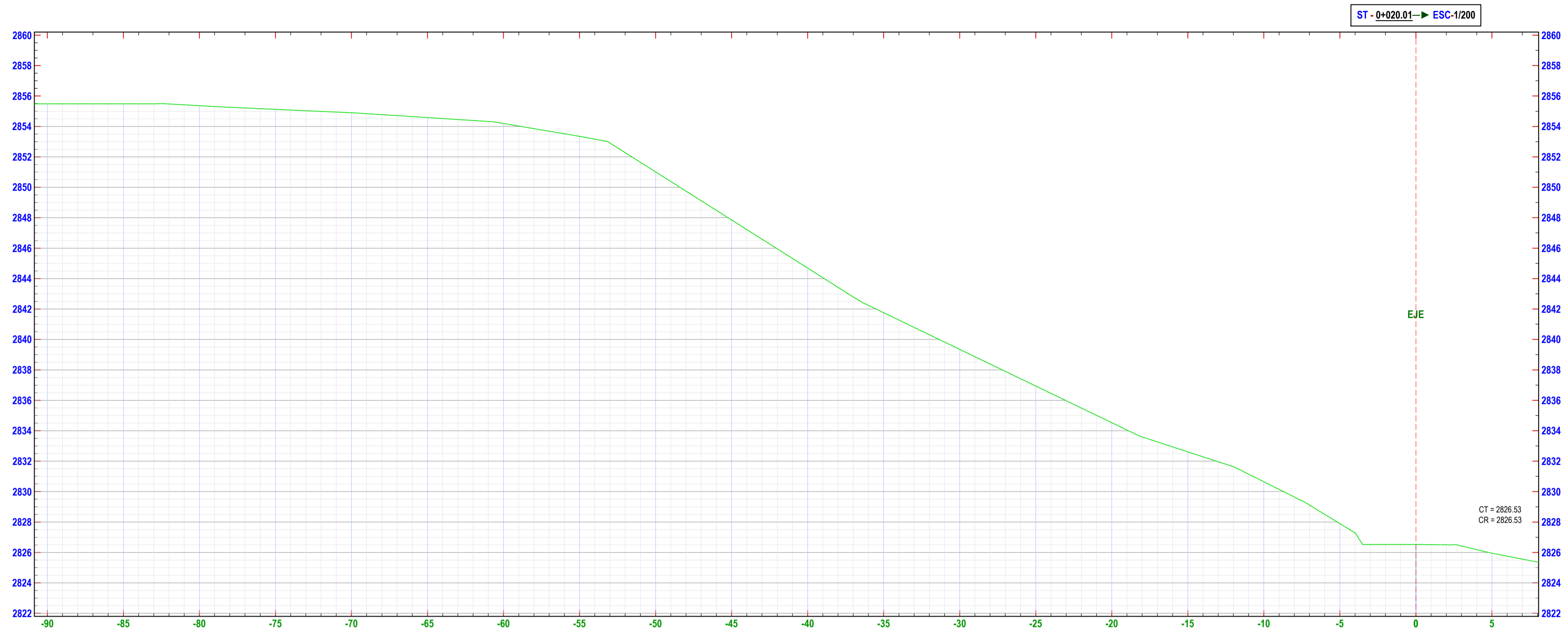
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
PP- 01

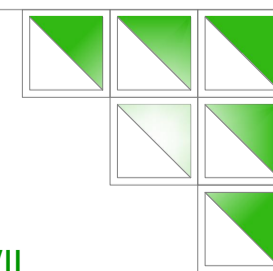
PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+000 - 0+020

ESCALA 1:200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

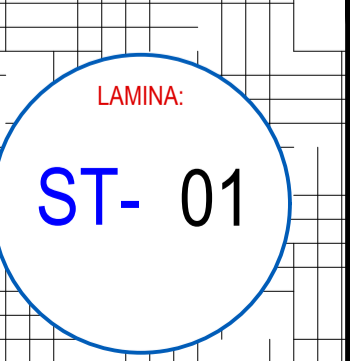
ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: SECCIONES
TRANSVERSALES 0+000-0+020

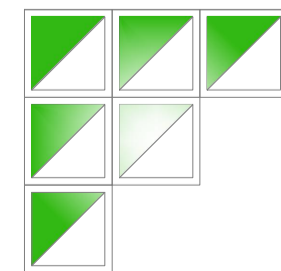
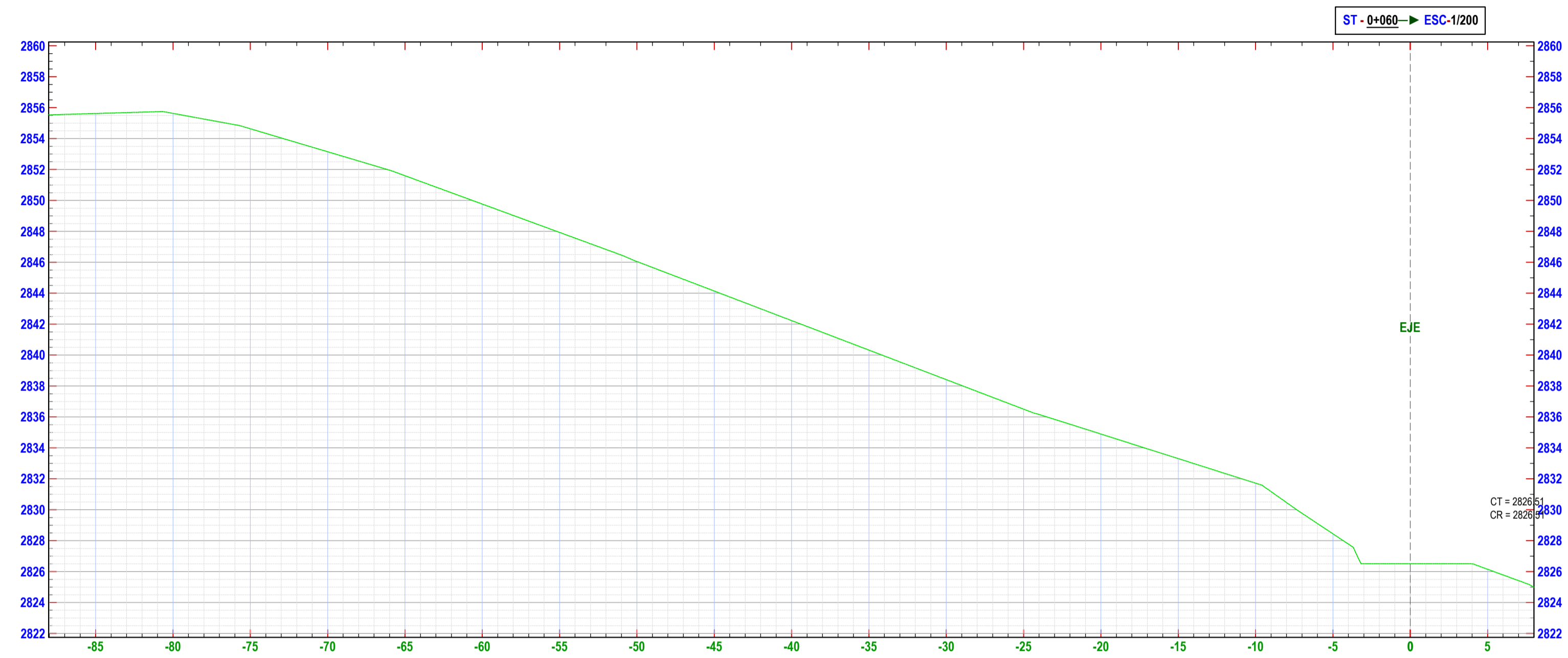
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023



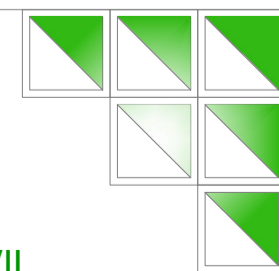
PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+040 - 0+060

ESCALA 1:200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

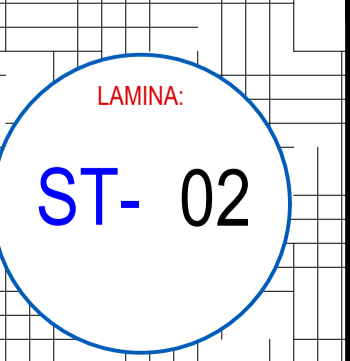
ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: SECCIONES
TRANSVERSALES 0+040-0+060

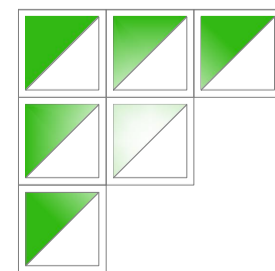
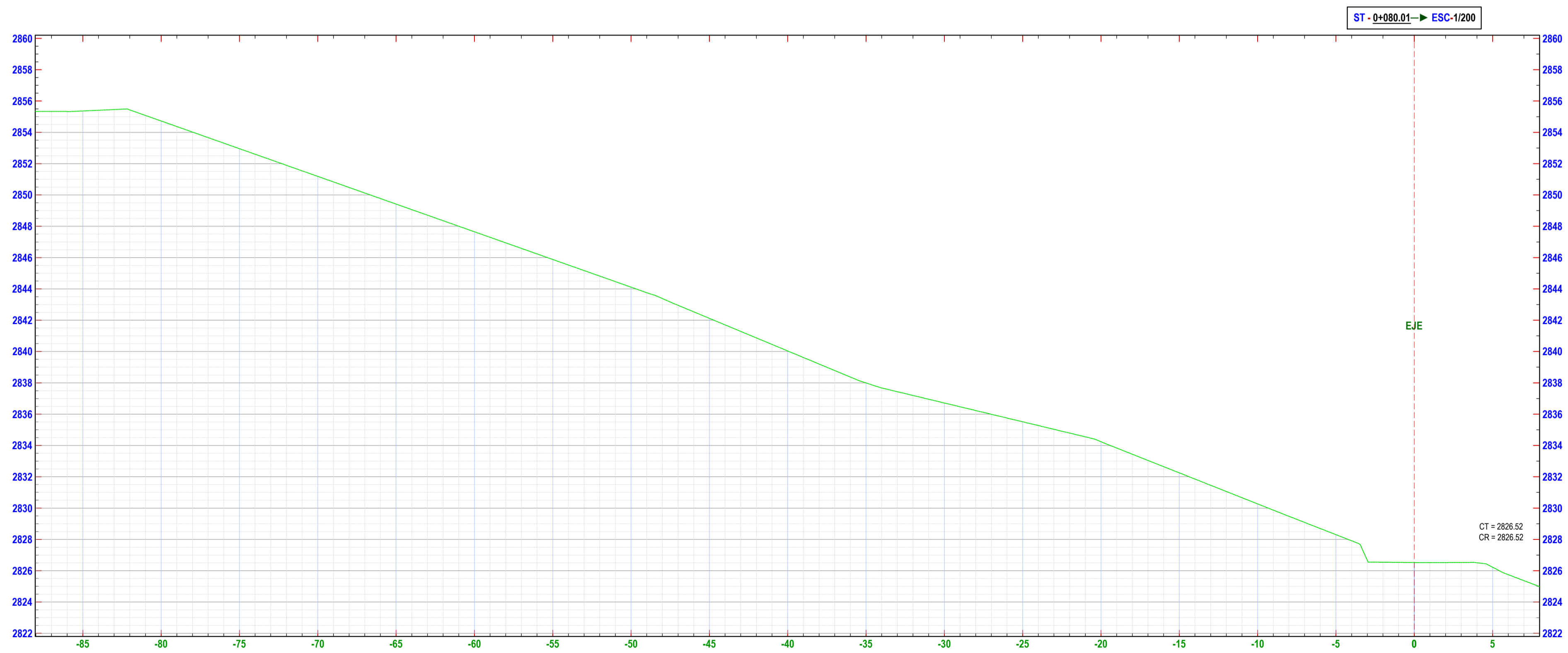
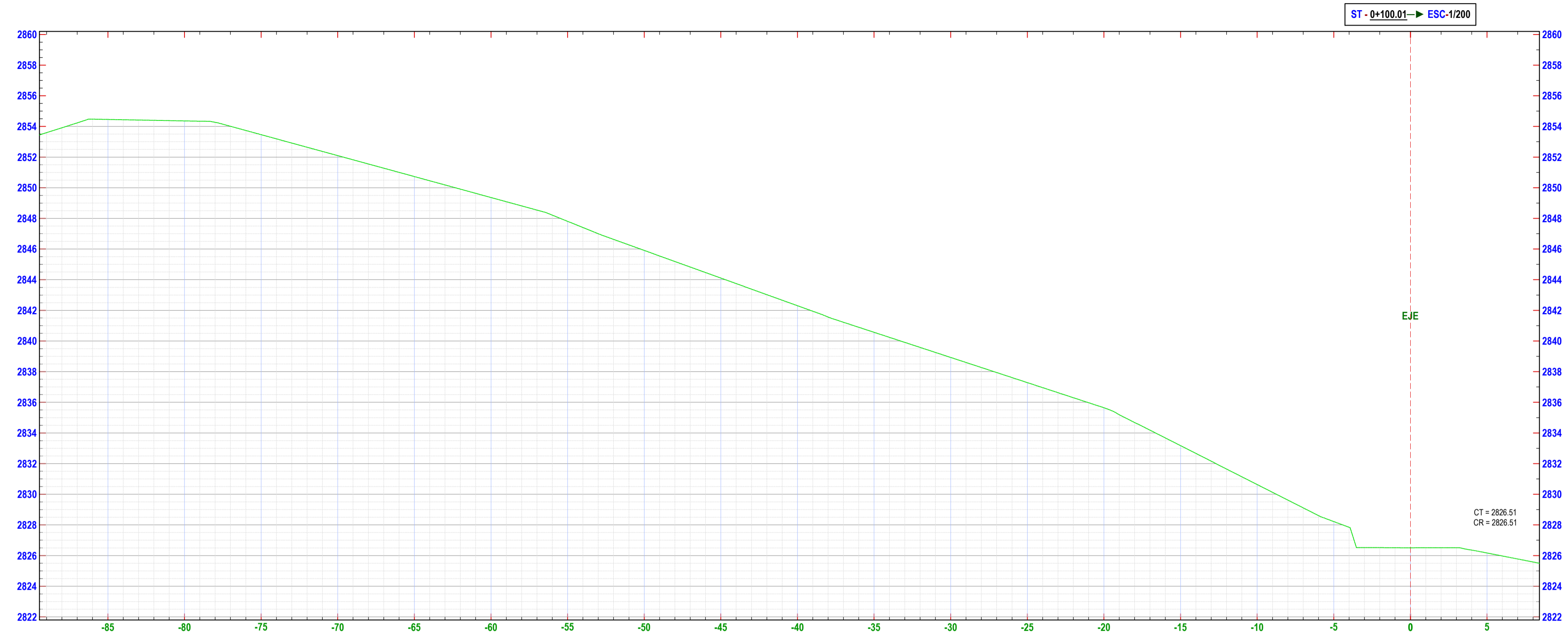
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023



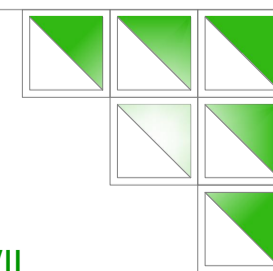
PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+080 - 0+100

ESCALA 1:200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR:

Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO:

CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:

PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+080-0+100

REGION: CAJAMARCA

PROVINCIA: CHOTA

DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200

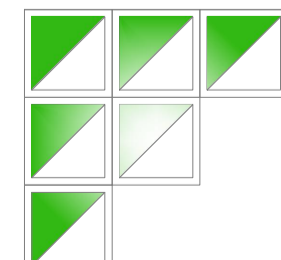
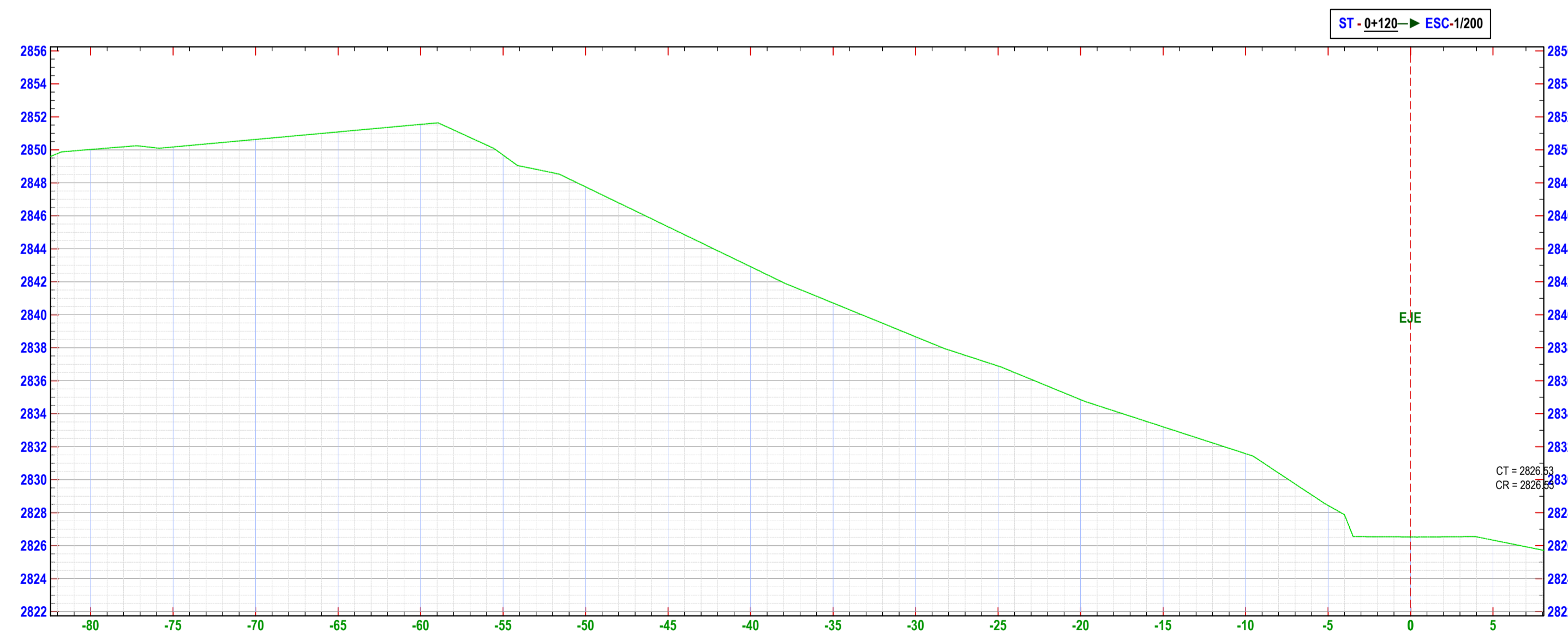
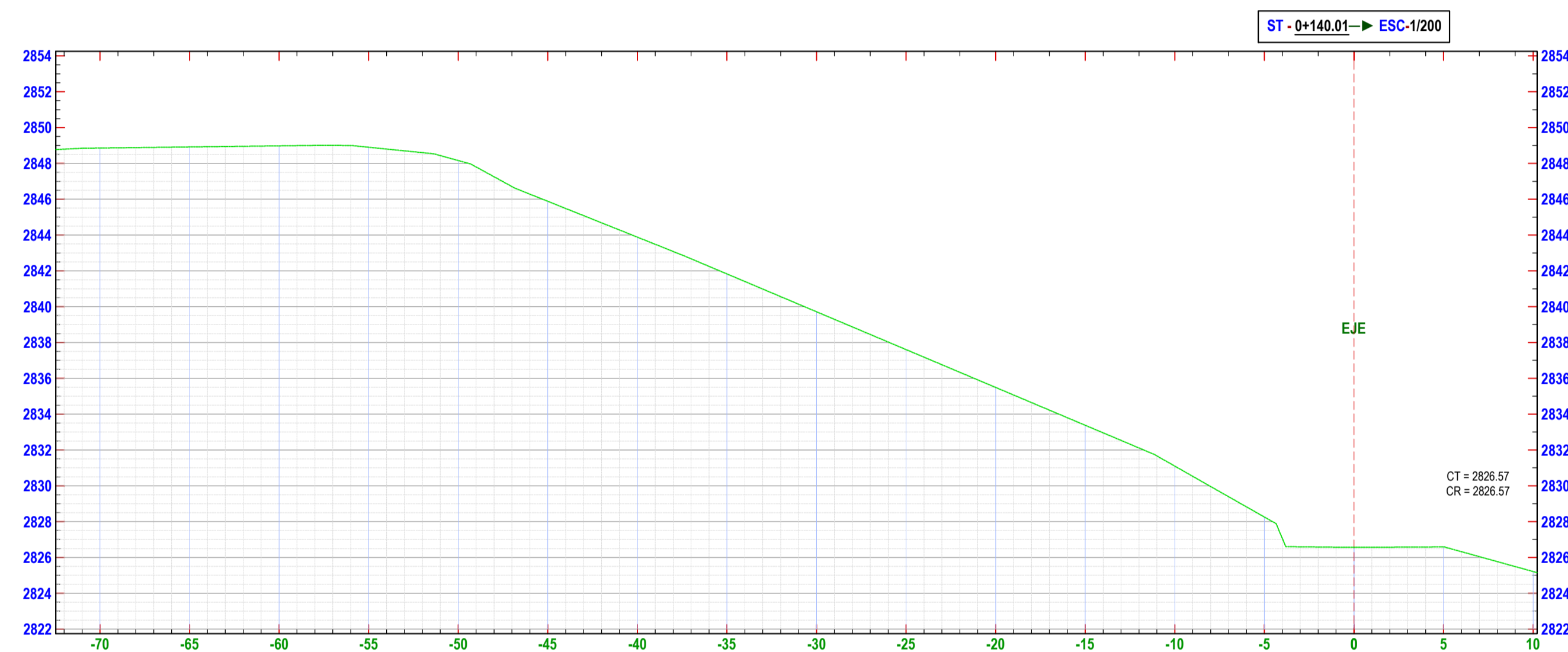
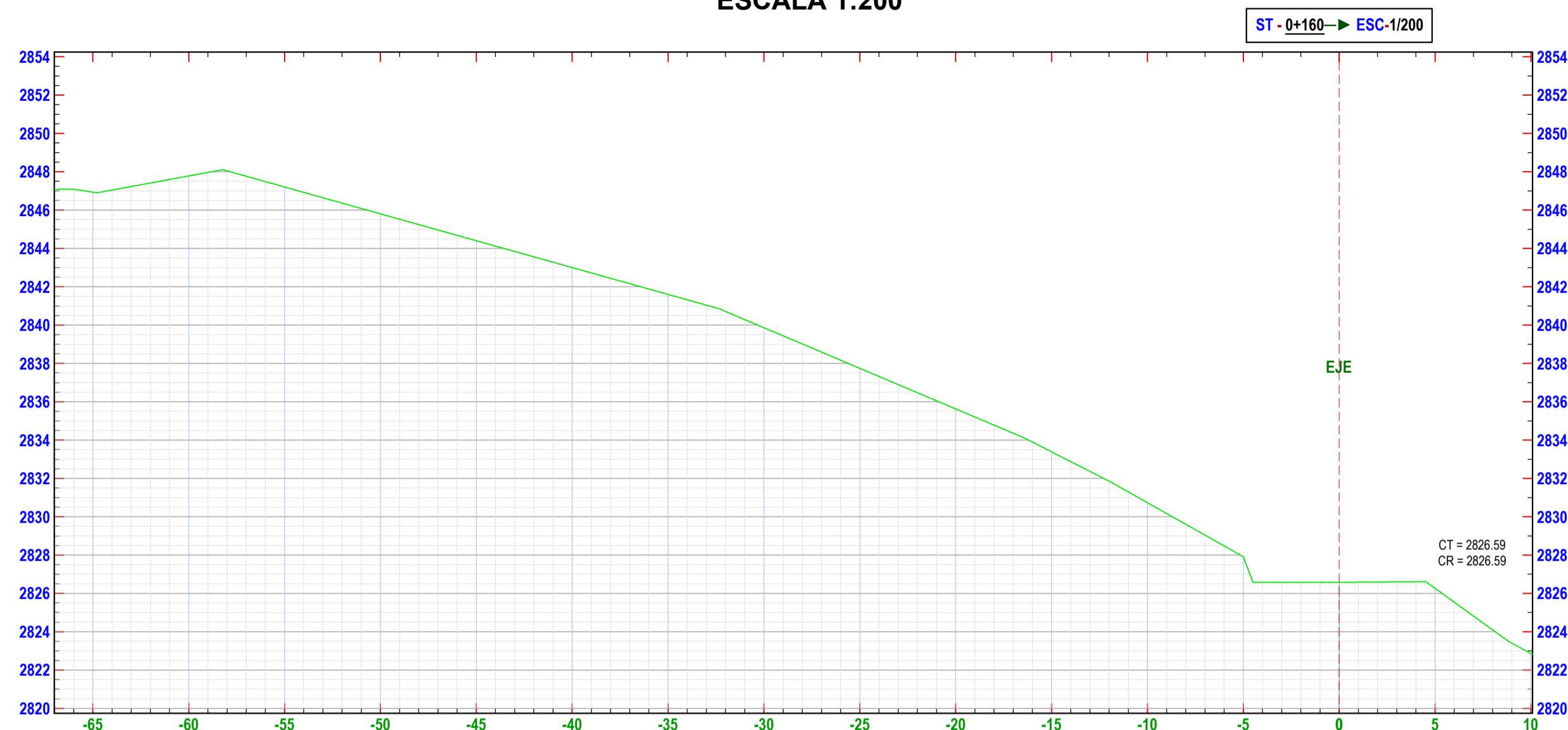
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:

ST- 03

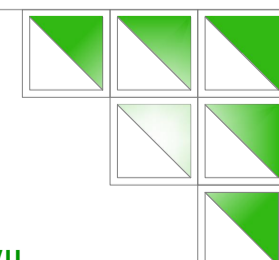
PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+120 - 0+160

ESCALA 1:200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR:

Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO:

CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:

PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+240-0+300

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

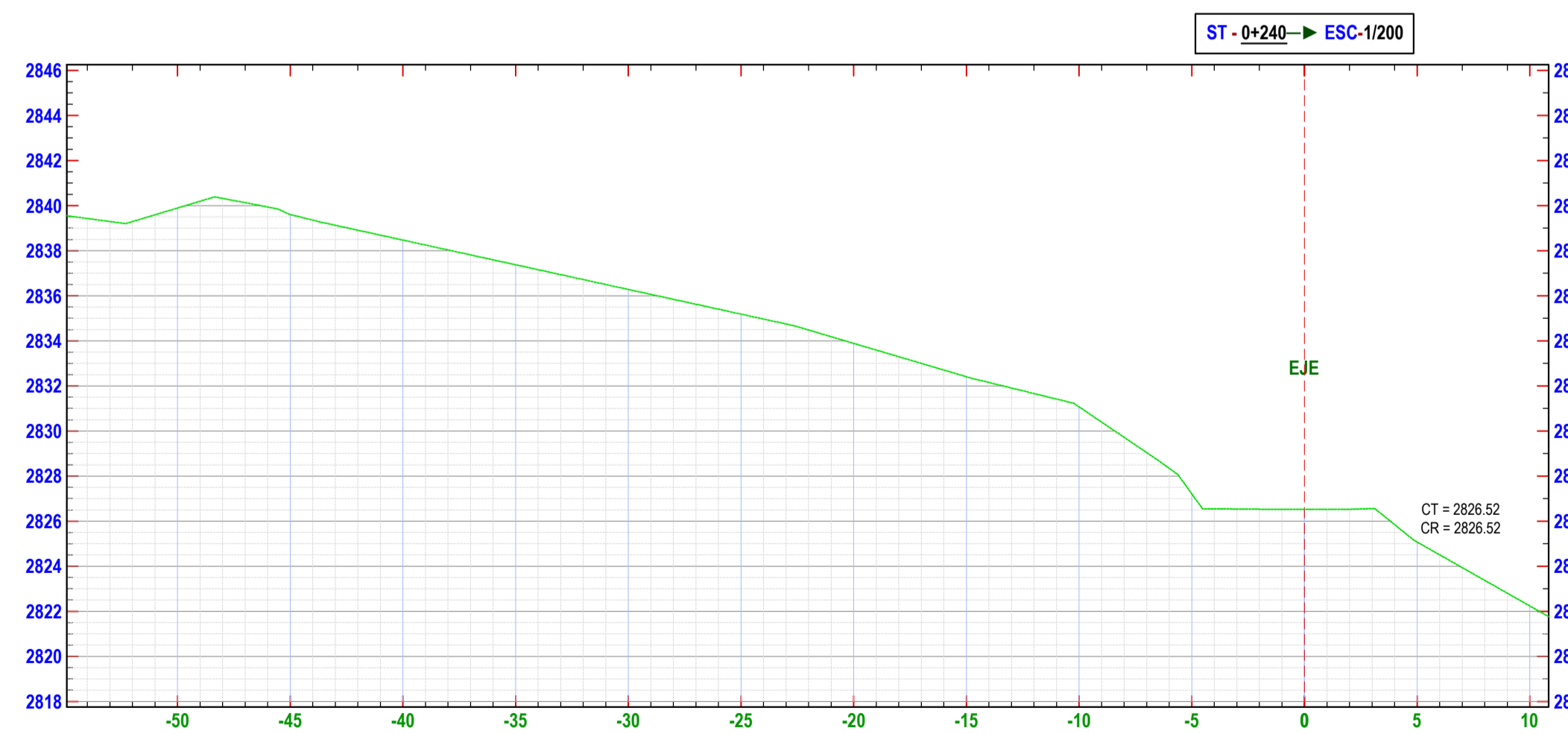
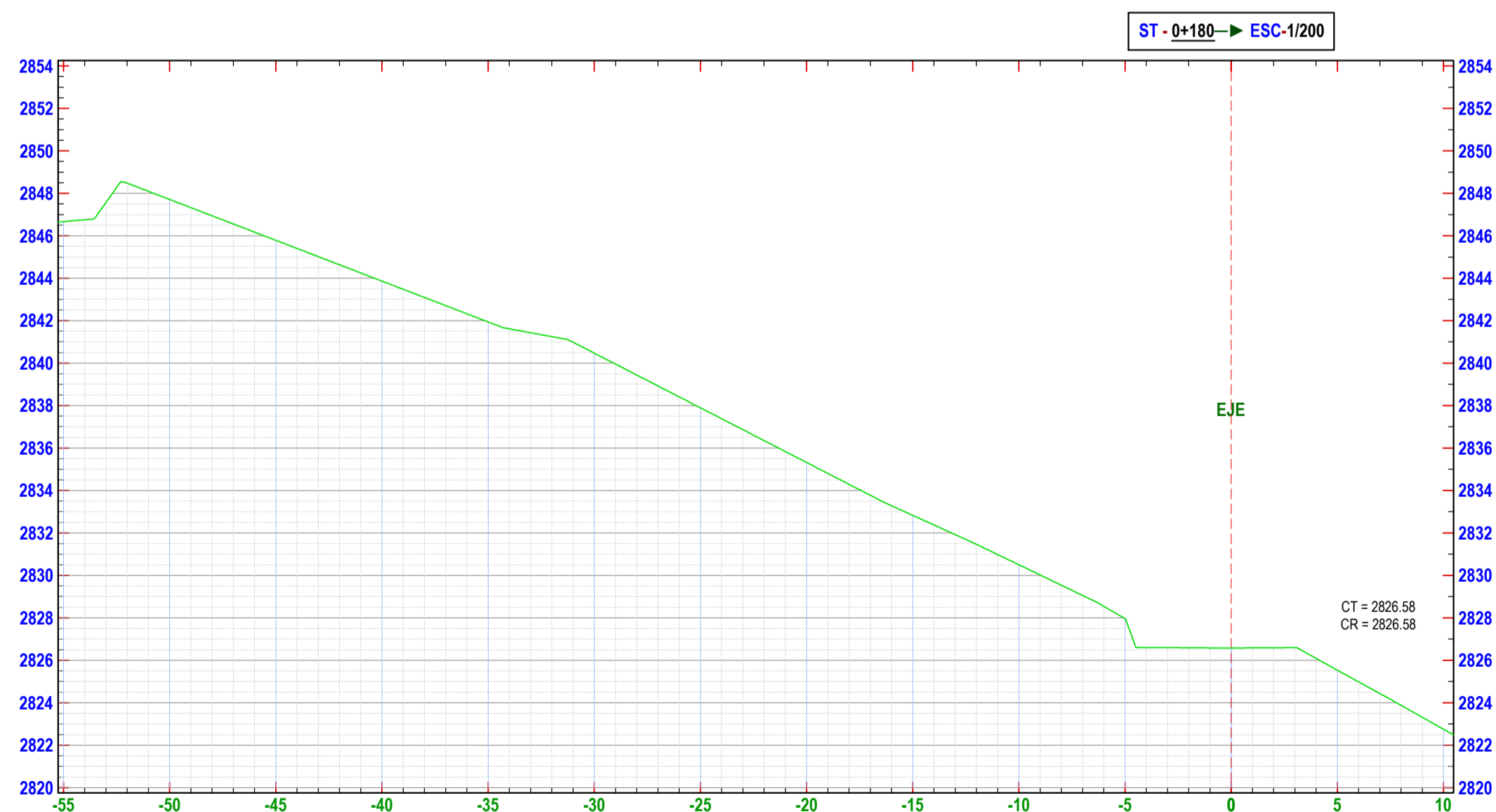
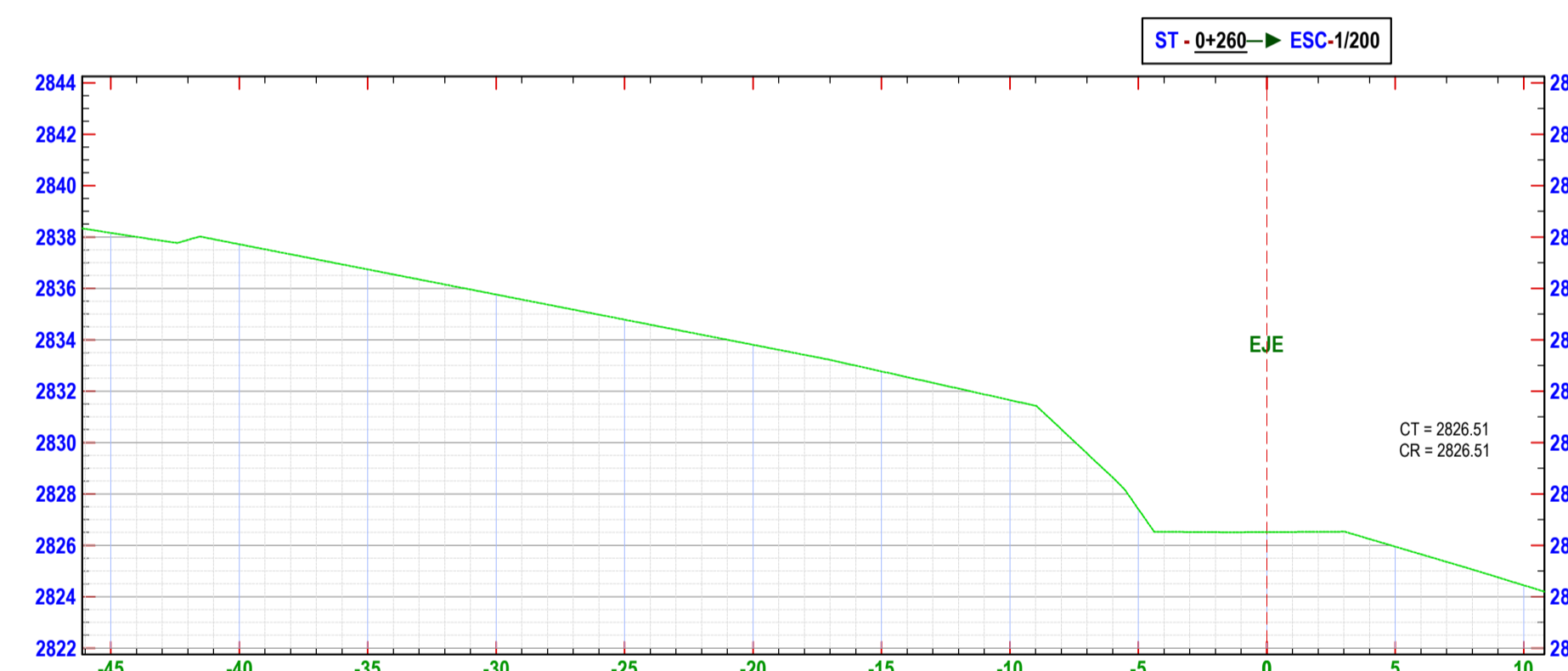
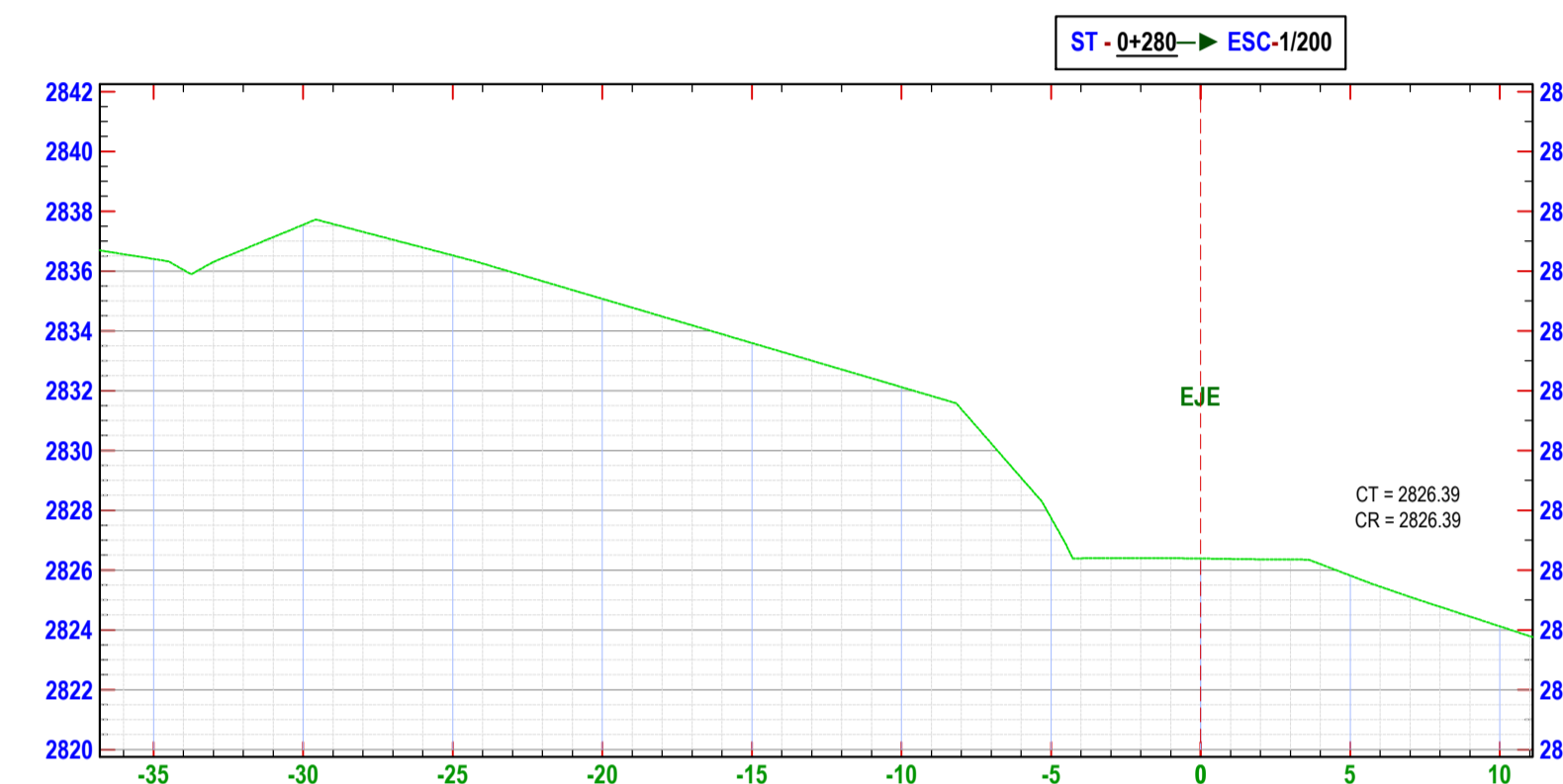
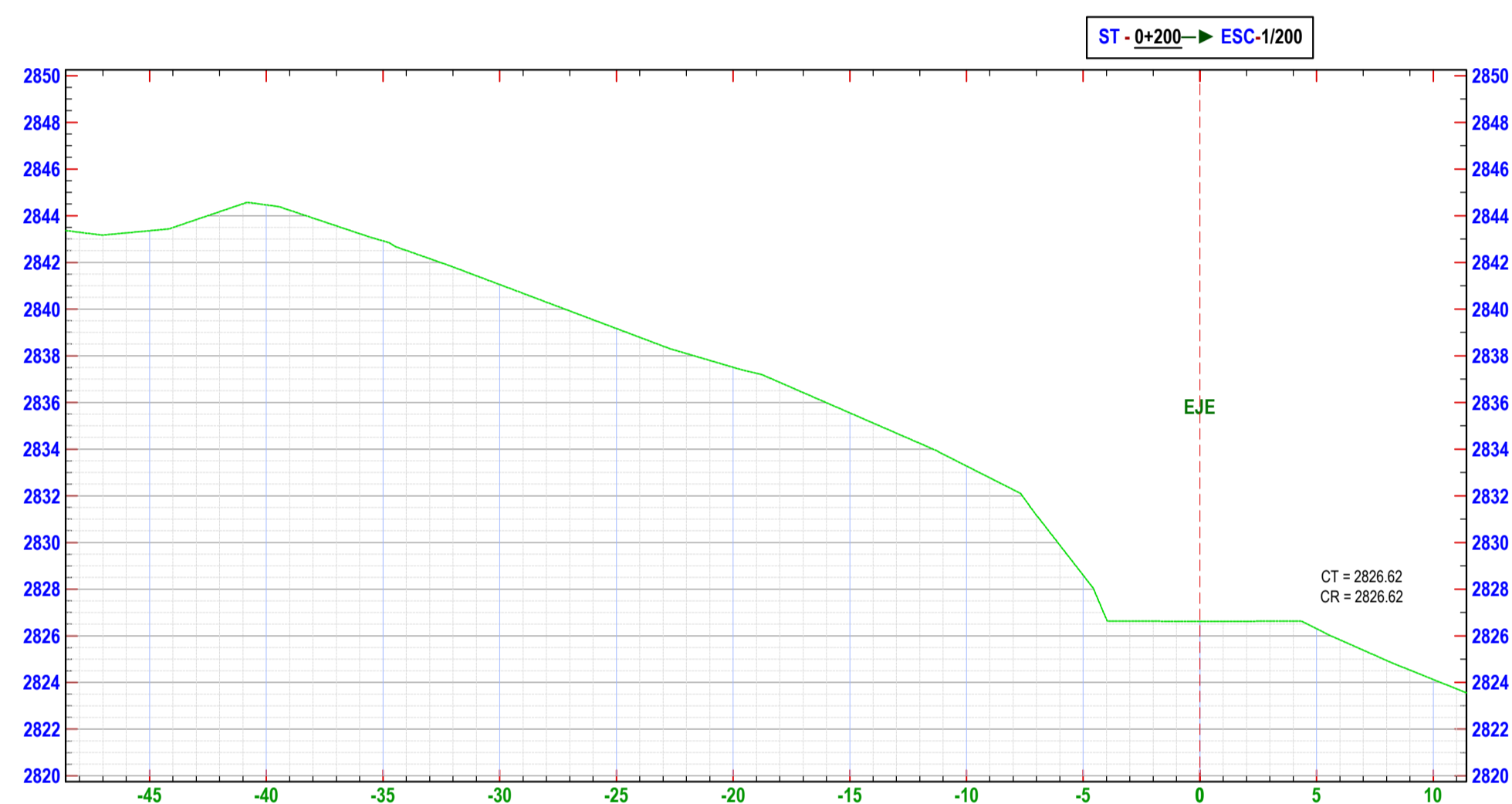
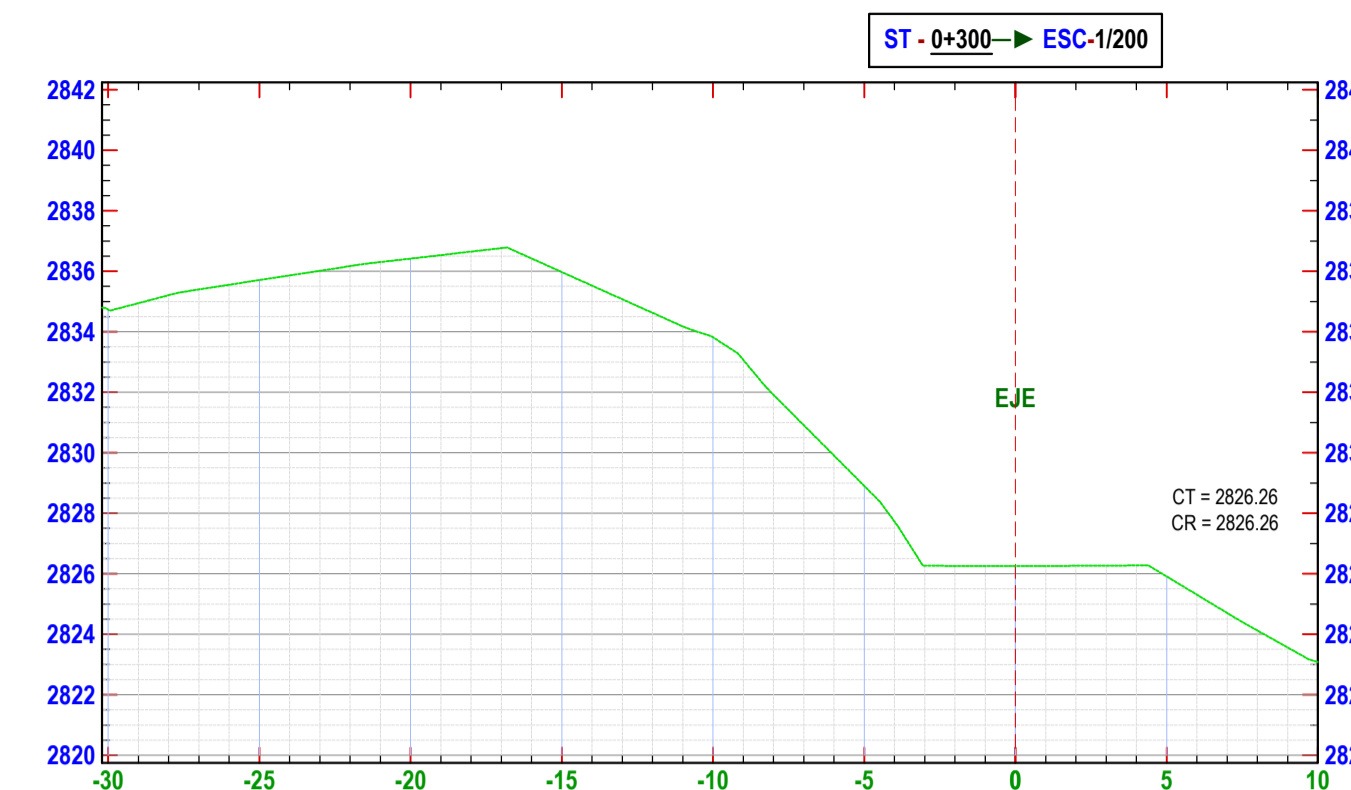
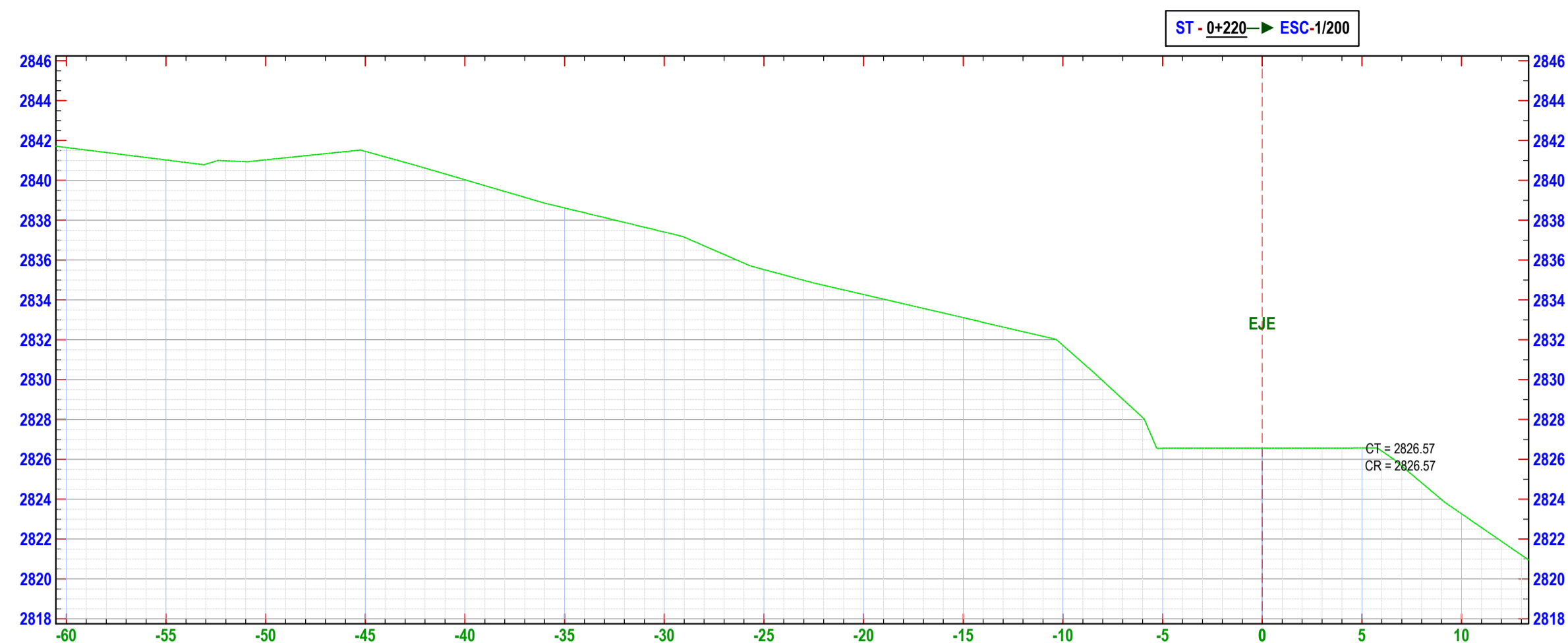
ESCALA: 1/250
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:

ST- 04

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+180 - 0+300

ESCALA 1:200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

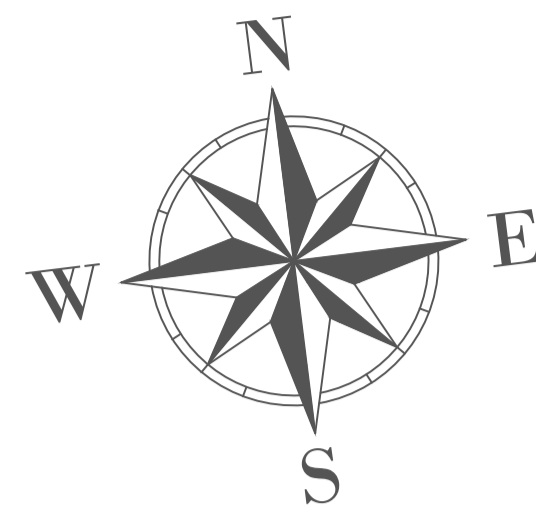
PLANO:
PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+180-0+300

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

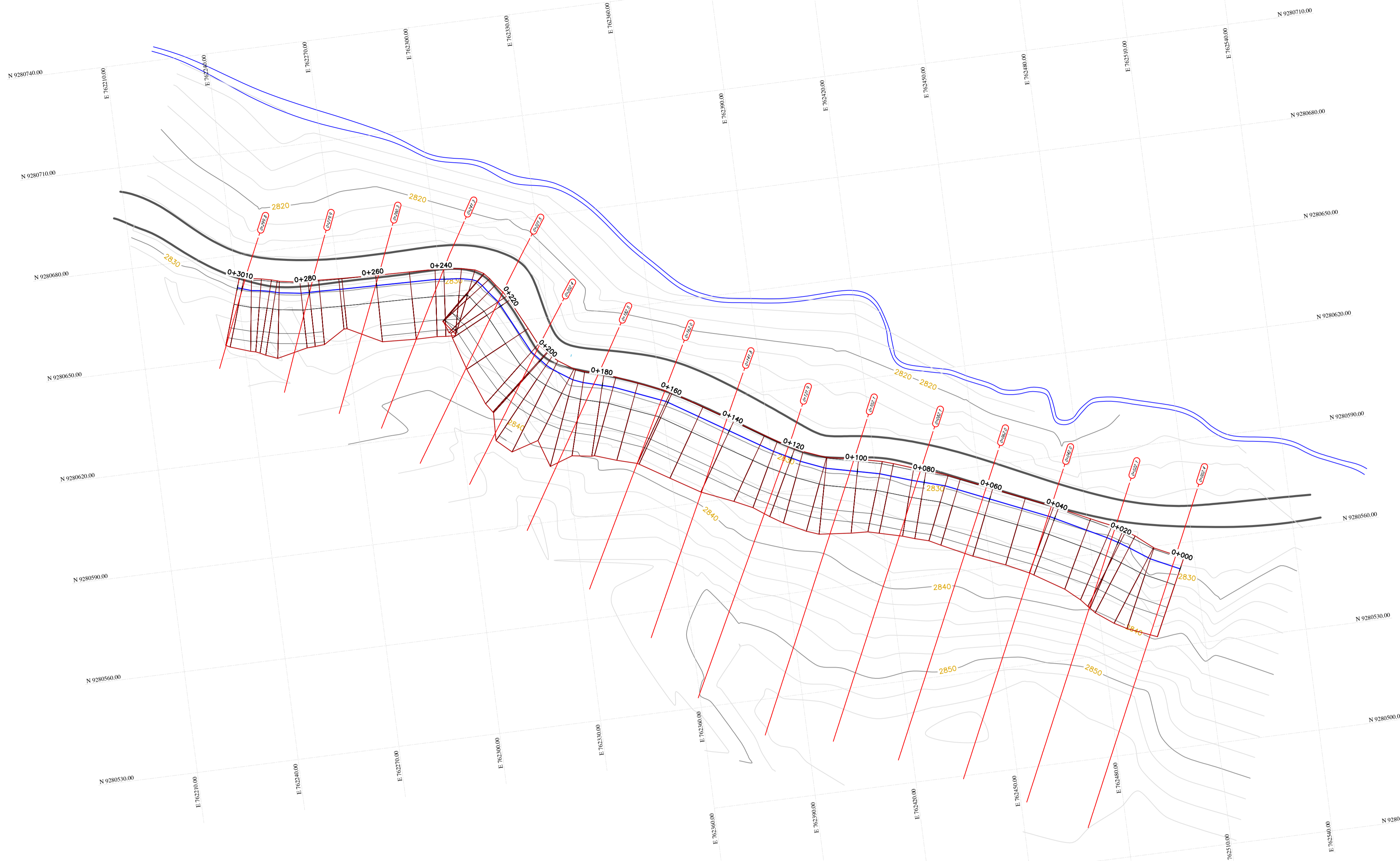
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 05

PLANOS SECCIONES CON BANQUETAS

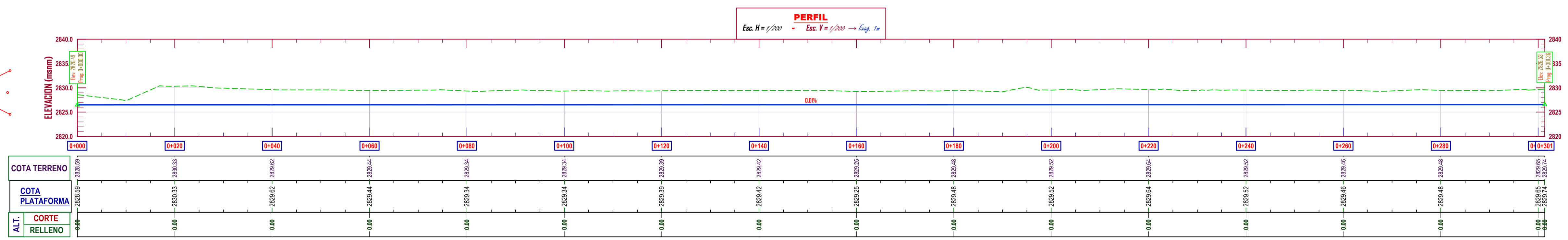


PLANO EN PLANTA
ESCALA 1:500



LEYENDA

- Curva Mayor C/5.00m
- Curva Menor C/1.00cm
- Bordes de río
- Bode de Carretera



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:500

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"**

ASESOR: **Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN**

DIBUJO Y DISEÑO: **CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER**

PLANO: **PLANTA Y PERFIL
BANQUETAS**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

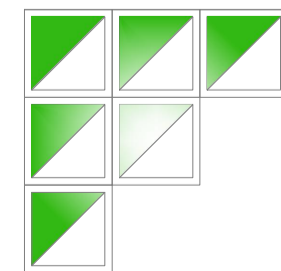
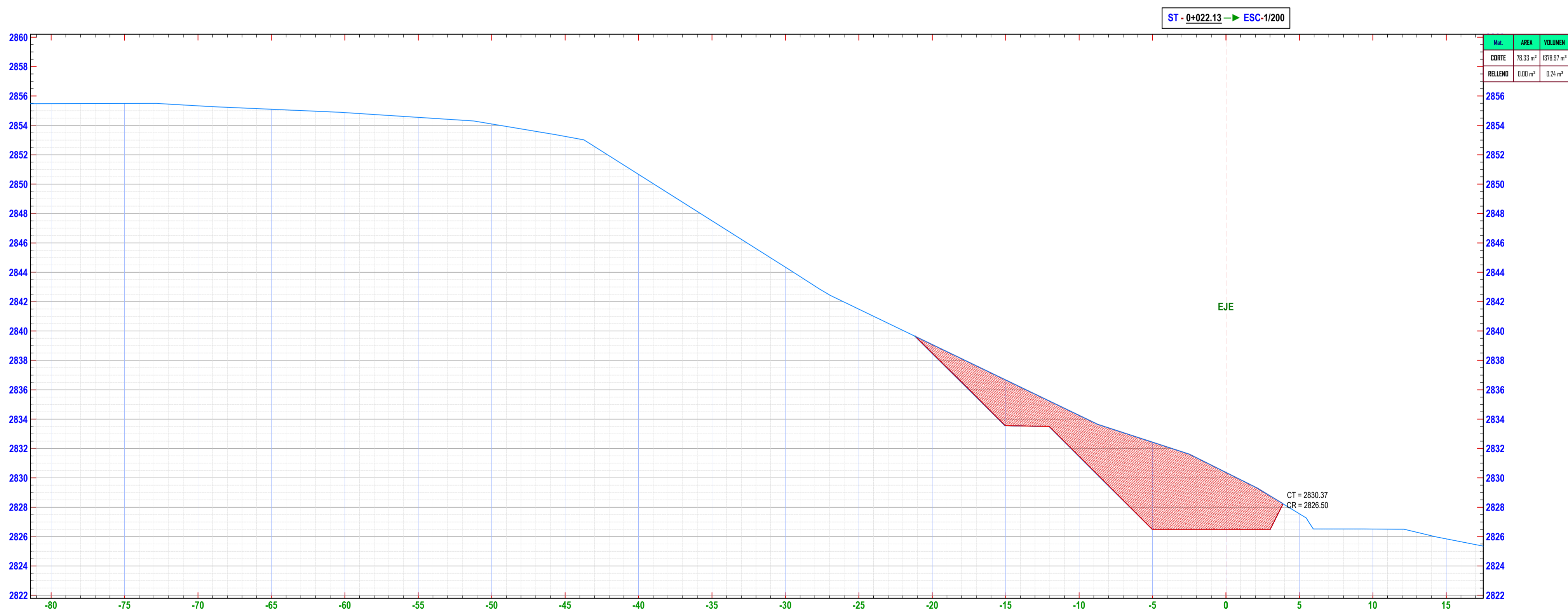
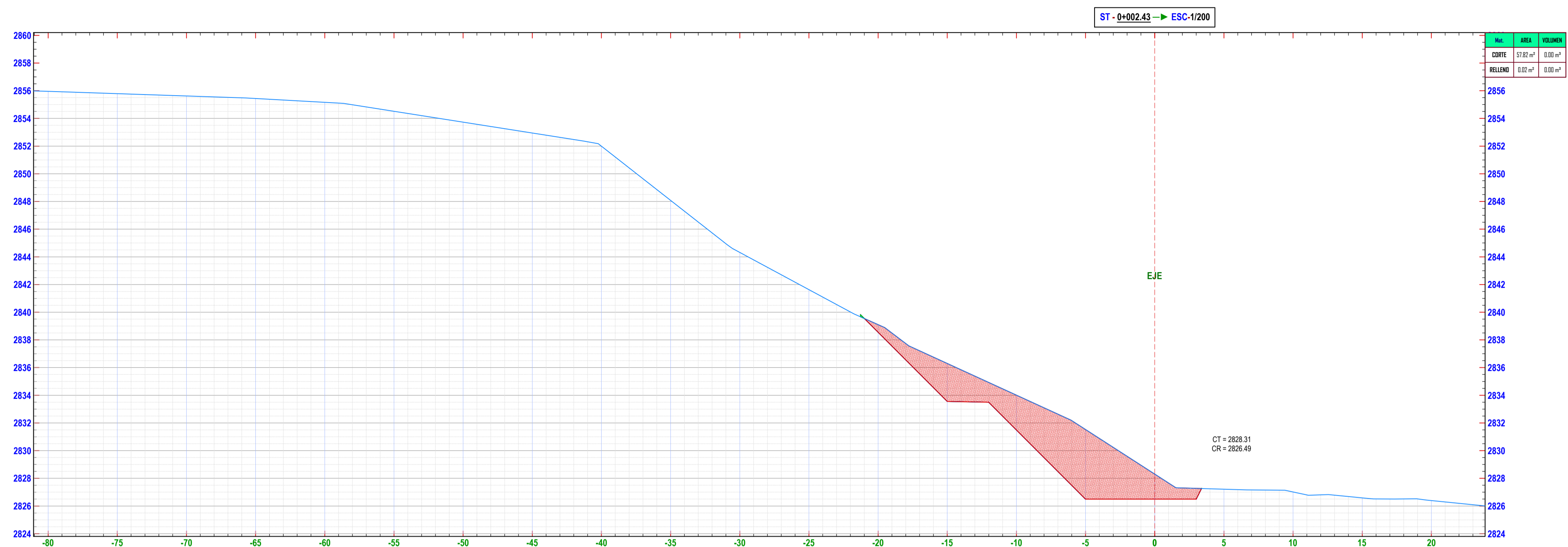
ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
PP- 01

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+000 - 0+020

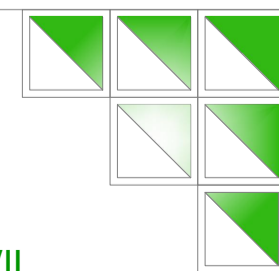
ESCALA 1:200

BANQUETAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:
PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+000-0+020

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

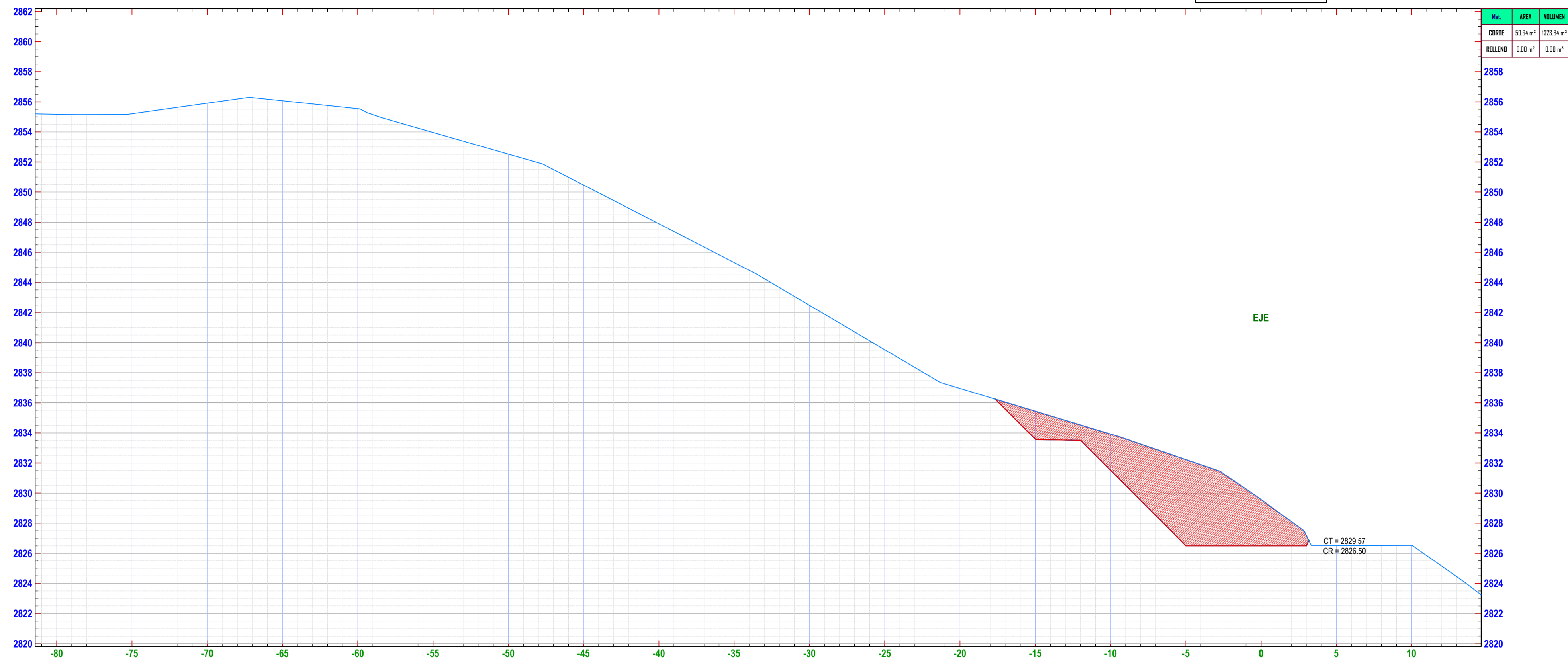
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 01

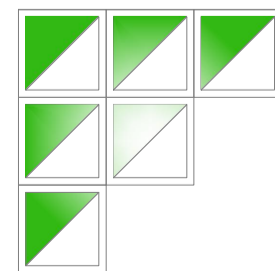
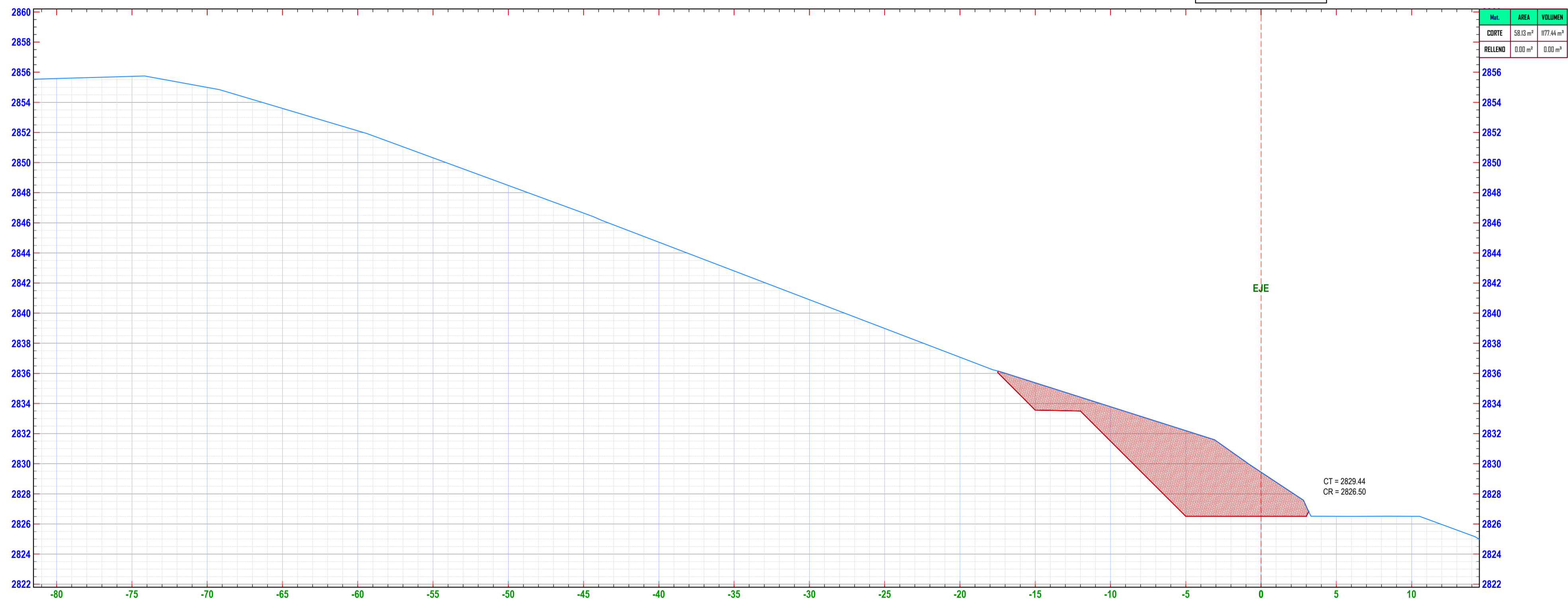
PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+040 - 0+060

ESCALA 1:200
BANQUETAS

ST - 0+042.04 → ESC-1/200

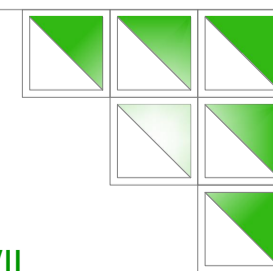


ST - 0+062.04 → ESC-1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+040-0+060

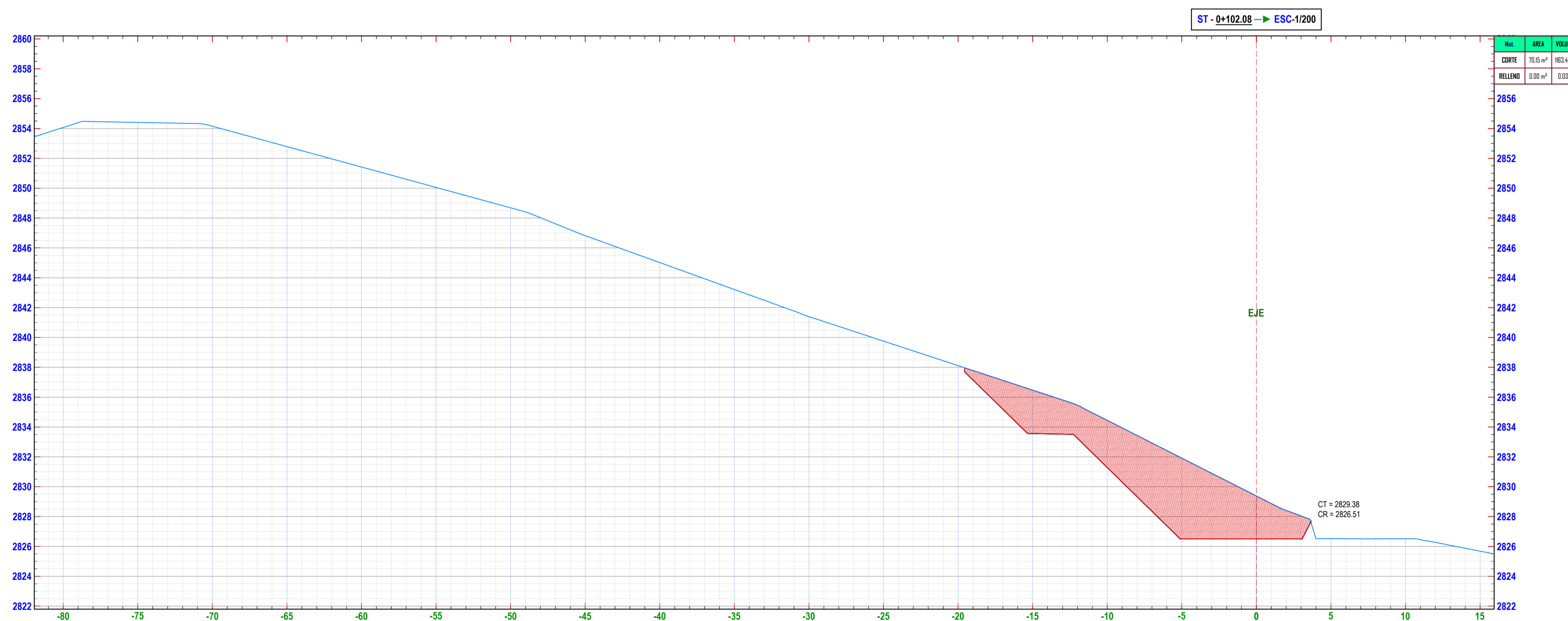
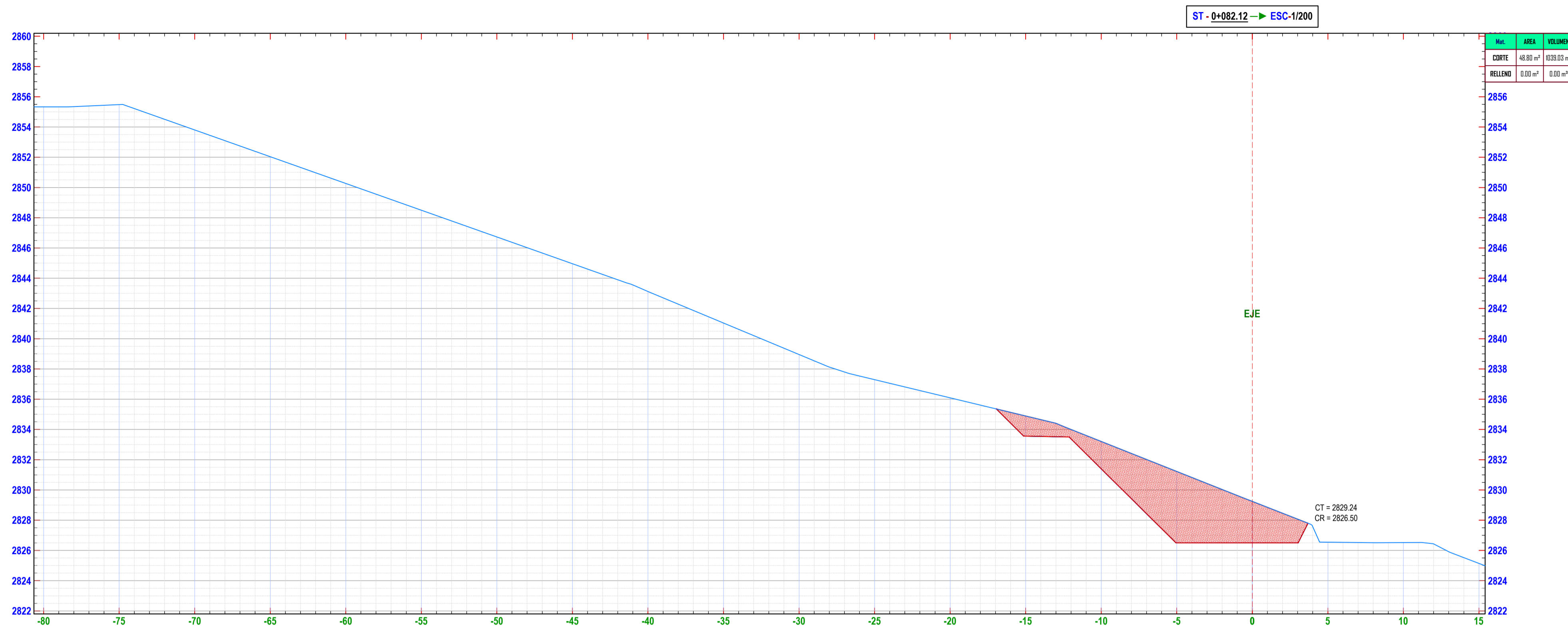
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 02

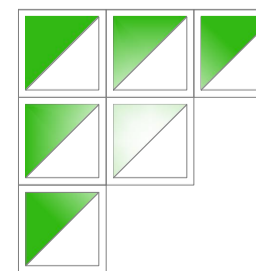
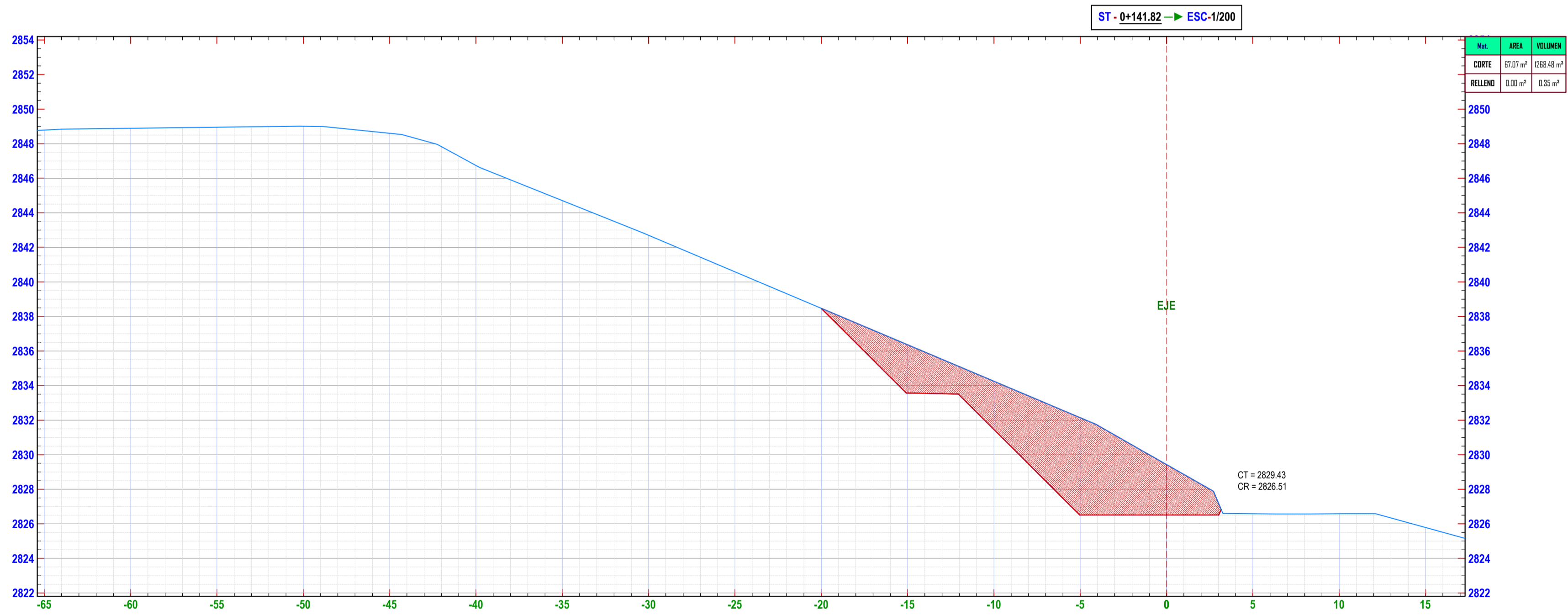
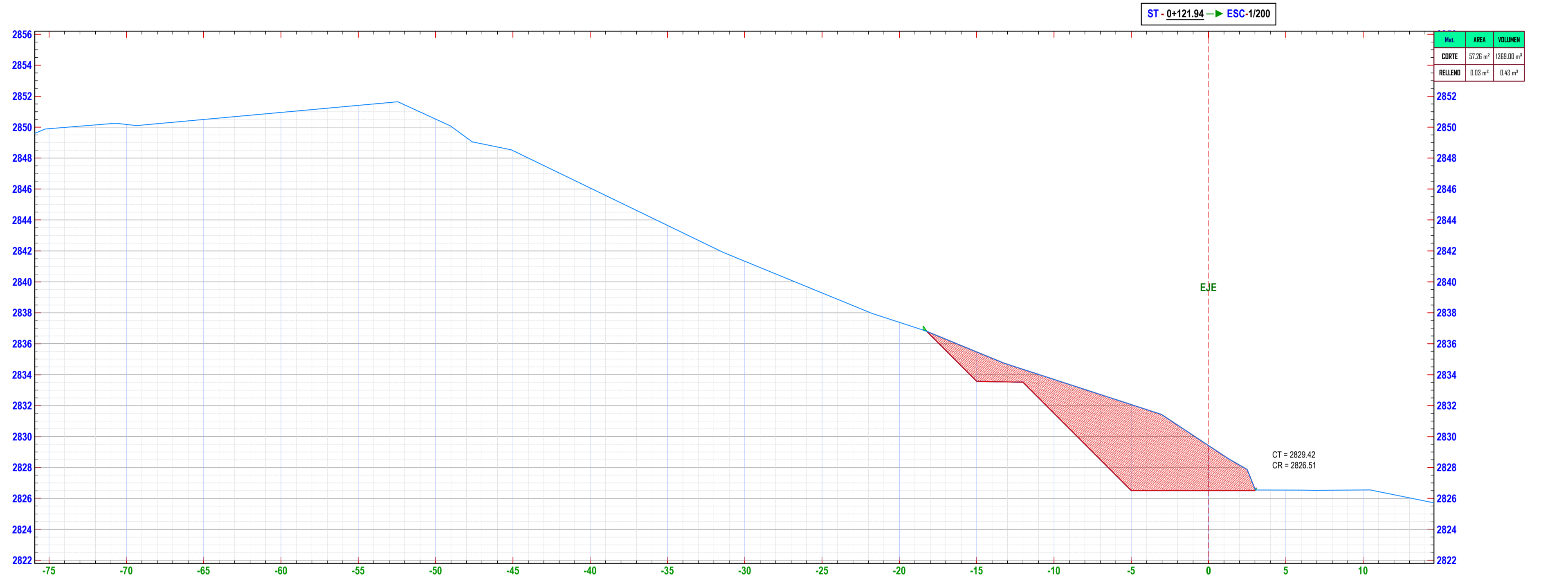
PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+080 - 0+100

ESCALA 1:200
BANQUETAS



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+120 - 0+140

ESCALA 1:200
BANQUETAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

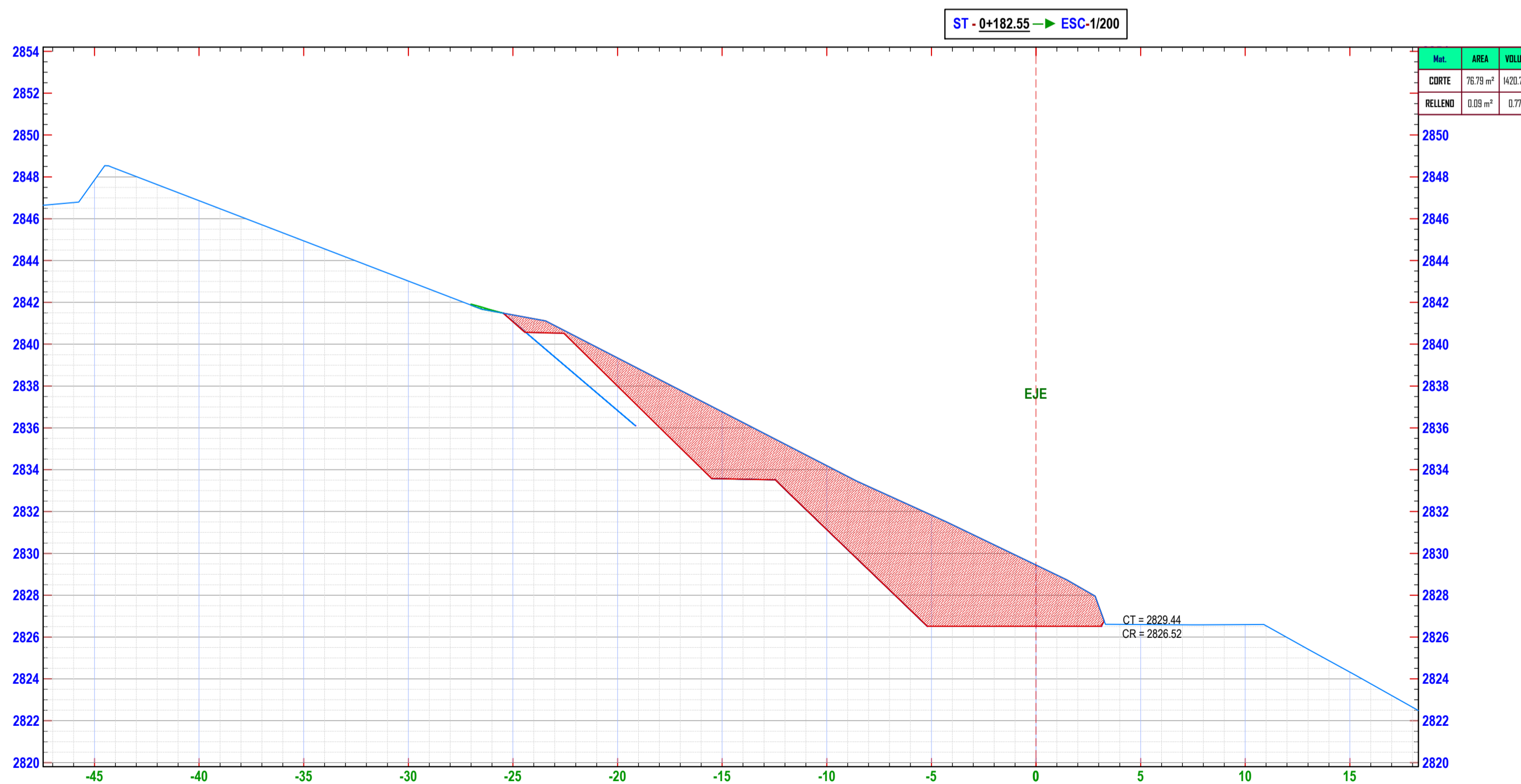
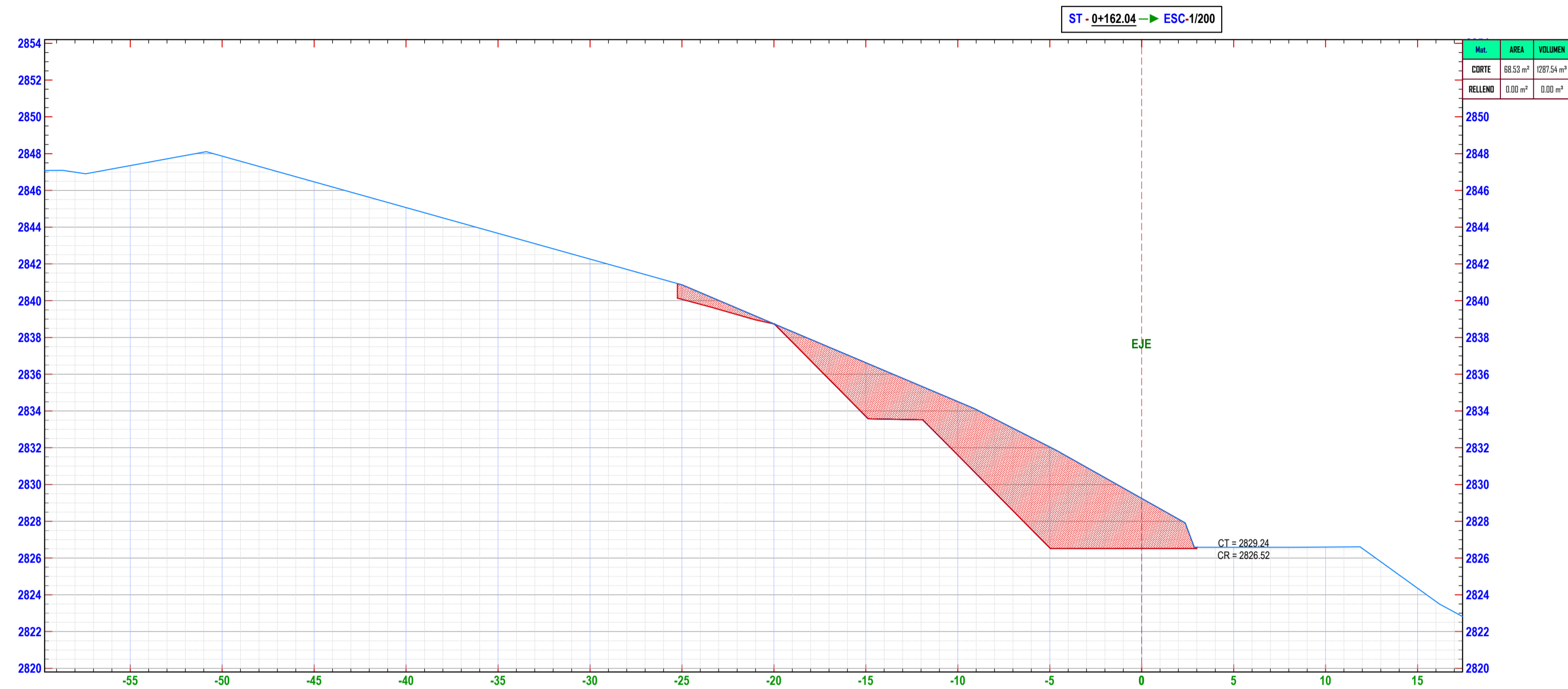
PLANO: **PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+120-0+140**
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 04

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+160 - 0+180

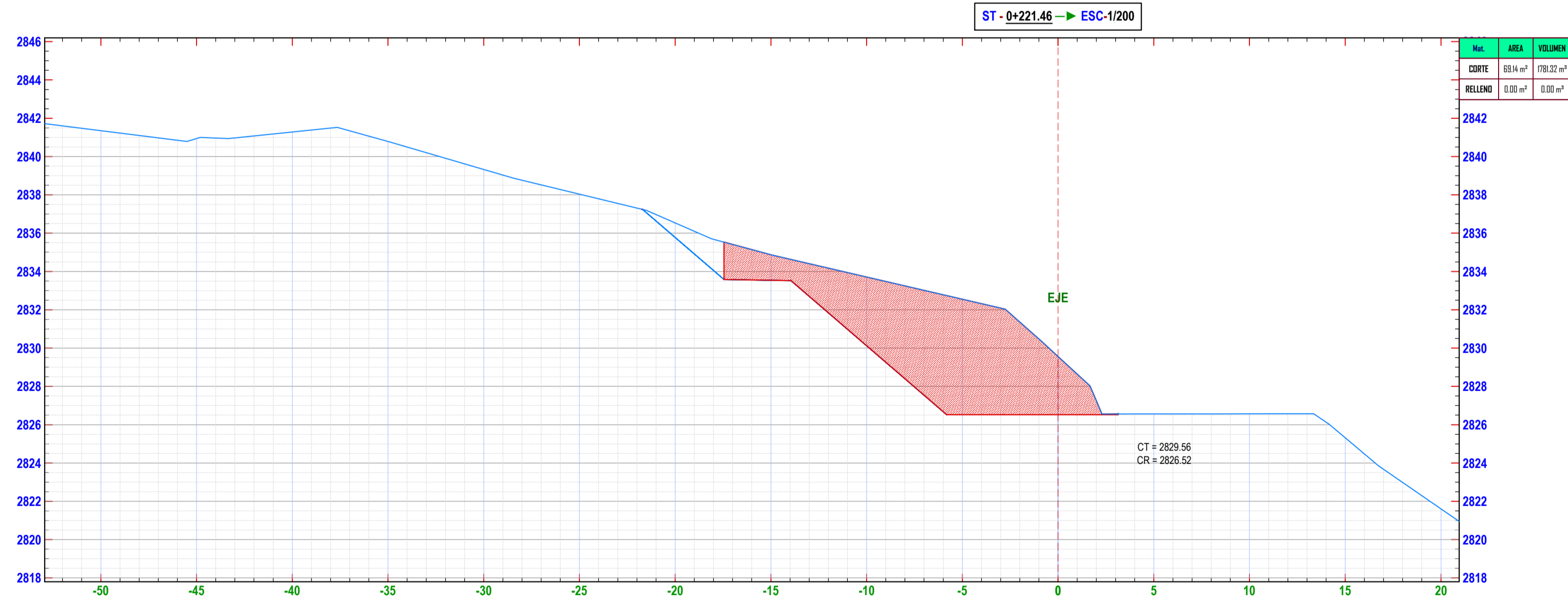
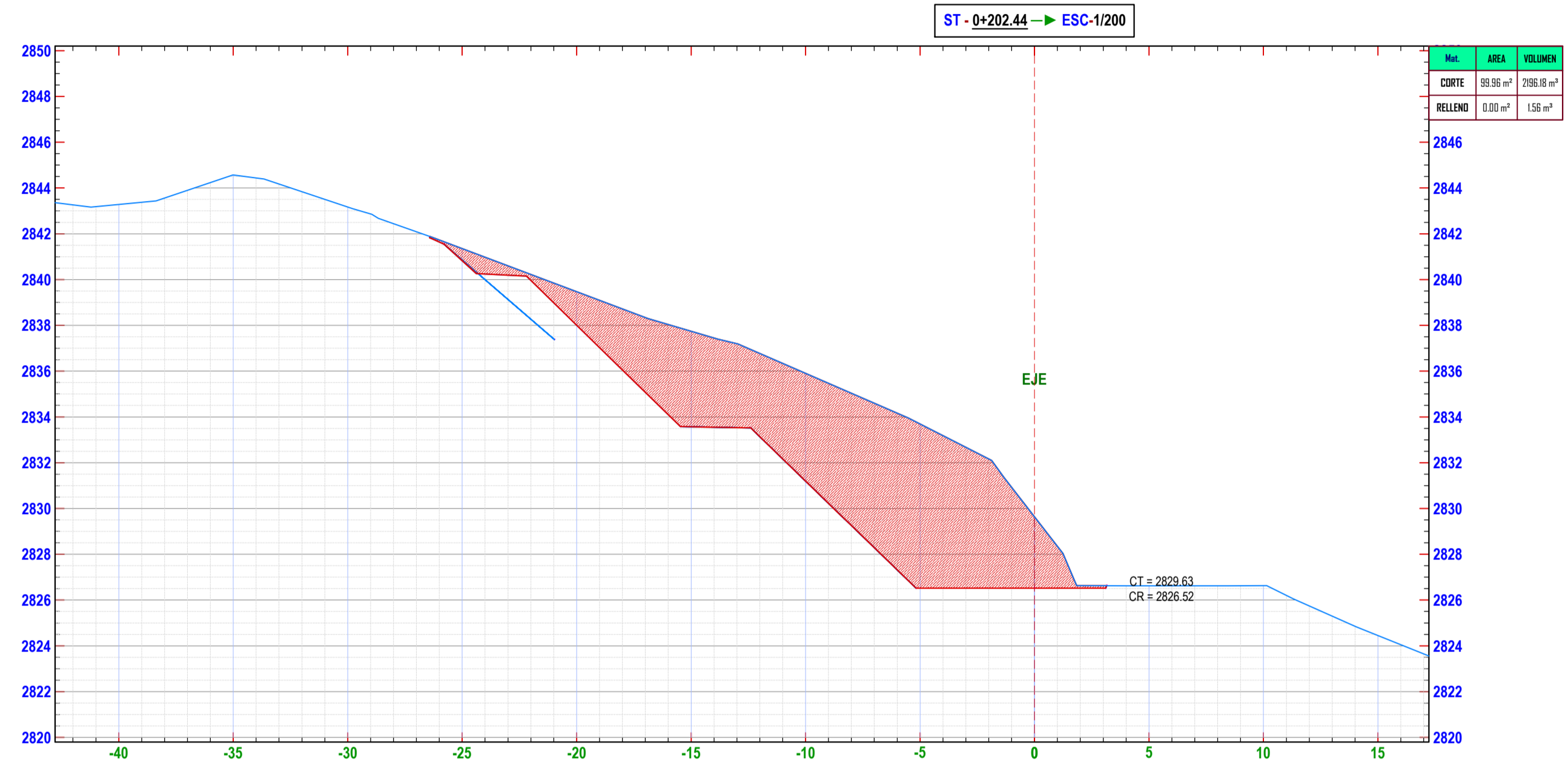
ESCALA 1:200

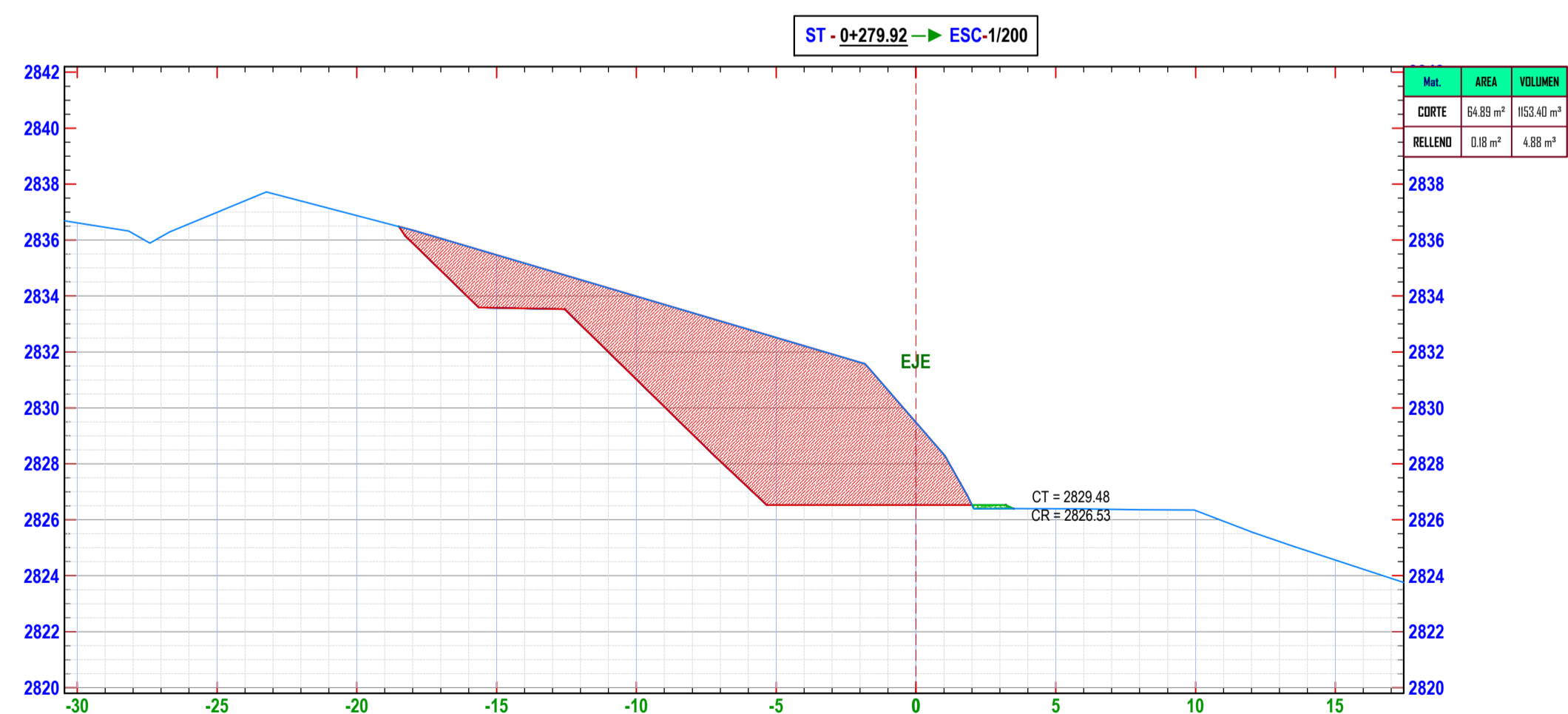
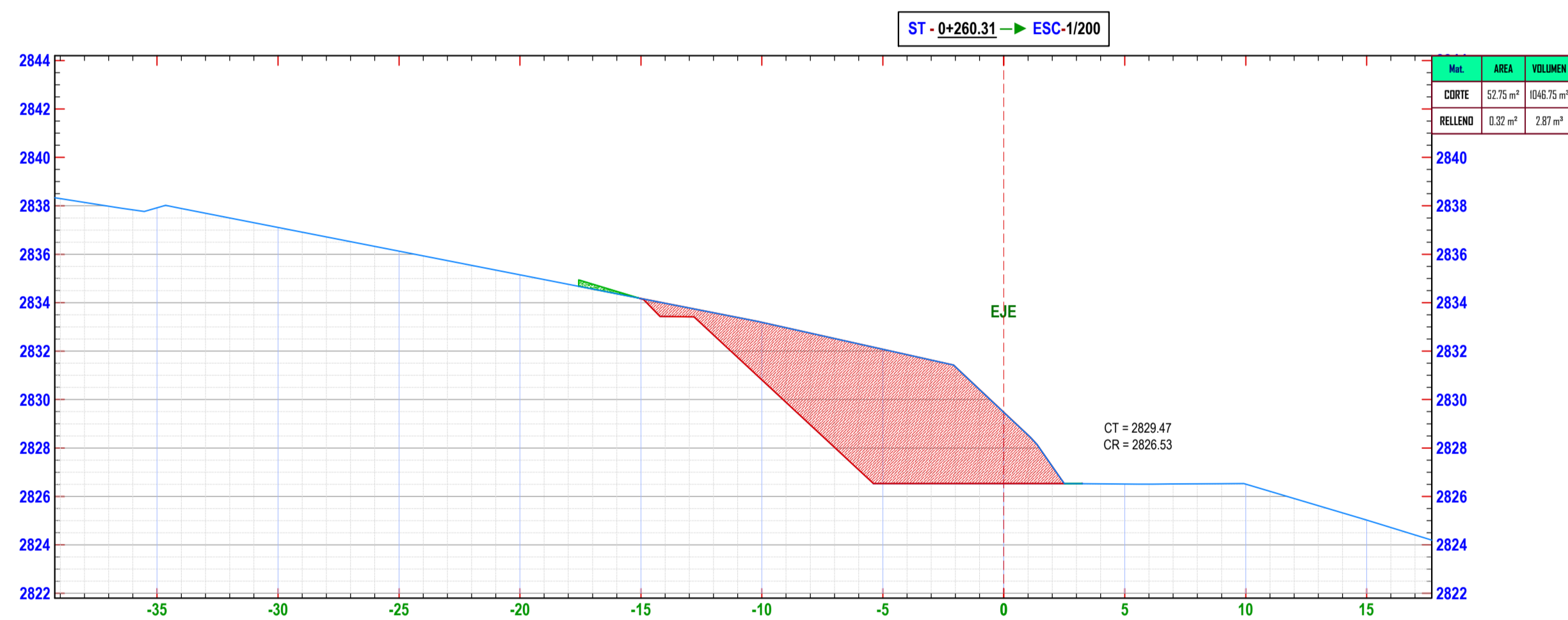
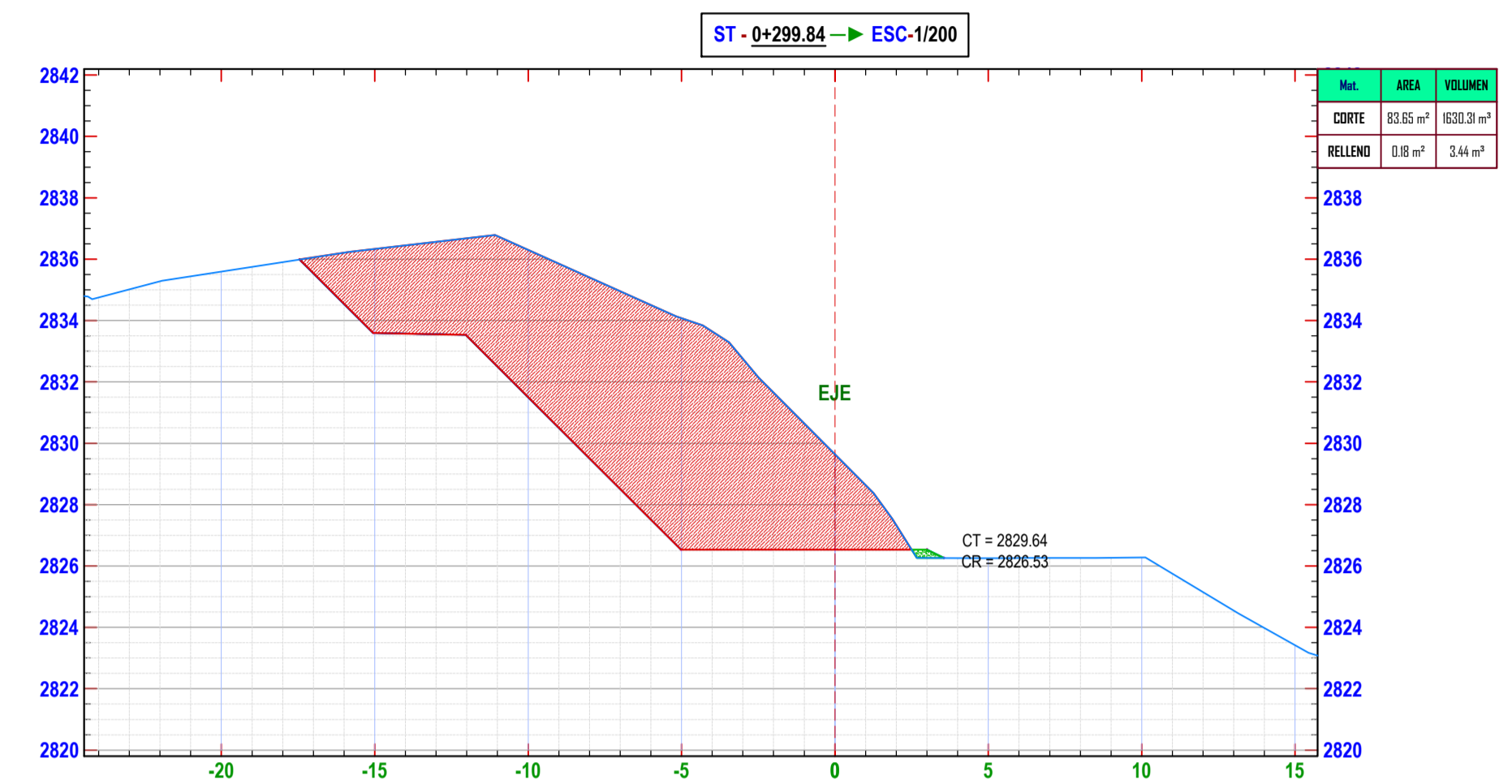
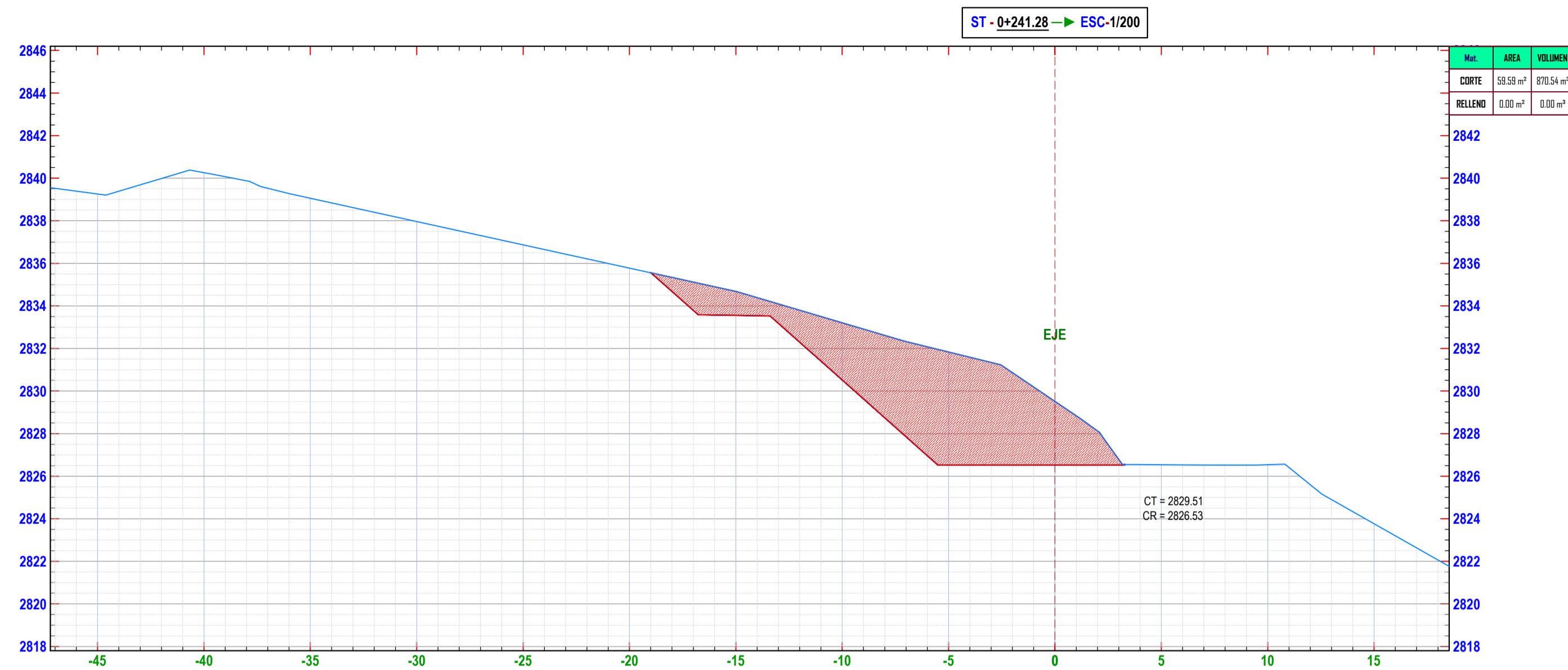
BANQUETAS



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+200 - 0+220

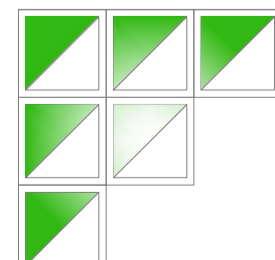
ESCALA 1:200
BANQUETAS





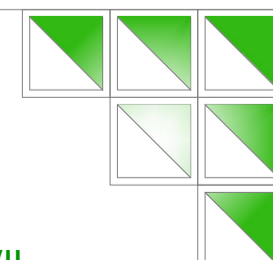
PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+240 - 0+300

ESCALA 1:200
BANQUETAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

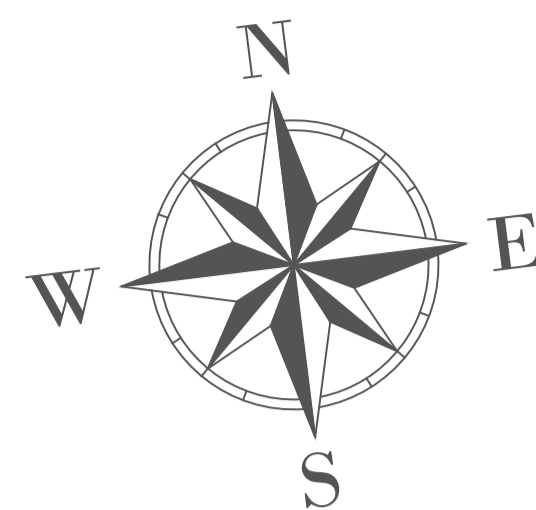
PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+240-0+300

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

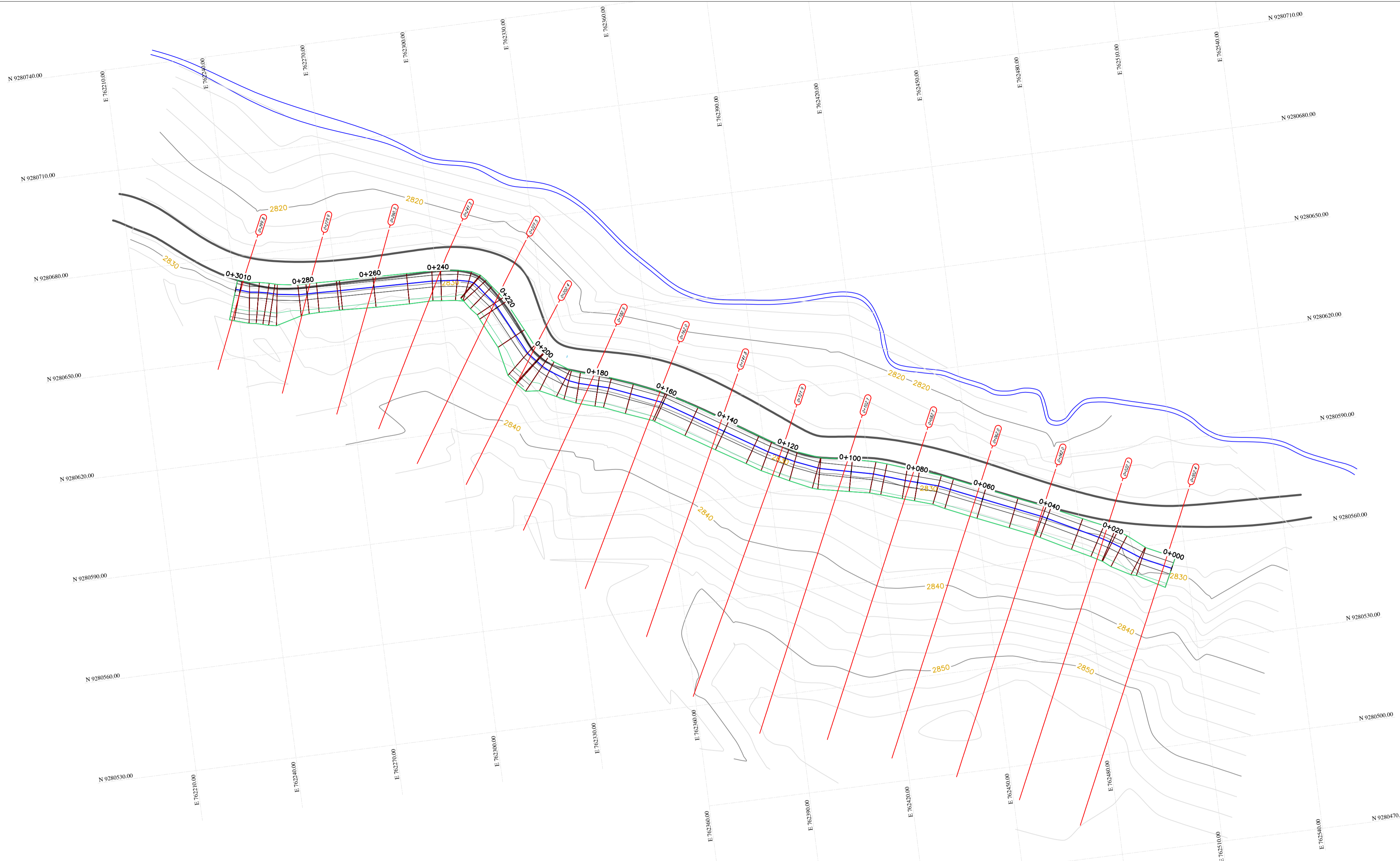
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 07

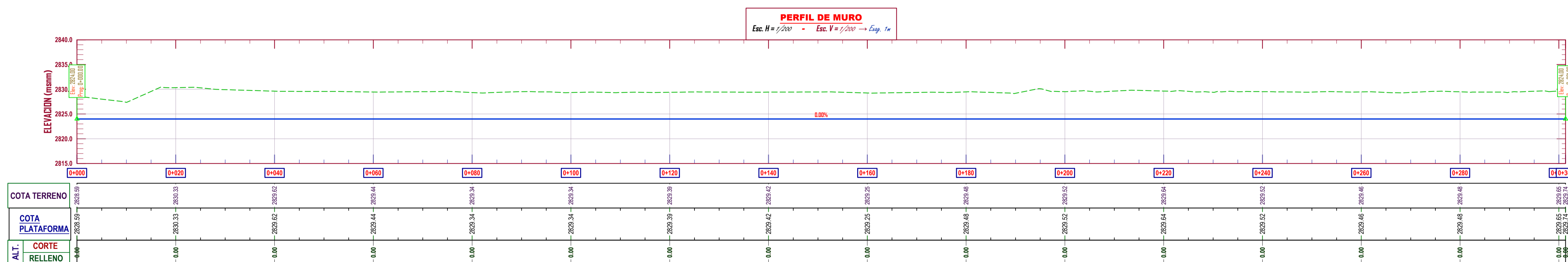
PLANOS SECCIONES CON MUROS DE CONTENCIÓN



PLANO EN PLANTA ESCALA 1:500



LEYENDA	
	Curva Mayor C15.00m
	Curva Menor C1.000m
	Borde de río
	Bote de Carretera



PERFIL LONGITUDINAL ESCALA 1:500

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"**

ASESOR: **Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN**

DIBUJO Y DISEÑO: **CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER**

PLANO: **PLANTA Y PERFIL
MURO DE GRAVEDAD**

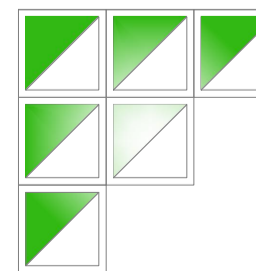
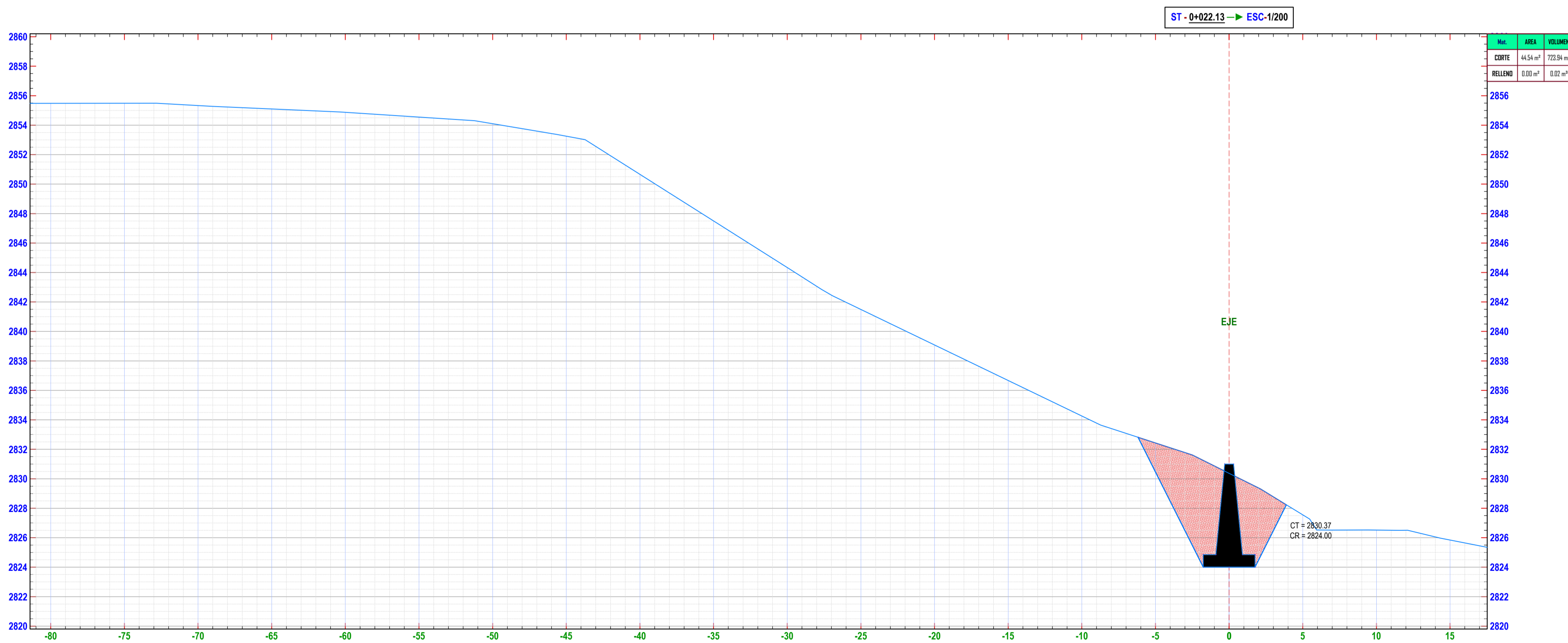
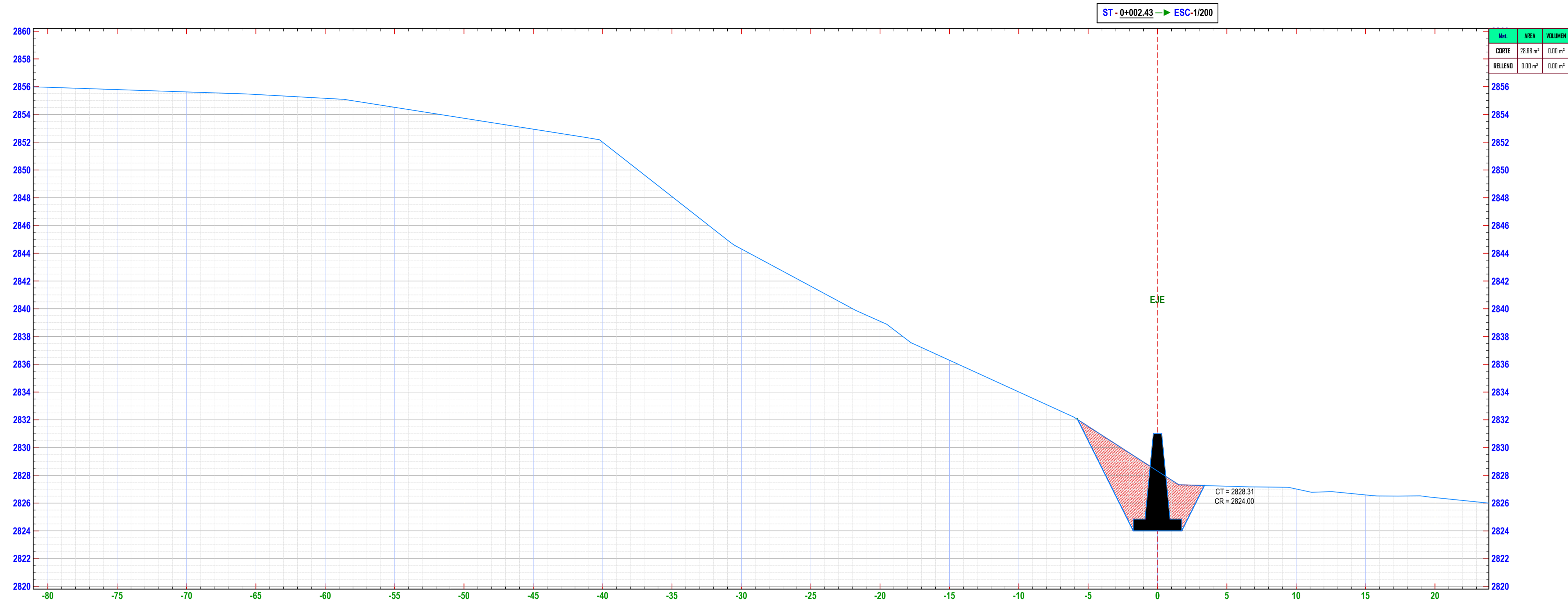
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
PP- 01

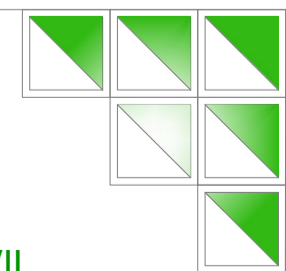
PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+000 - 0+020

ESCALA 1:200
MURO DE GRAVEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: SECCIONES
TRANSVERSALES 0+000-0+020

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

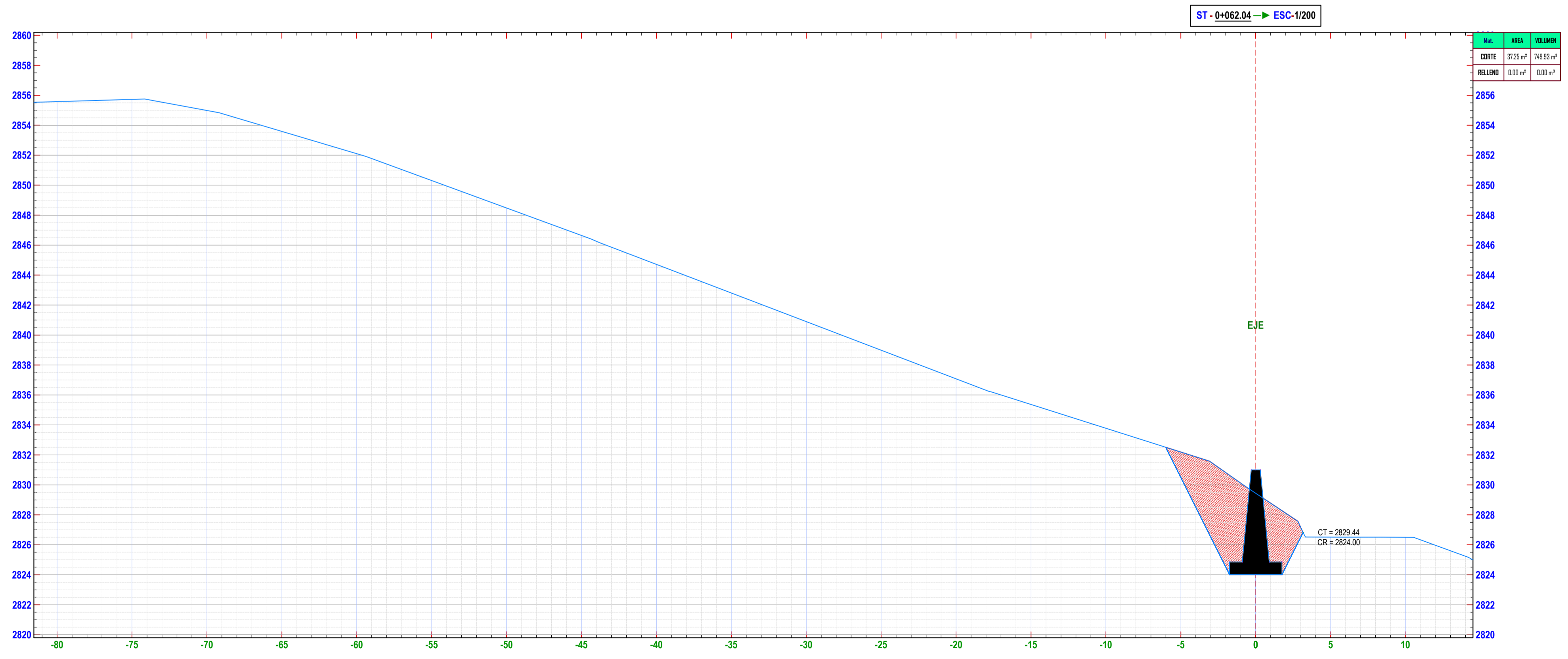
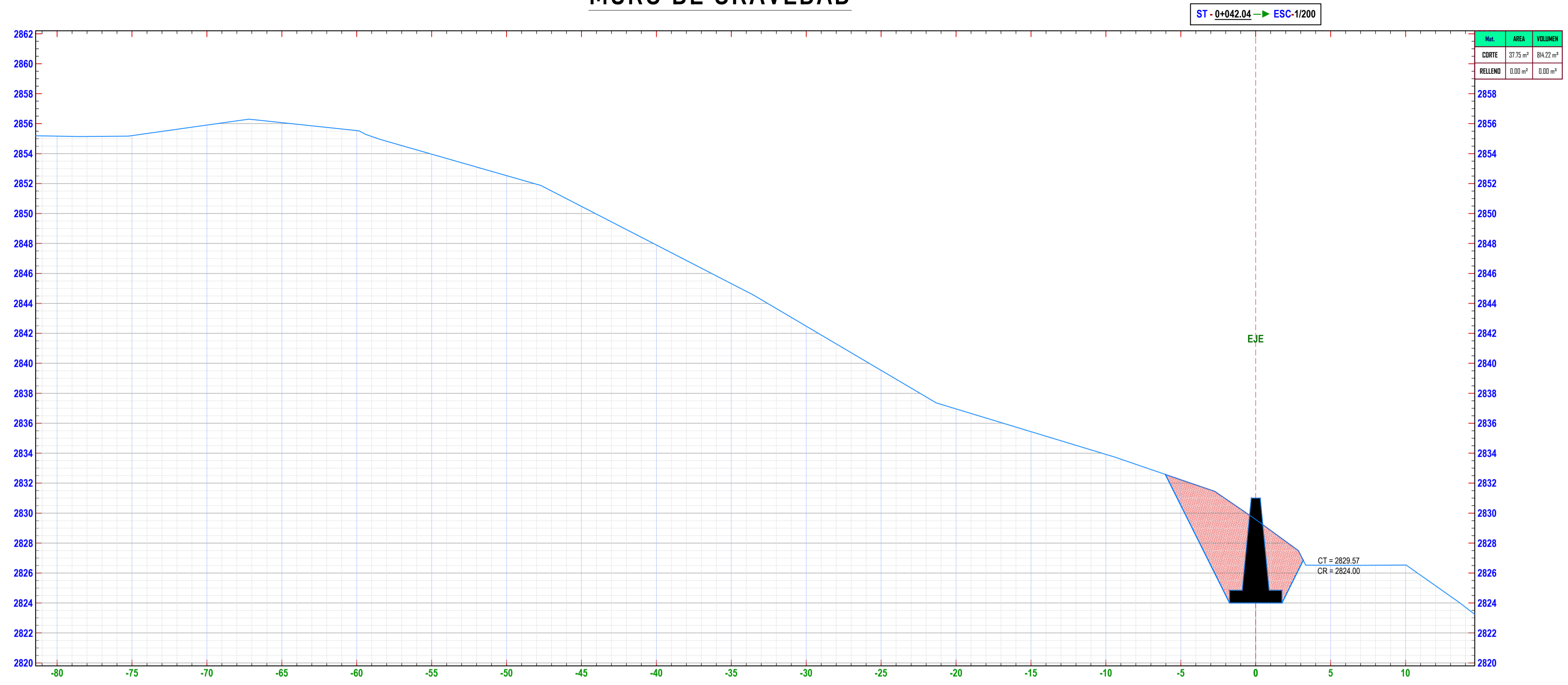
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 01

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+040 - 0+060

ESCALA 1:250

MURO DE GRAVEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

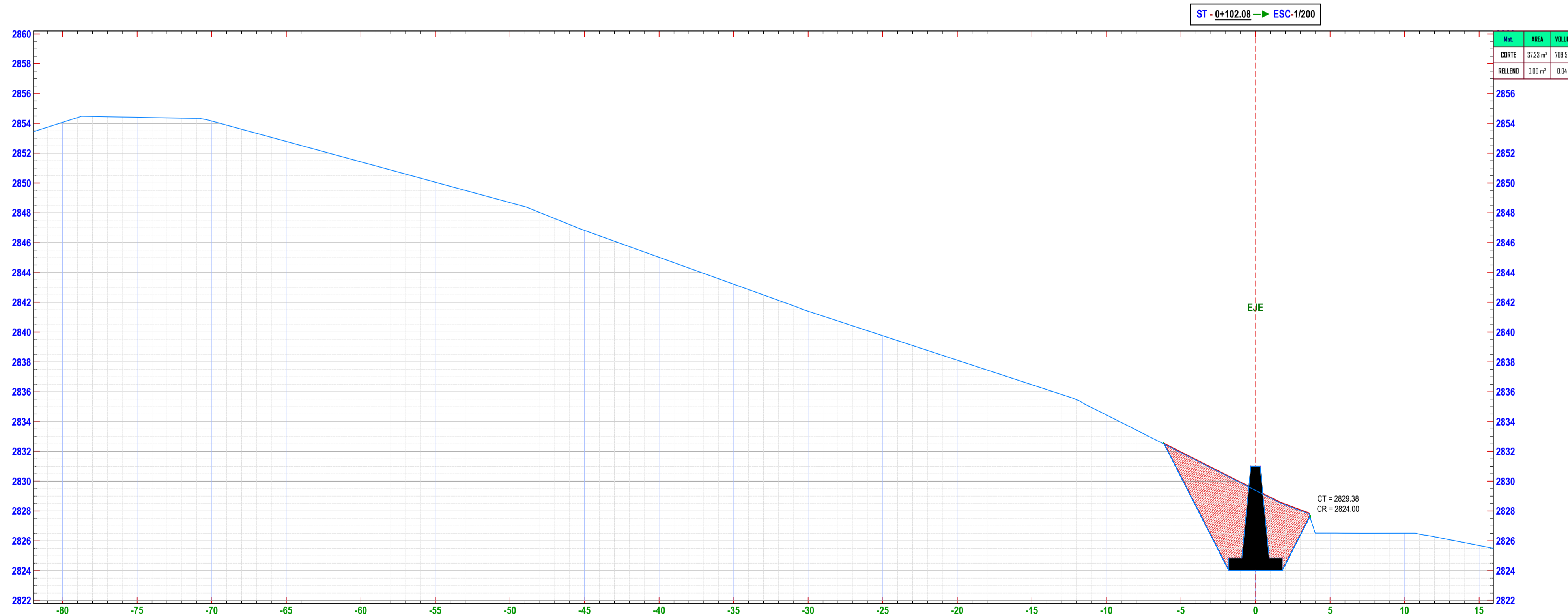
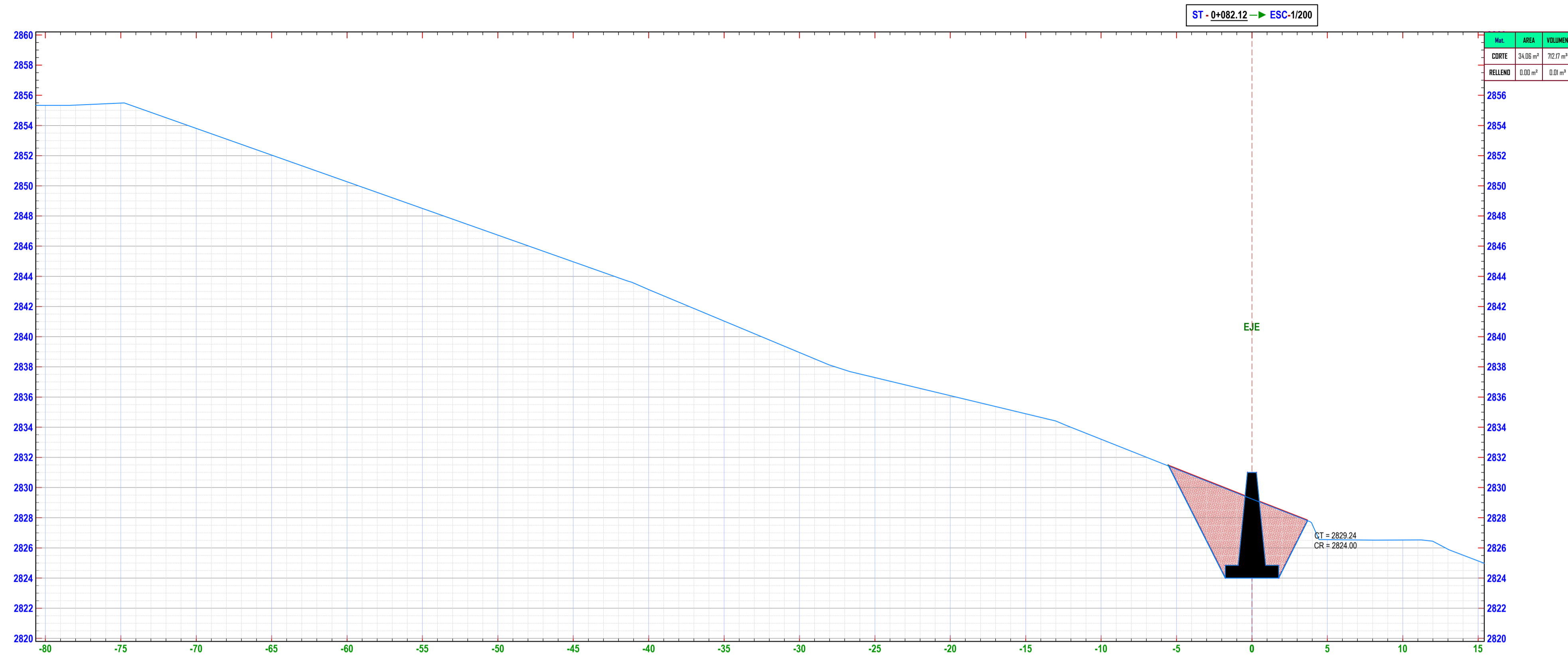
PLANO:
**SECCIONES
TRANSVERSALES 0+040-0+060**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 02

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+080 - 0+100

ESCALA 1:250
MURO DE GRAVEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: SECCIONES
TRANSVERSALES 0+080-0+100

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

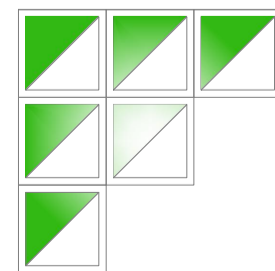
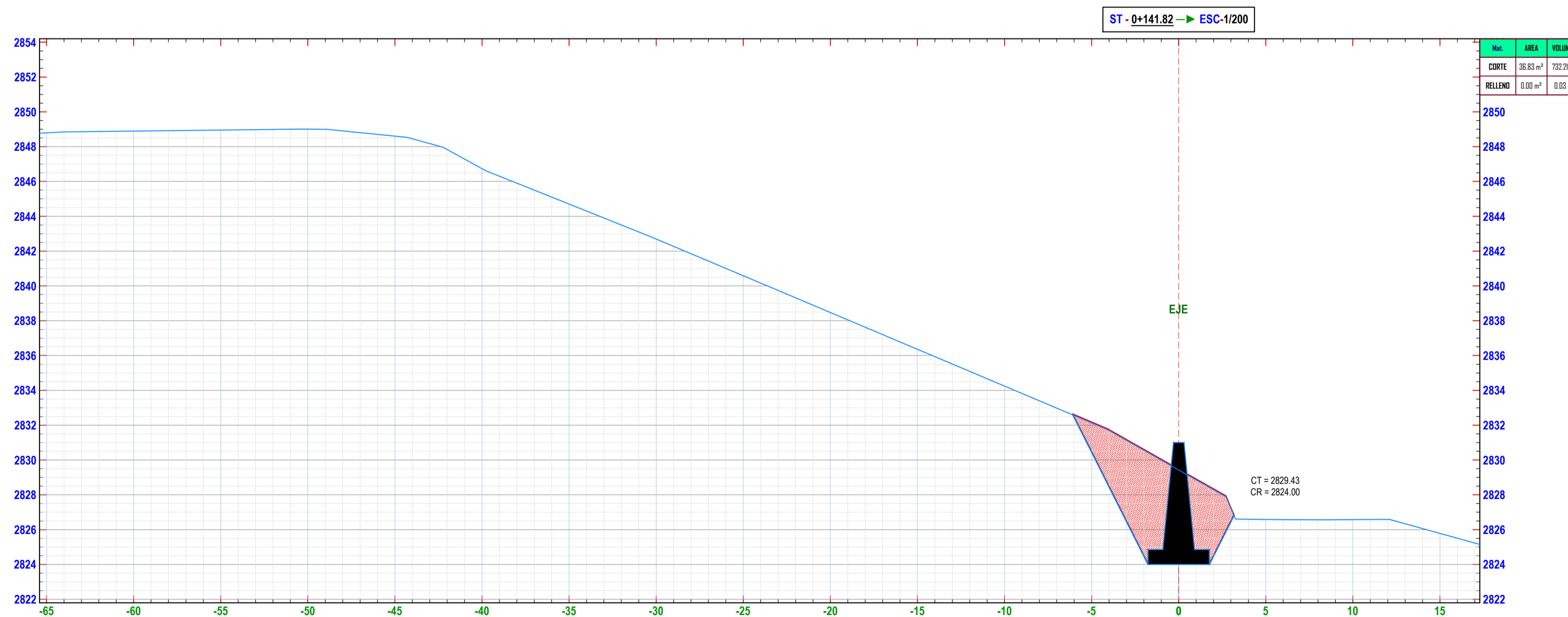
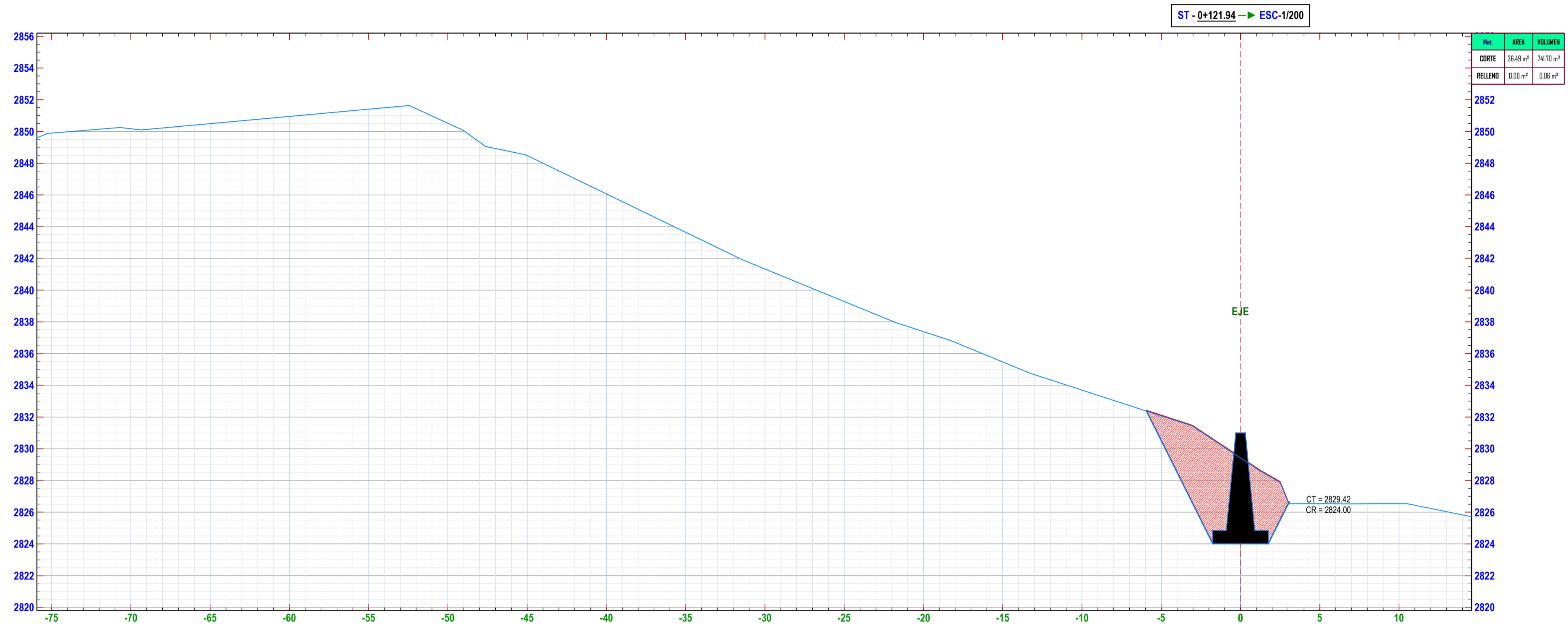
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 03

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+120 - 0+140

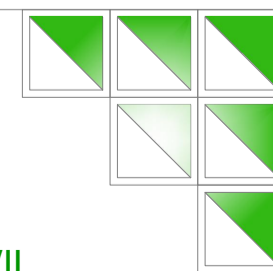
ESCALA 1:250

MURO DE GRAVEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: SECCIONES
TRANSVERSALES 0+120-0+140

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

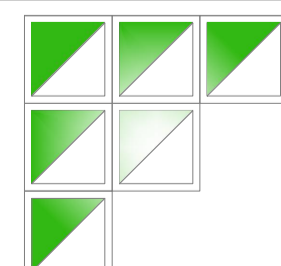
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 04

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+160 - 0+200

ESCALA 1:250

MURO DE GRAVEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

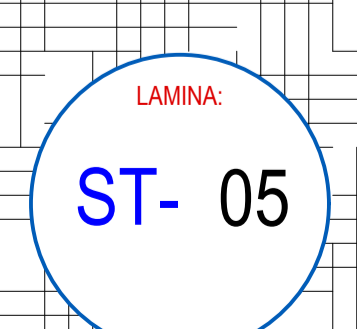
ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:
SECCIONES
TRANSVERSALES 0+160-0+180

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

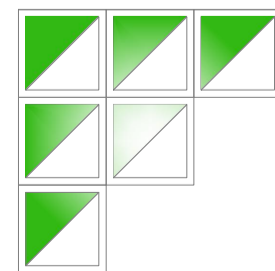
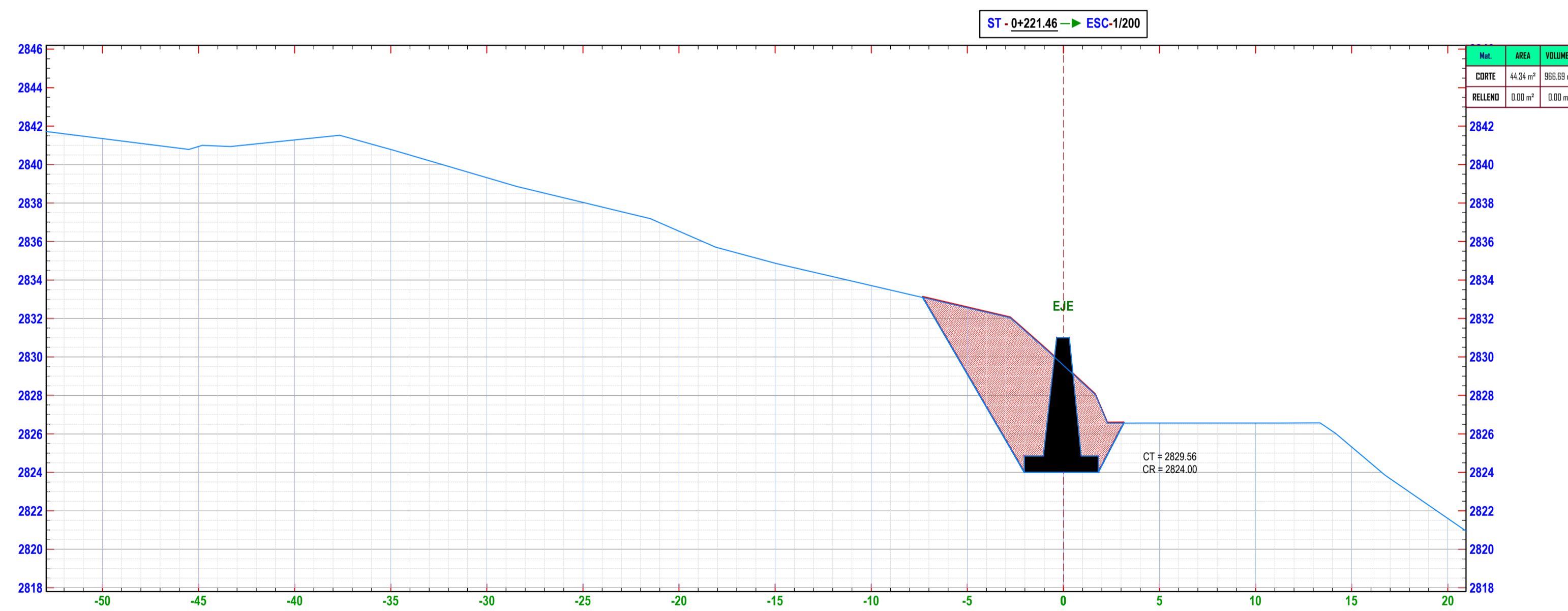
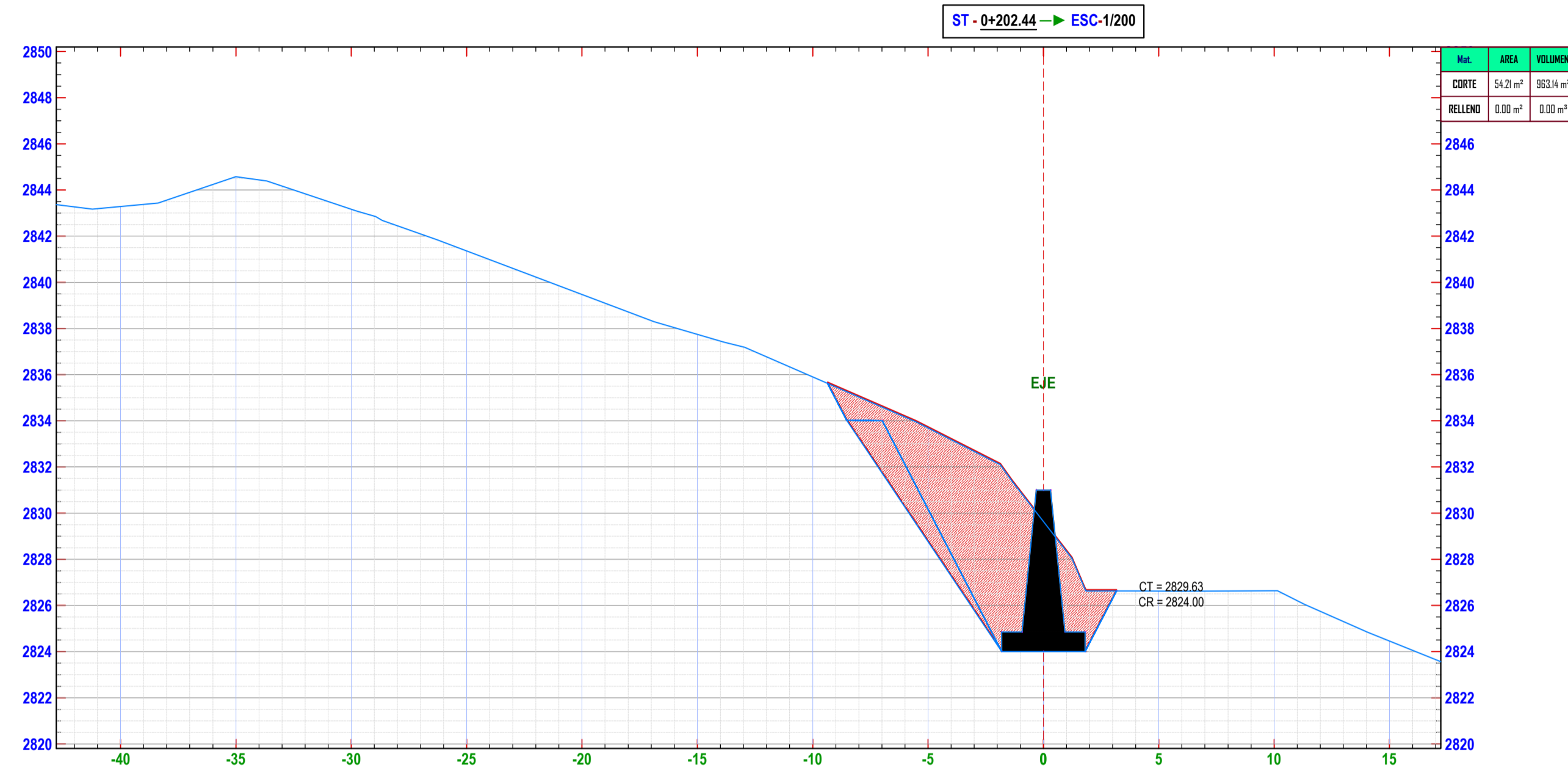
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+200 - 0+220

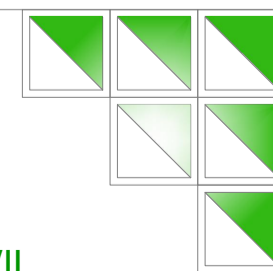
ESCALA 1:250

MURO DE GRAVEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:
PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+200-0+220

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

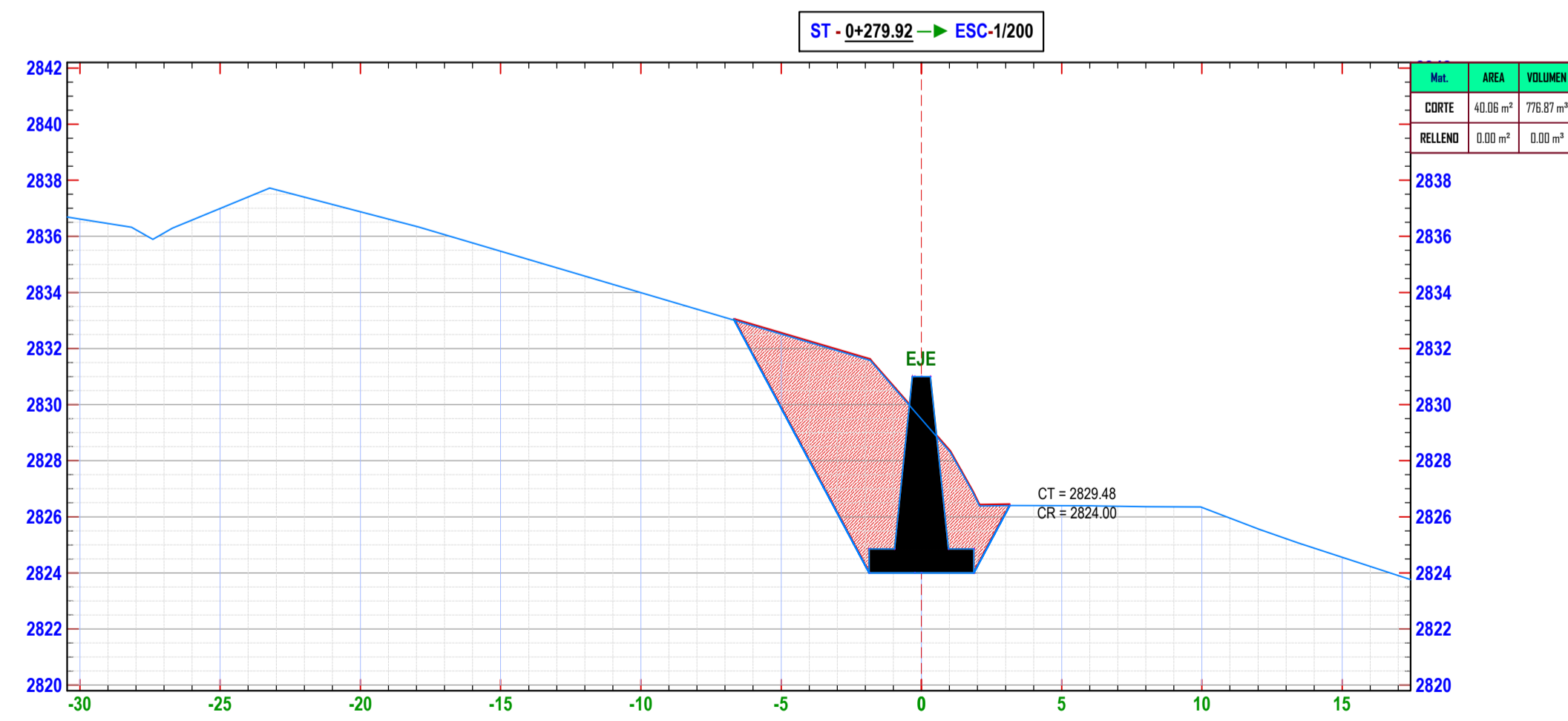
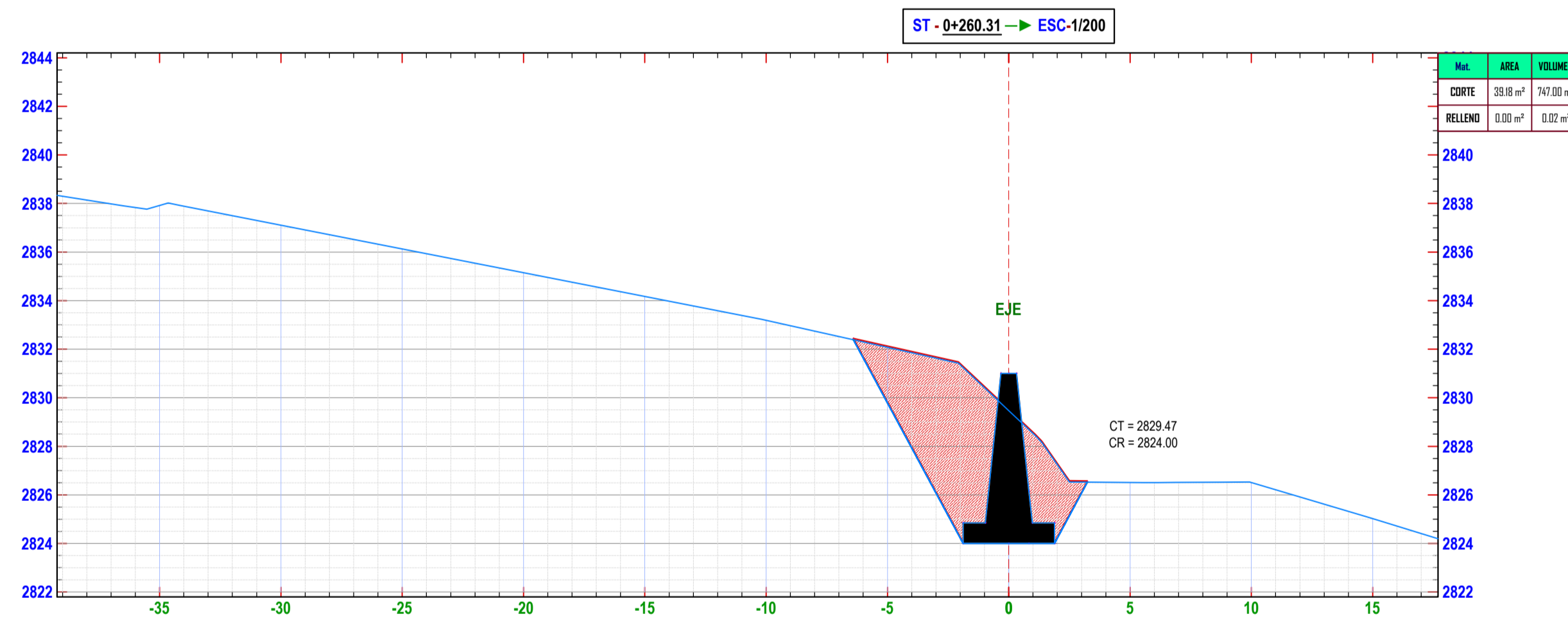
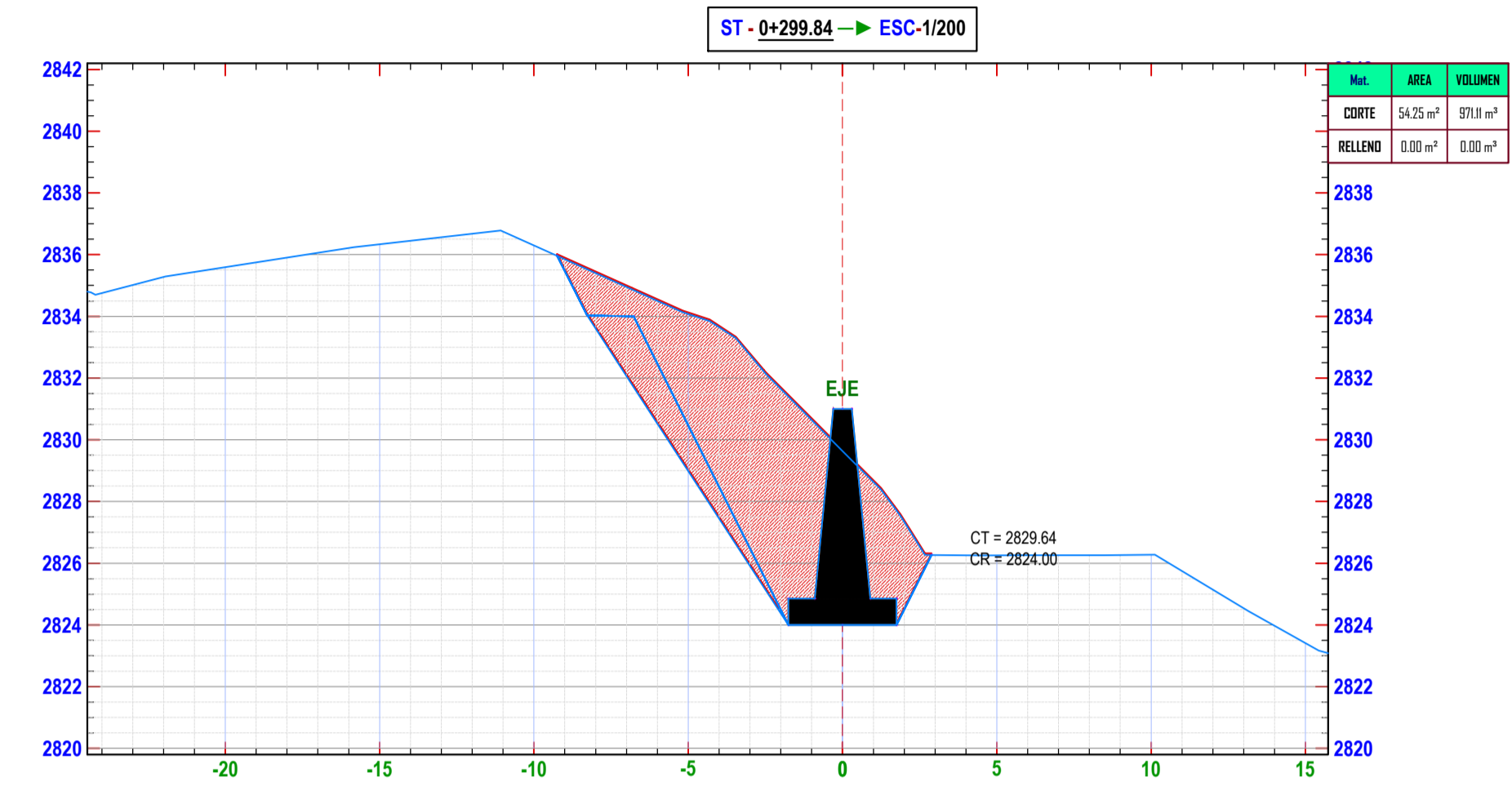
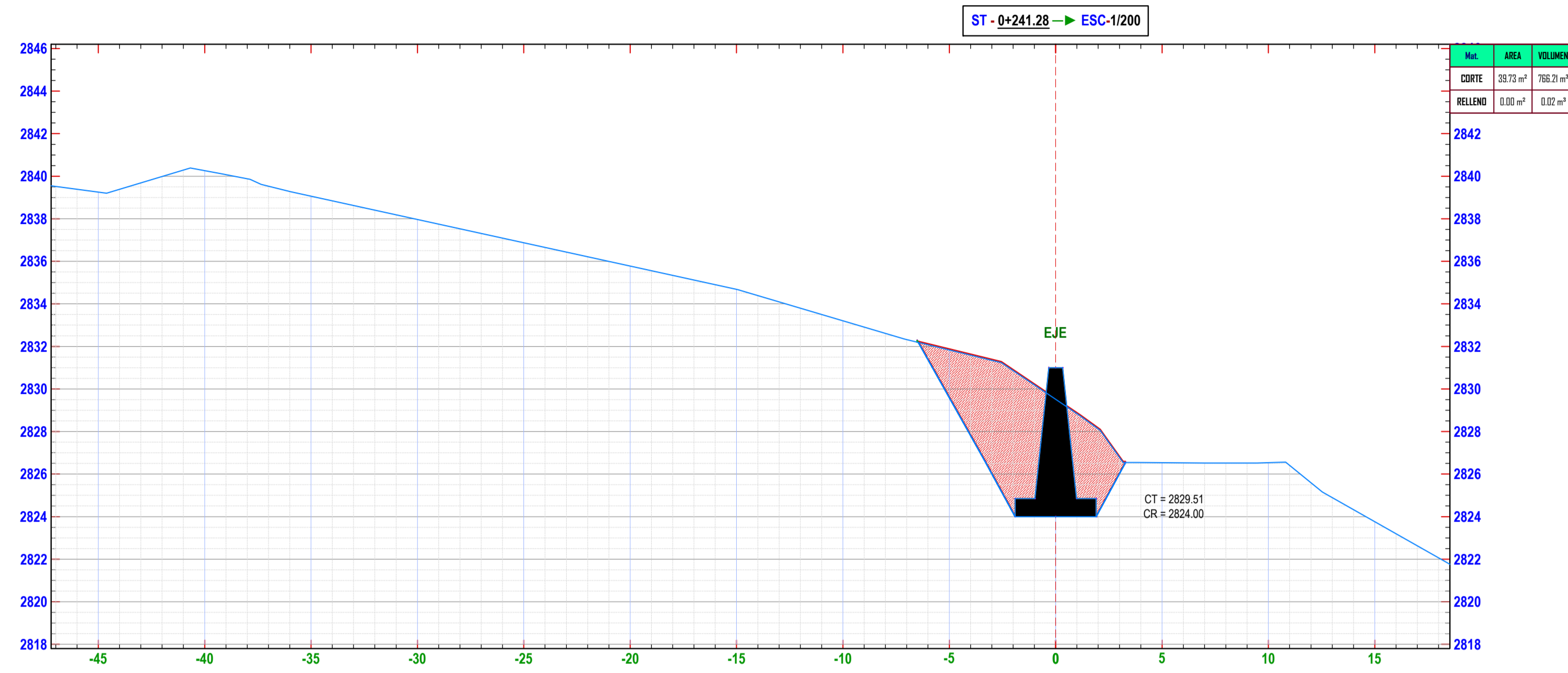
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 06

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+240 - 0+300

ESCALA 1:250

MURO DE GRAVEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

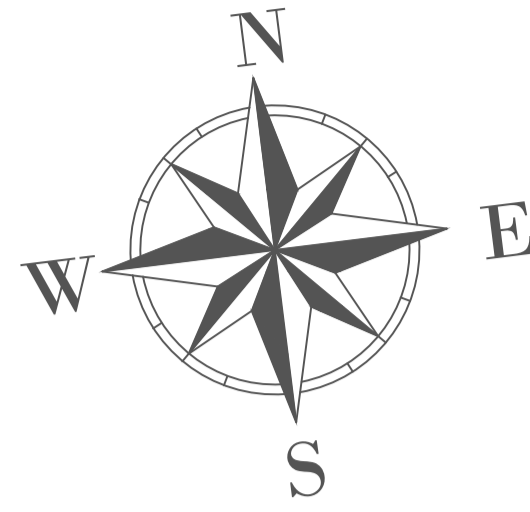
DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:
PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+240-0+300

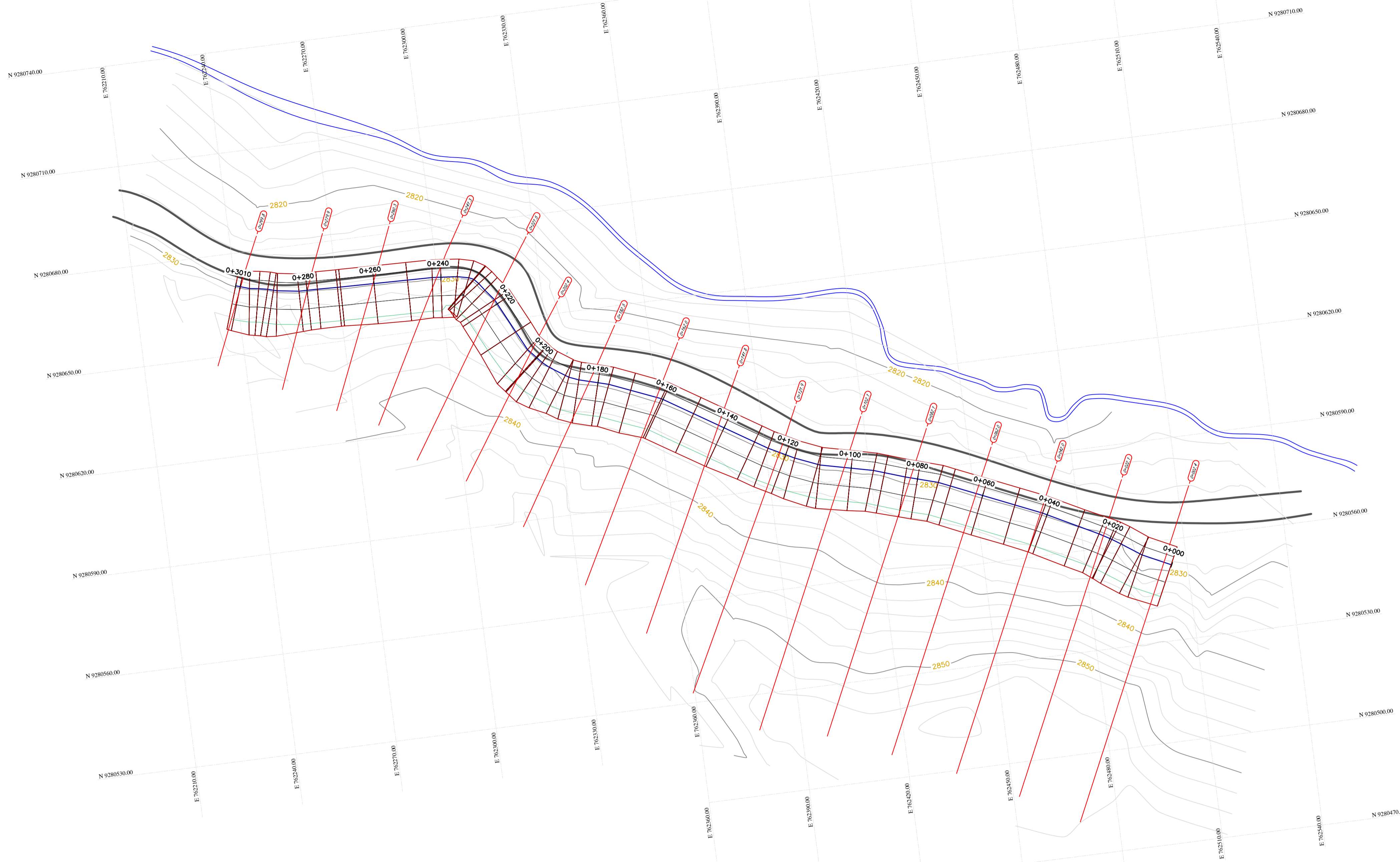
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 07



PLANO EN PLANTA
ESCALA 1:500



LEYENDA

- Curva Mayor C/5.00m
- Curva Menor C/1.00cm
- Bordes de río
- Bode de Carretera

PERFIL DE MURO
Esc. H = 1/200 - Esc. V = 1/200 - Esg. Tr



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:500

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"**

ASESOR: **Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN**

DIBUJO Y DISEÑO: **CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER**

PLANO: **PLANTA Y PERFIL MURO VOLADIZO**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

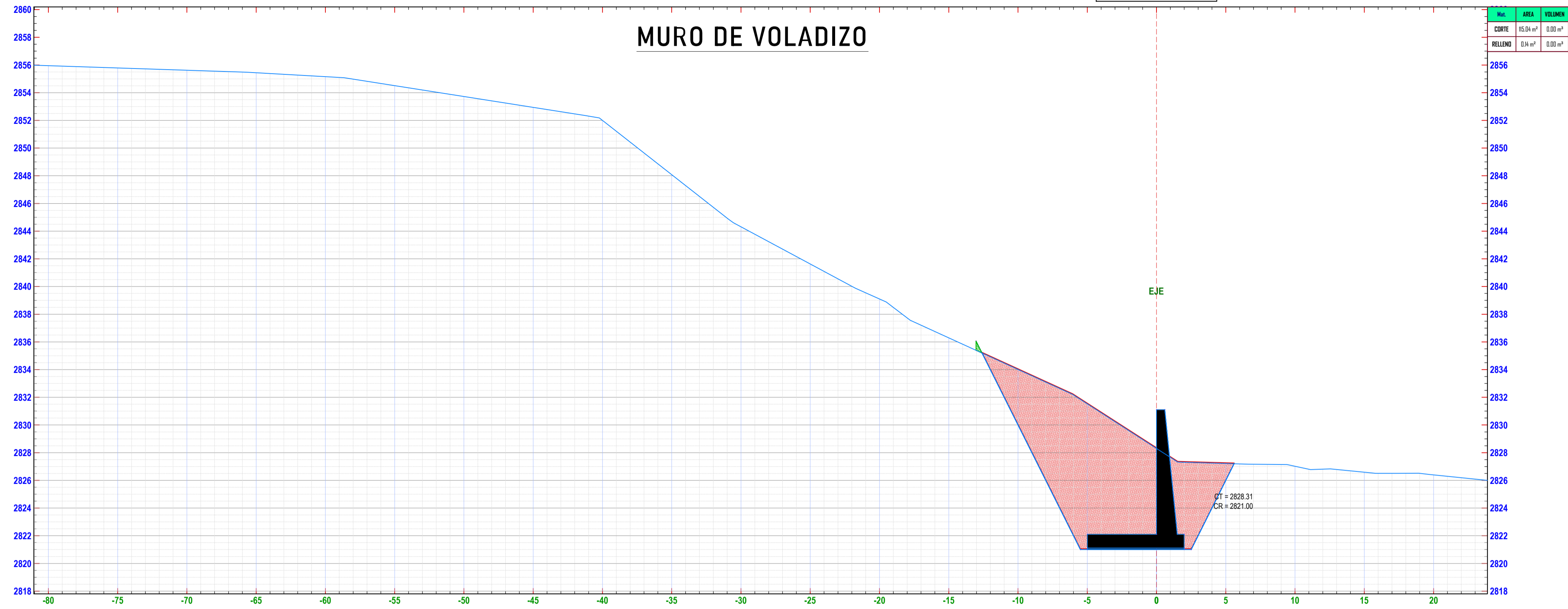
LAMINA:
PP- 01

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+000 - 0+020

ESCALA 1:200

ST - 0+002.43 → ESC-1/200

MURO DE VOLADIZO



ST - 0+022.13 → ESC-1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: SECCIONES
TRANSVERSALES 0+000-0+020

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

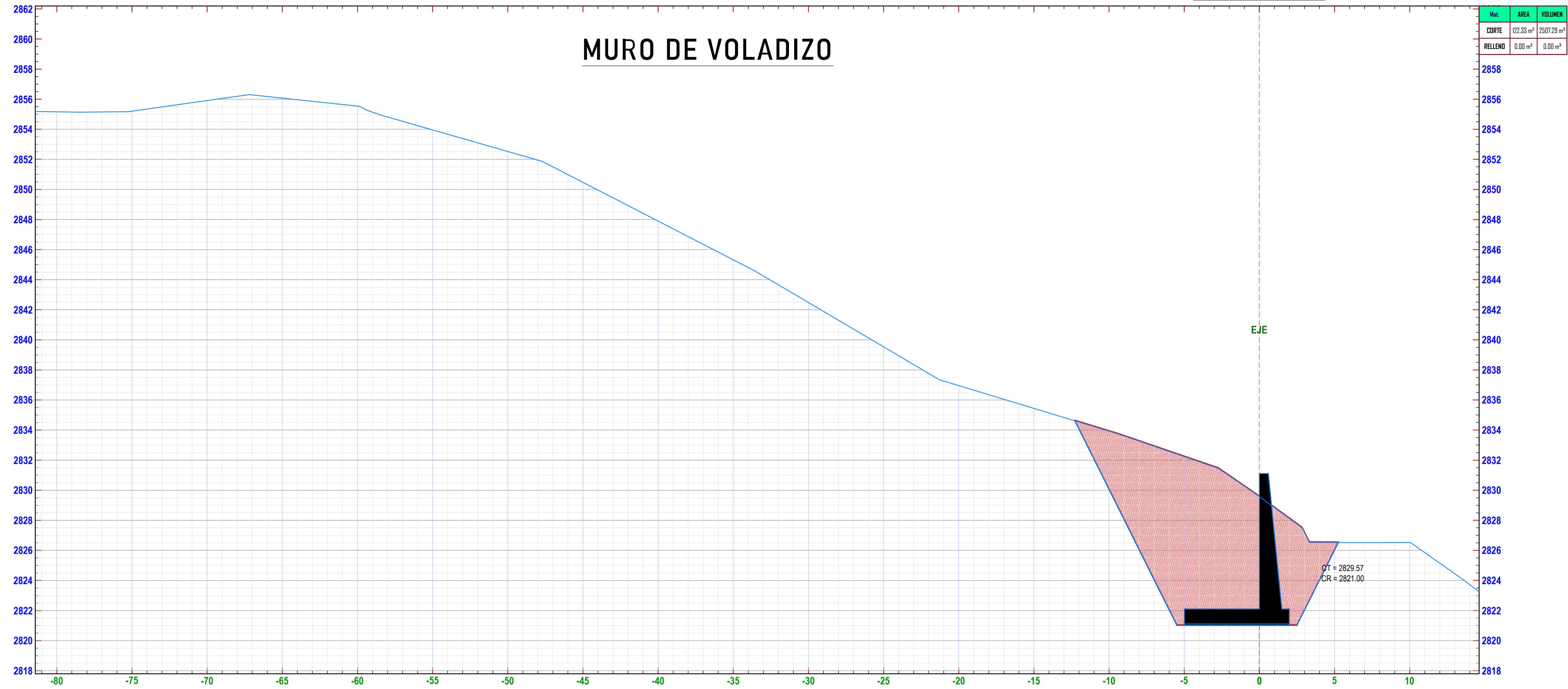
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 01

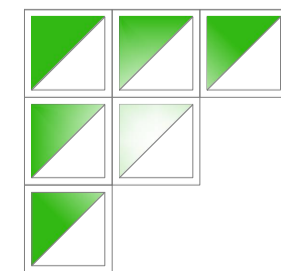
PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+040 - 0+060

ESCALA 1:200

ST - 0+042.04 → ESC-1/200

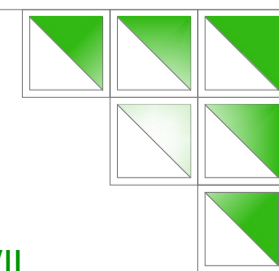


ST - 0+062.04 → ESC-1/200



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+040-0+060

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

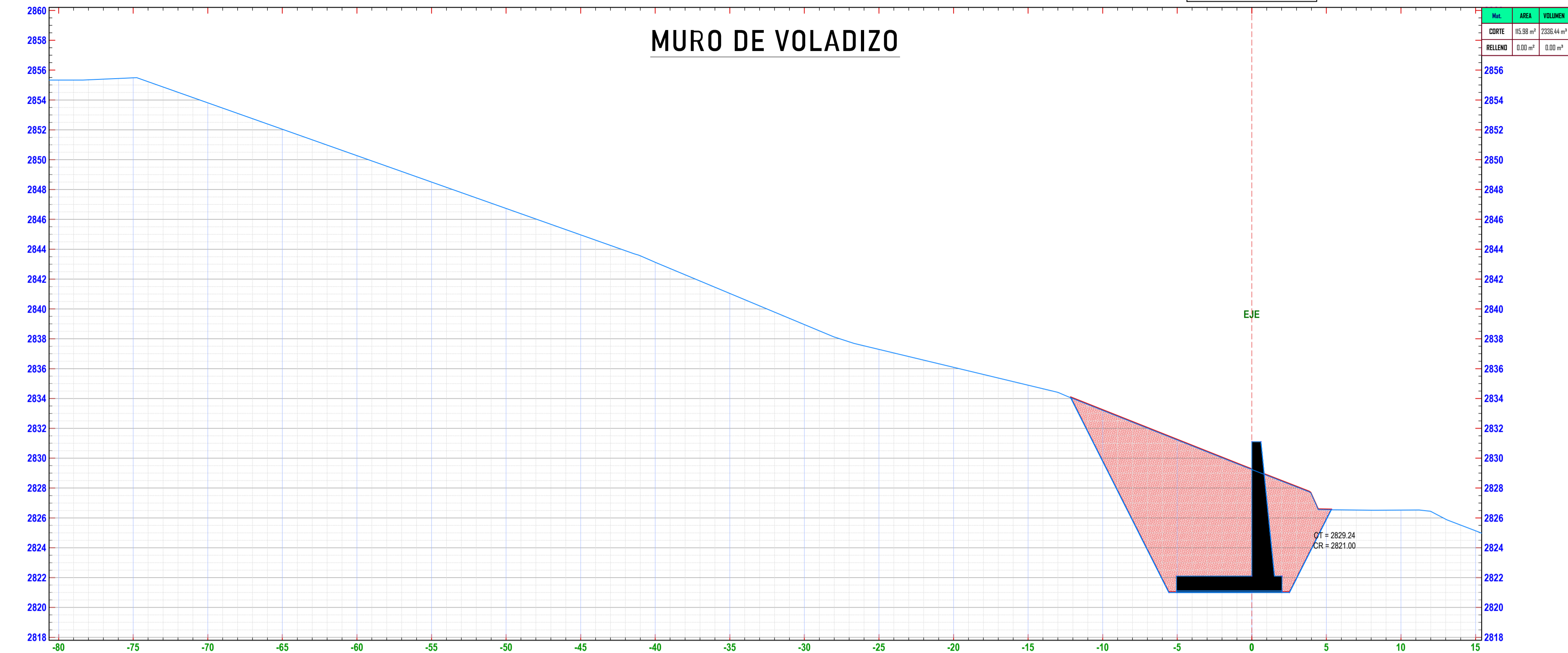
LAMINA:
ST- 02

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+080 - 0+100

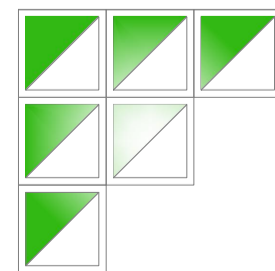
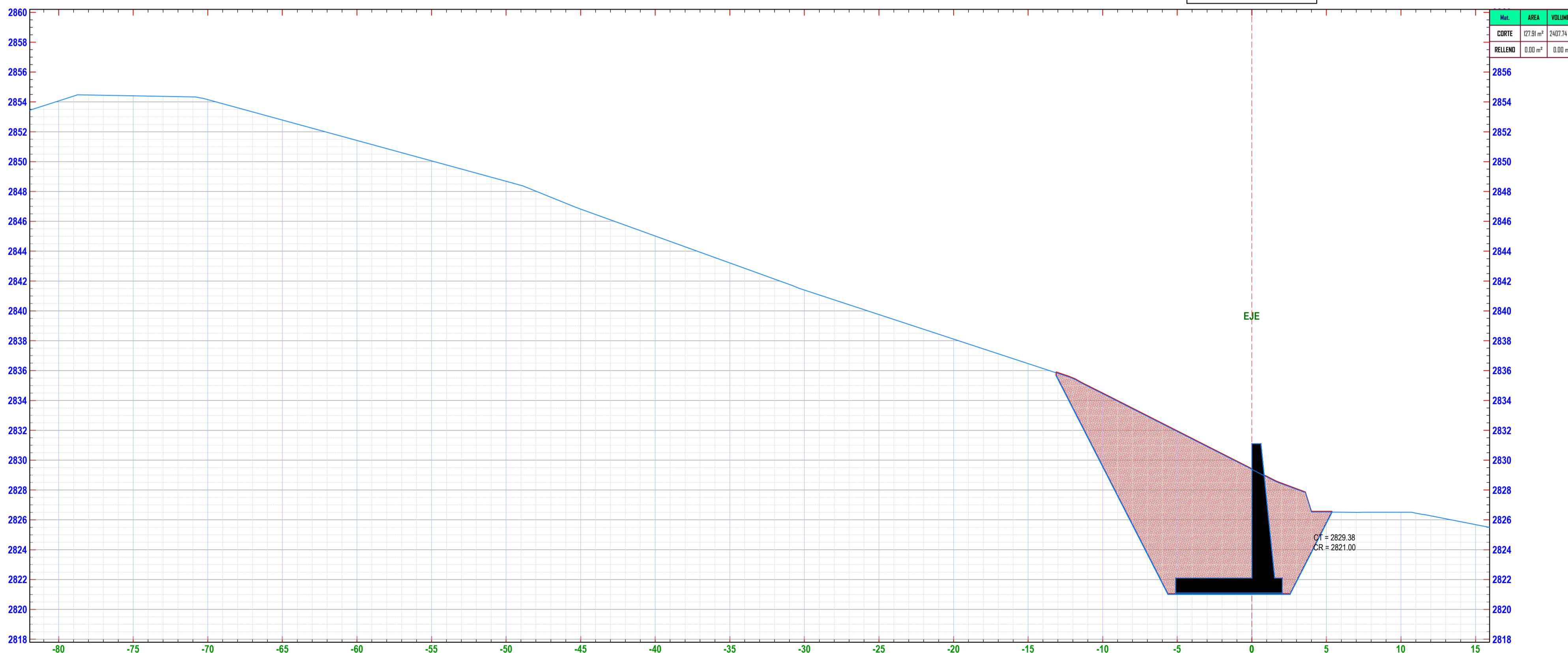
ESCALA 1:200

ST - 0+082.12 → ESC-1/200

MURO DE VOLADIZO

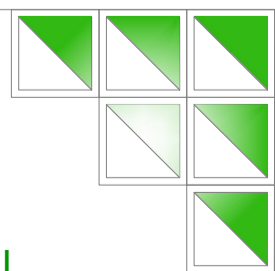


ST - 0+102.08 → ESC-1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+08-0+100

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

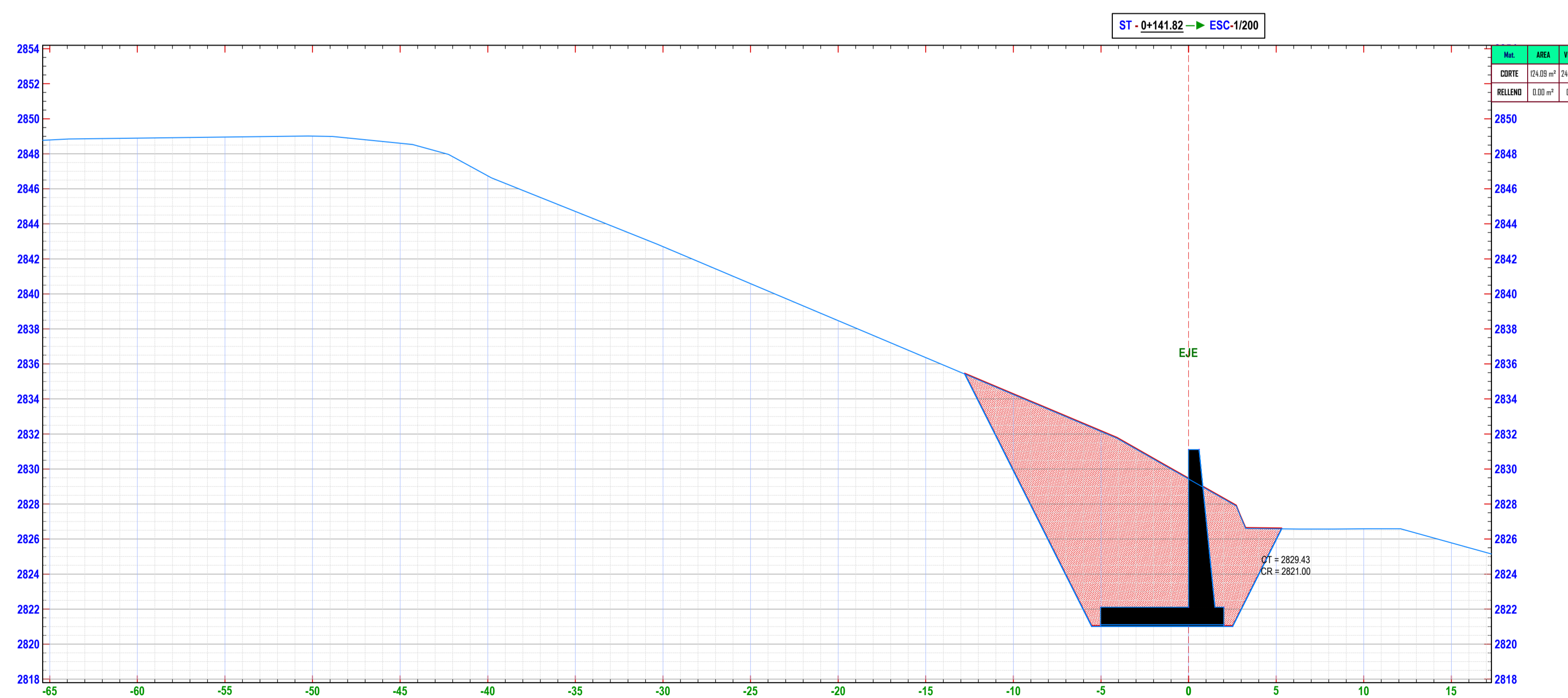
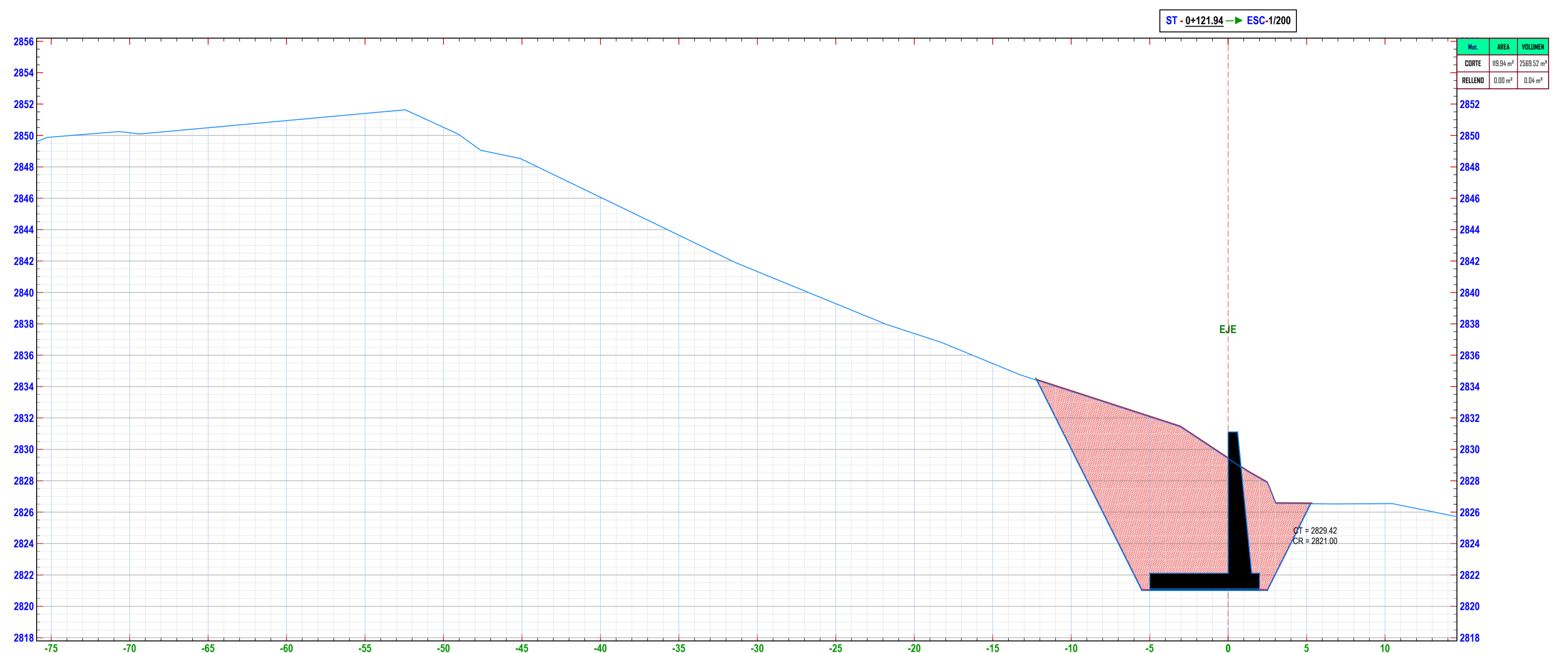
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 03

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+120 - 0+140

ESCALA 1:200

MURO DE VOLADIZO



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+160 - 0+180

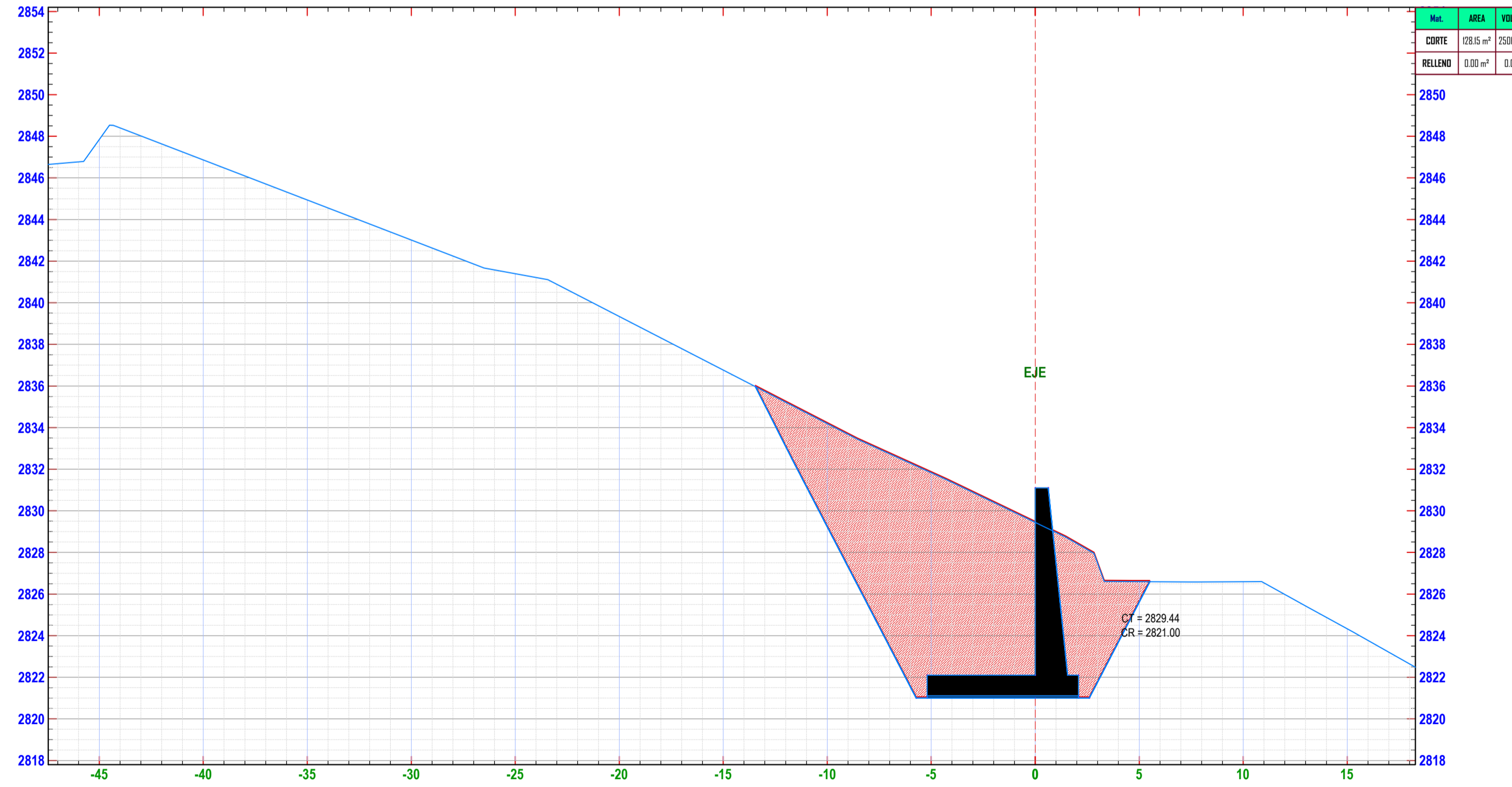
ESCALA 1:200

MURO DE VOLADIZO

ST - 0+162.04 → ESC-1/200



ST - 0+162.55 → ESC-1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

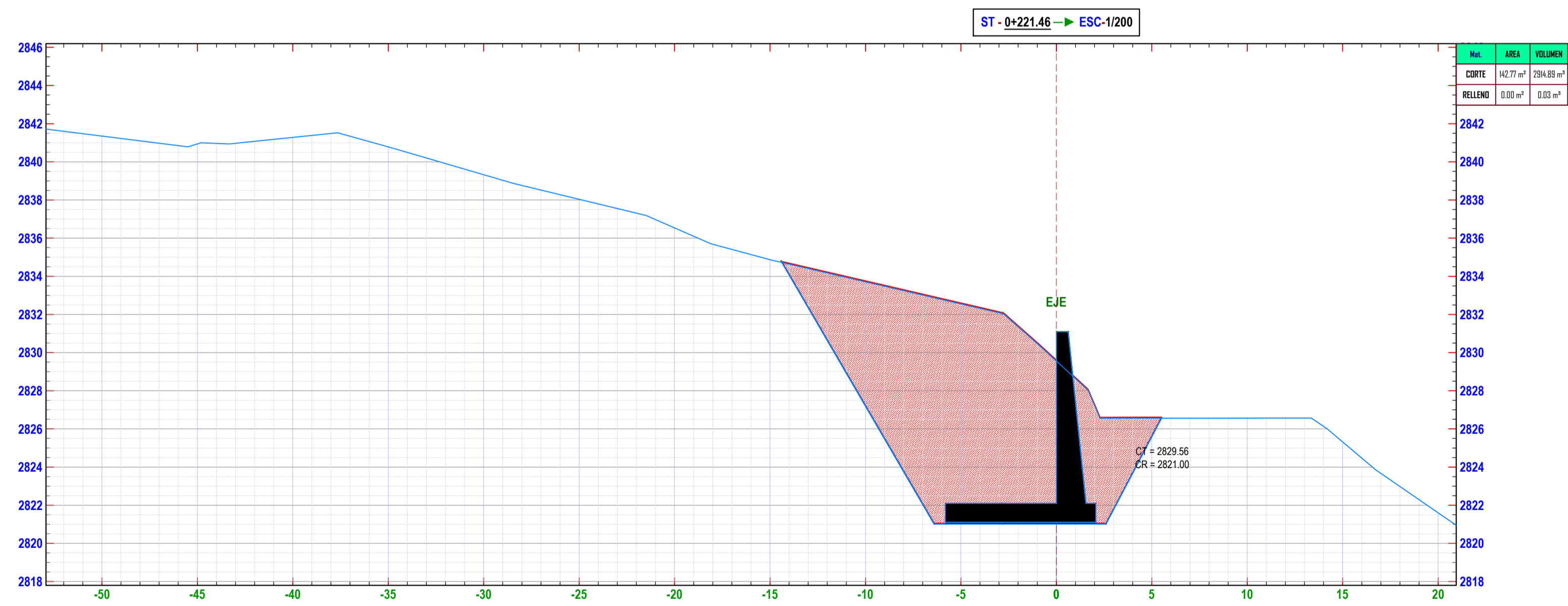
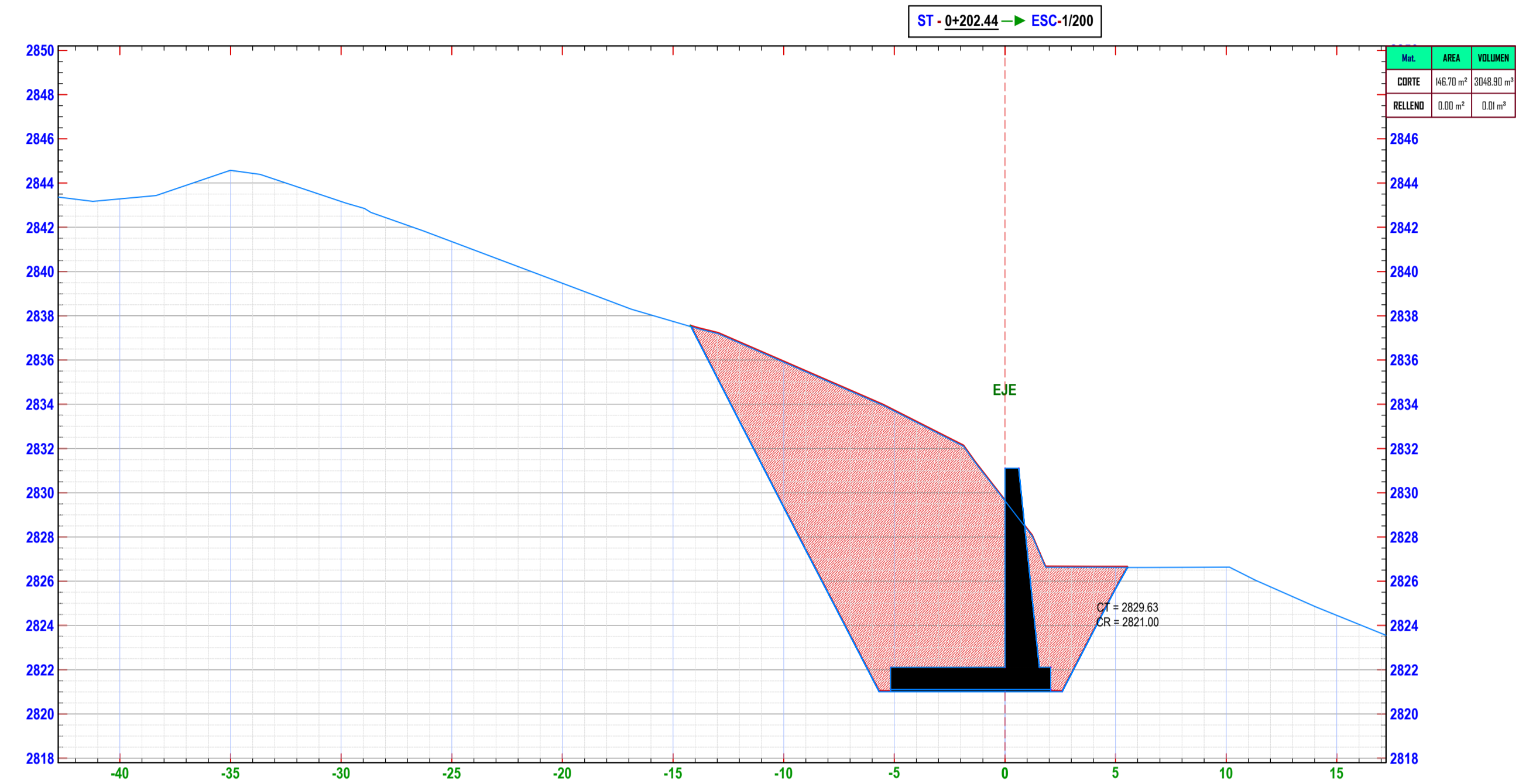
PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+160-0+180

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 05

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+200 - 0+220

ESCALA 1:200
MURO DE VOLADIZO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

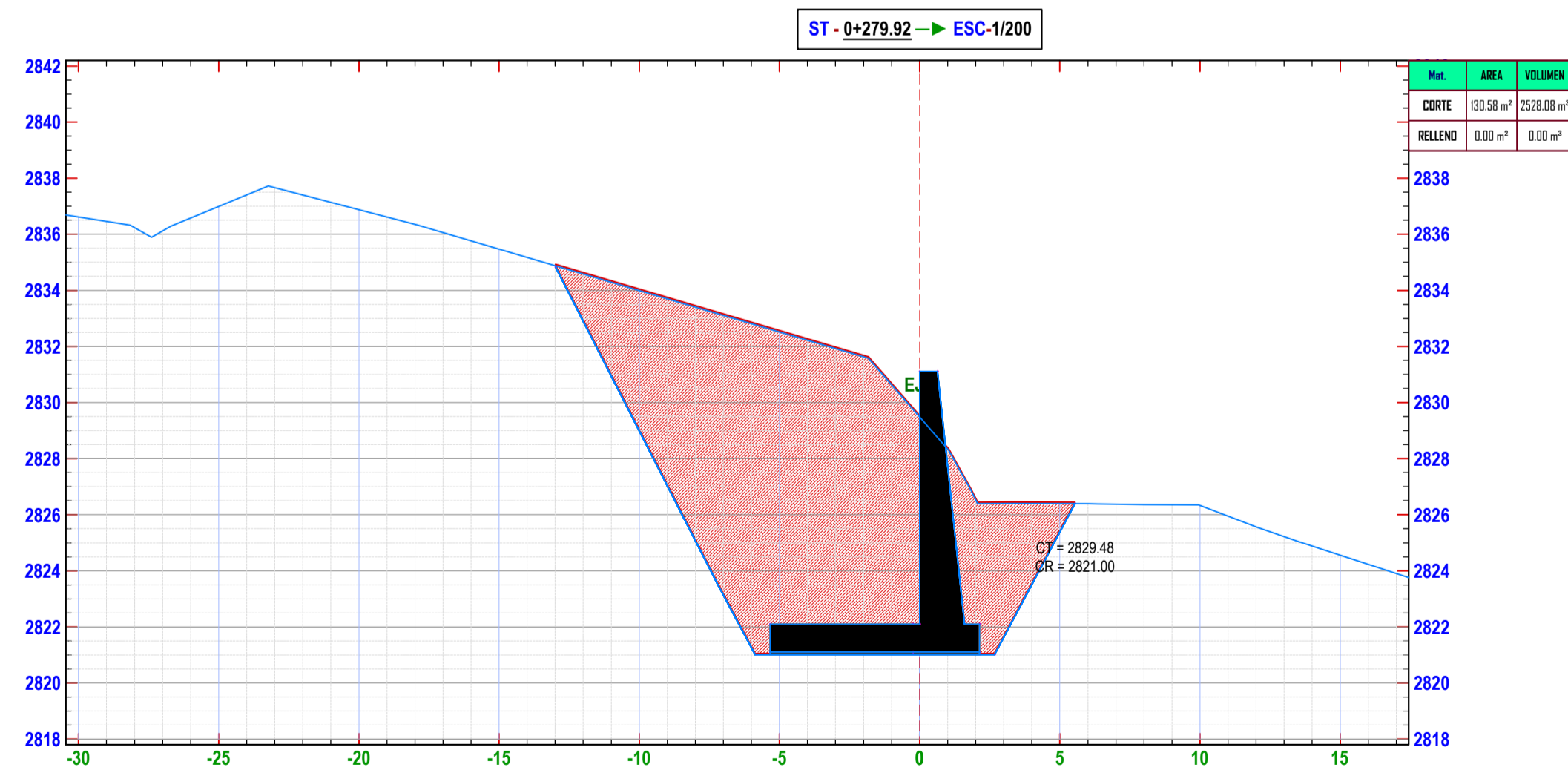
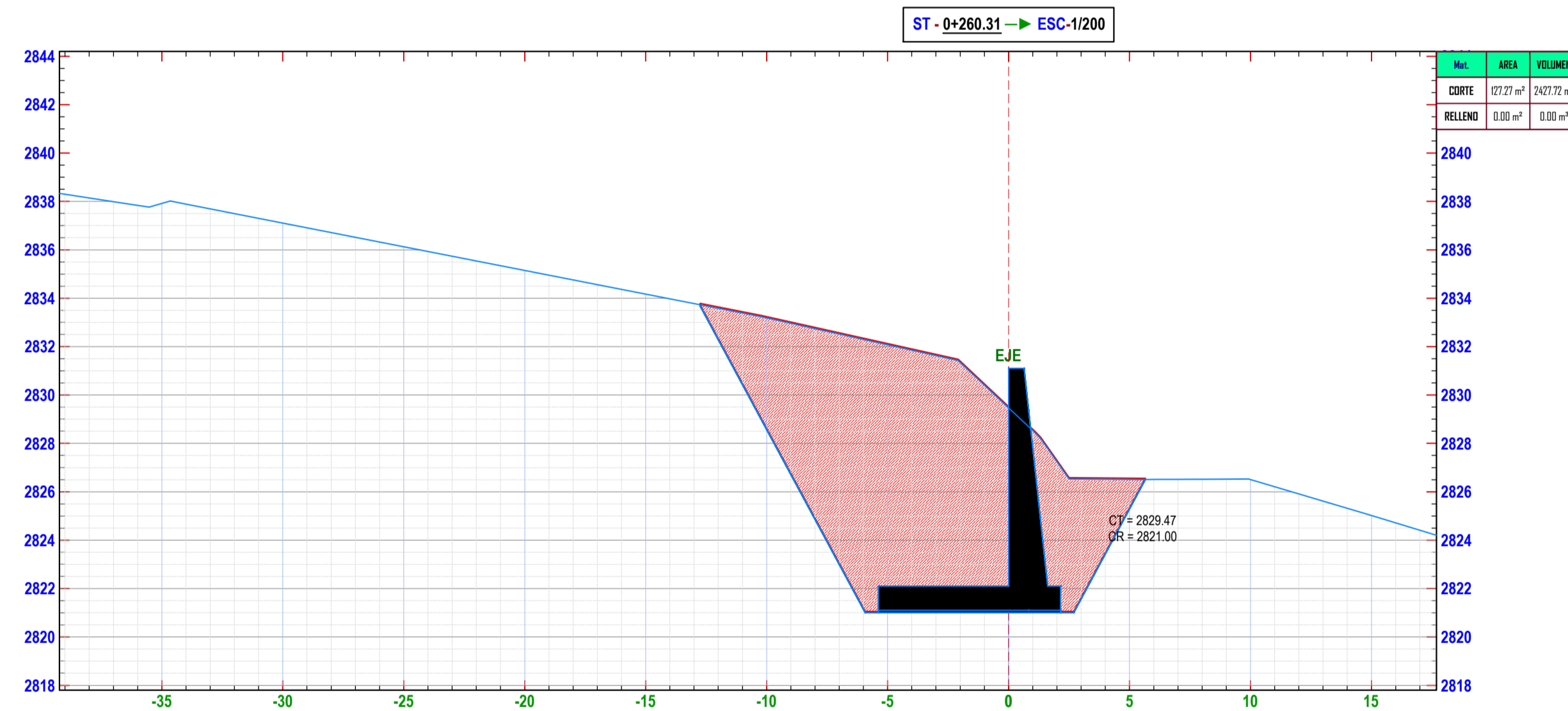
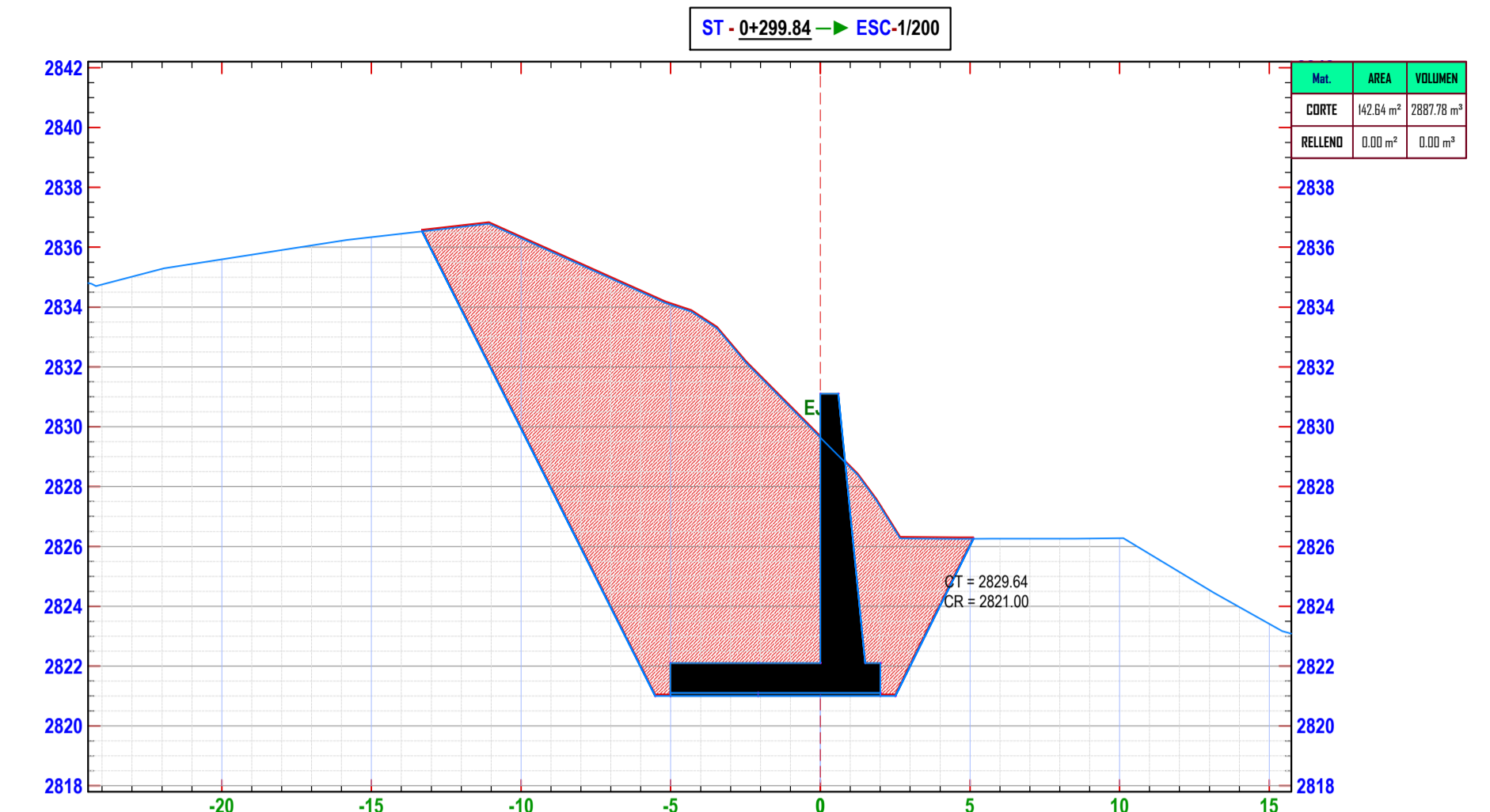
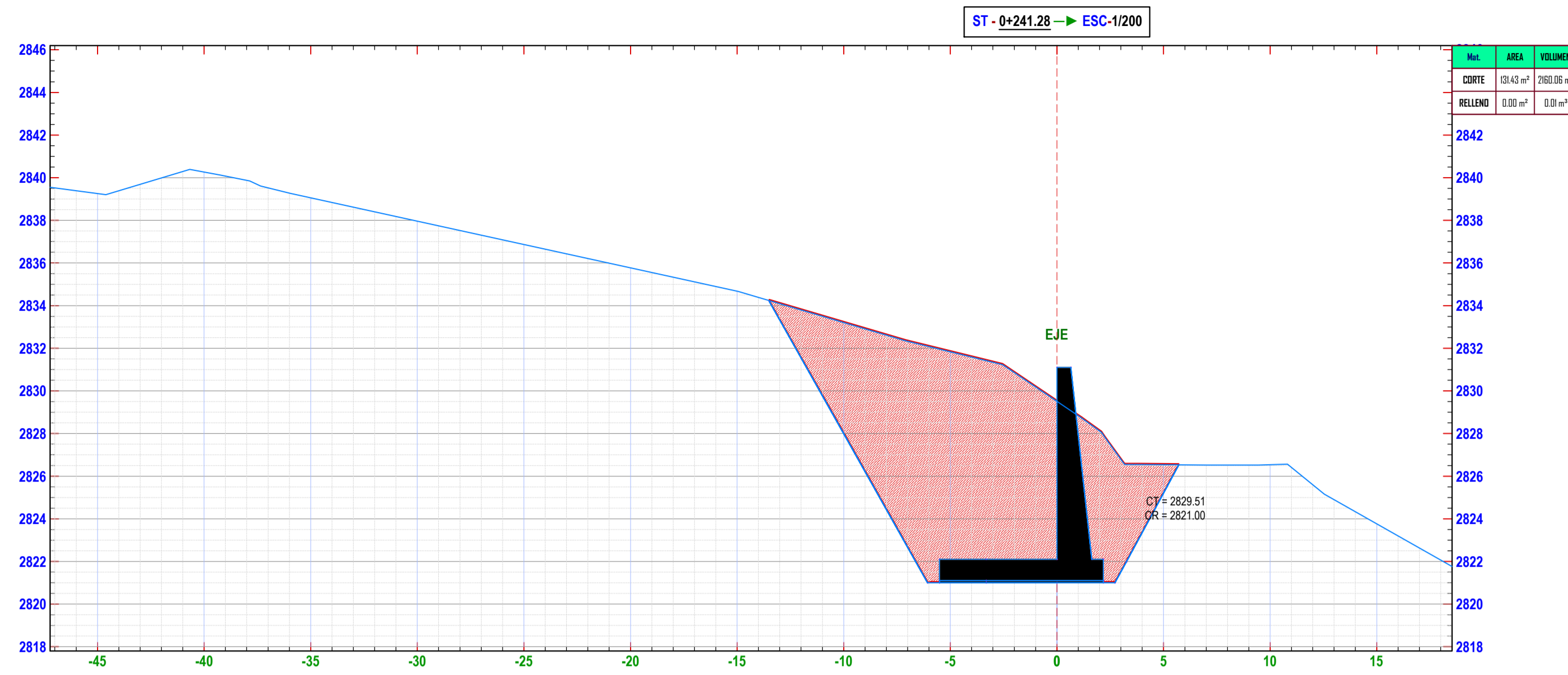
DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+200-0+220

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 06



PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+240 - 0+300

ESCALA 1:200

MURO DE VOLADIZO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

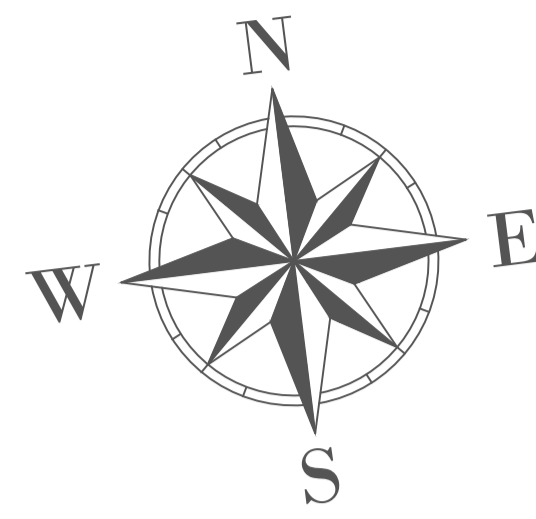
DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+240-0+300

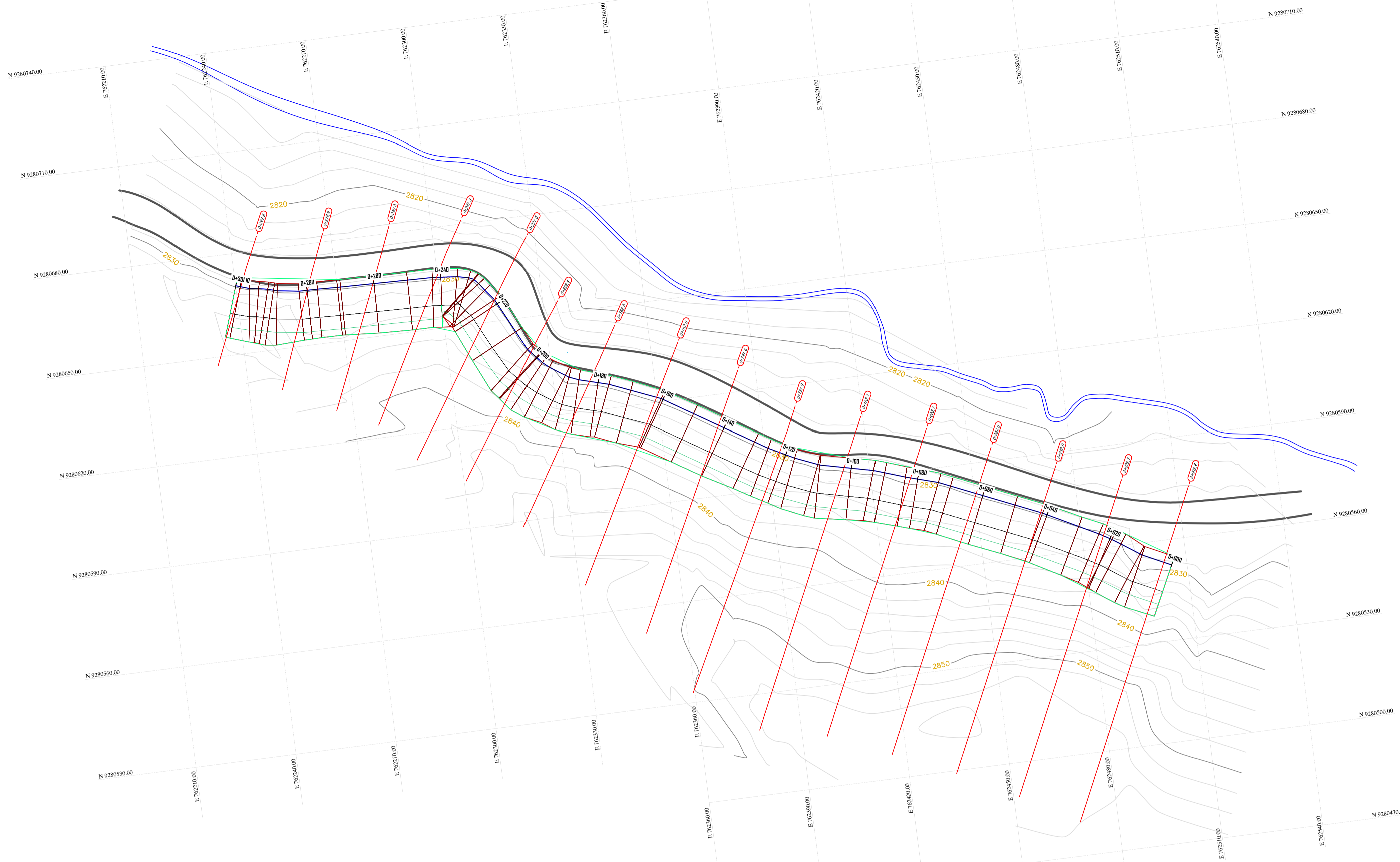
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 07

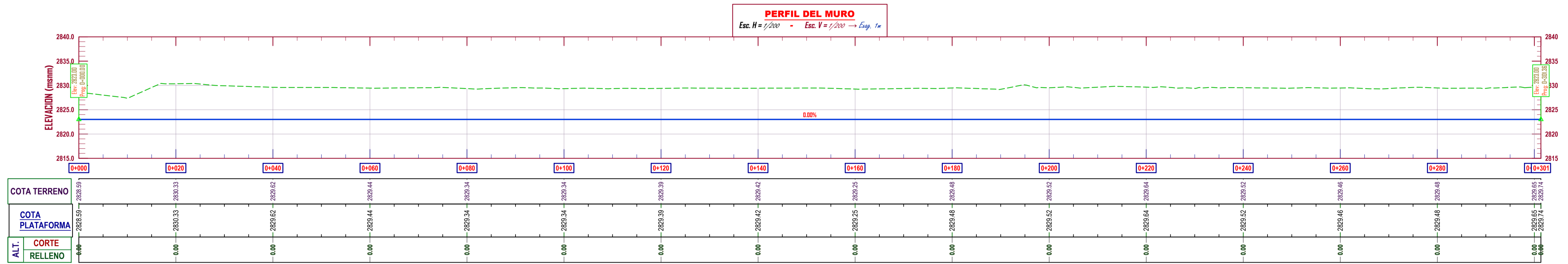
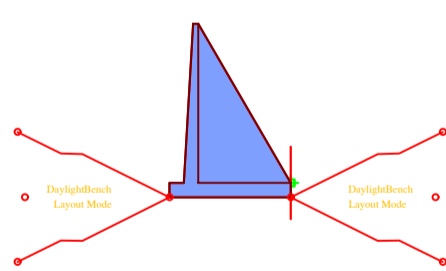


PLANO EN PLANTA
ESCALA 1:500



LEYENDA

	Curva Mayor C/5.00m
	Curva Menor C/1.00cm
	Bordes de río
	Borde de Carretera



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:500



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"**

ASESOR: **Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN**

DIBUJO Y DISEÑO: **CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER**

PLANO: **PLANTA Y PERFIL
MURO CONTRAFUERTE**

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

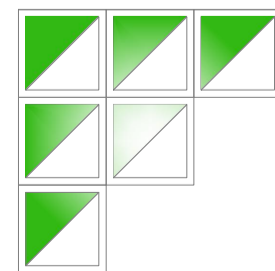
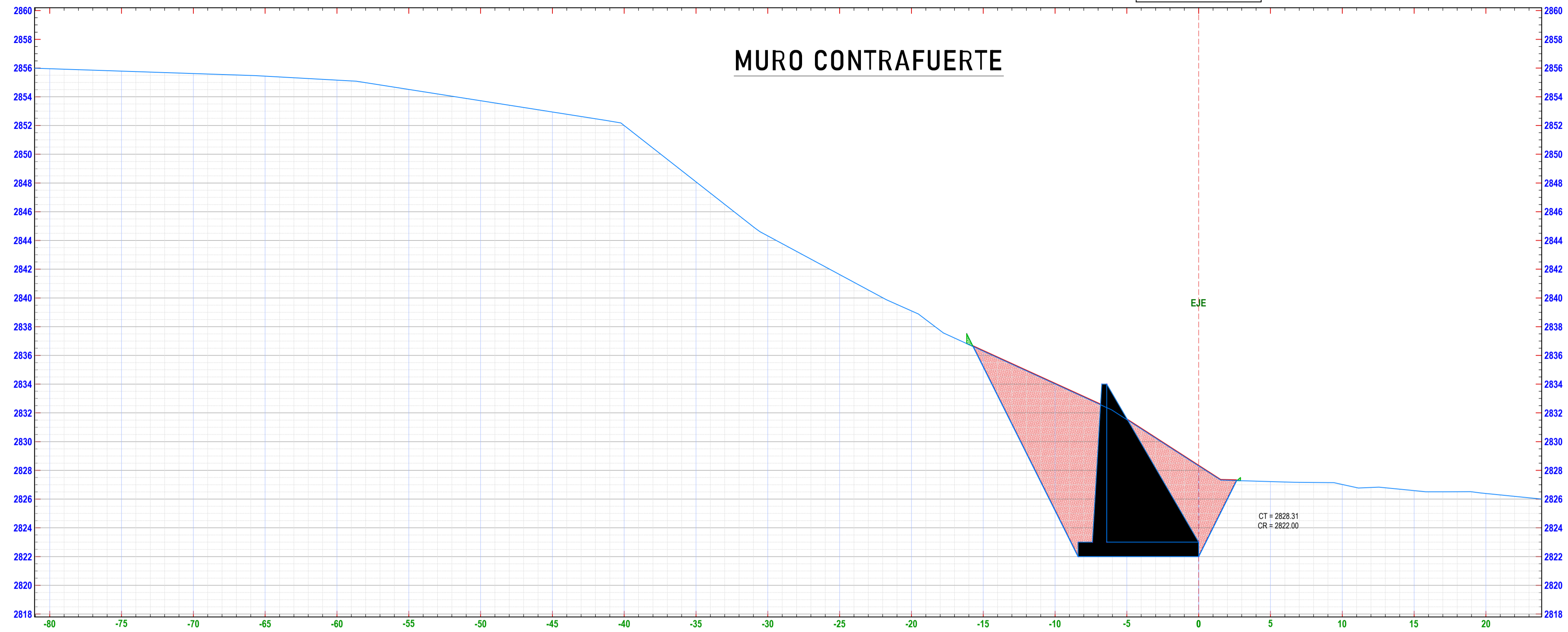
ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
PP- 01

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+000 - 0+020

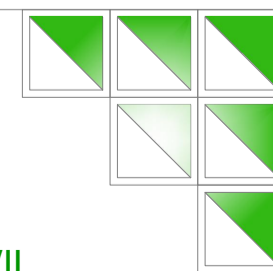
ESCALA 1:200

ST - 0+002.43 → ESC-1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR:

Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO:

CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:

PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+000-0+020

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:

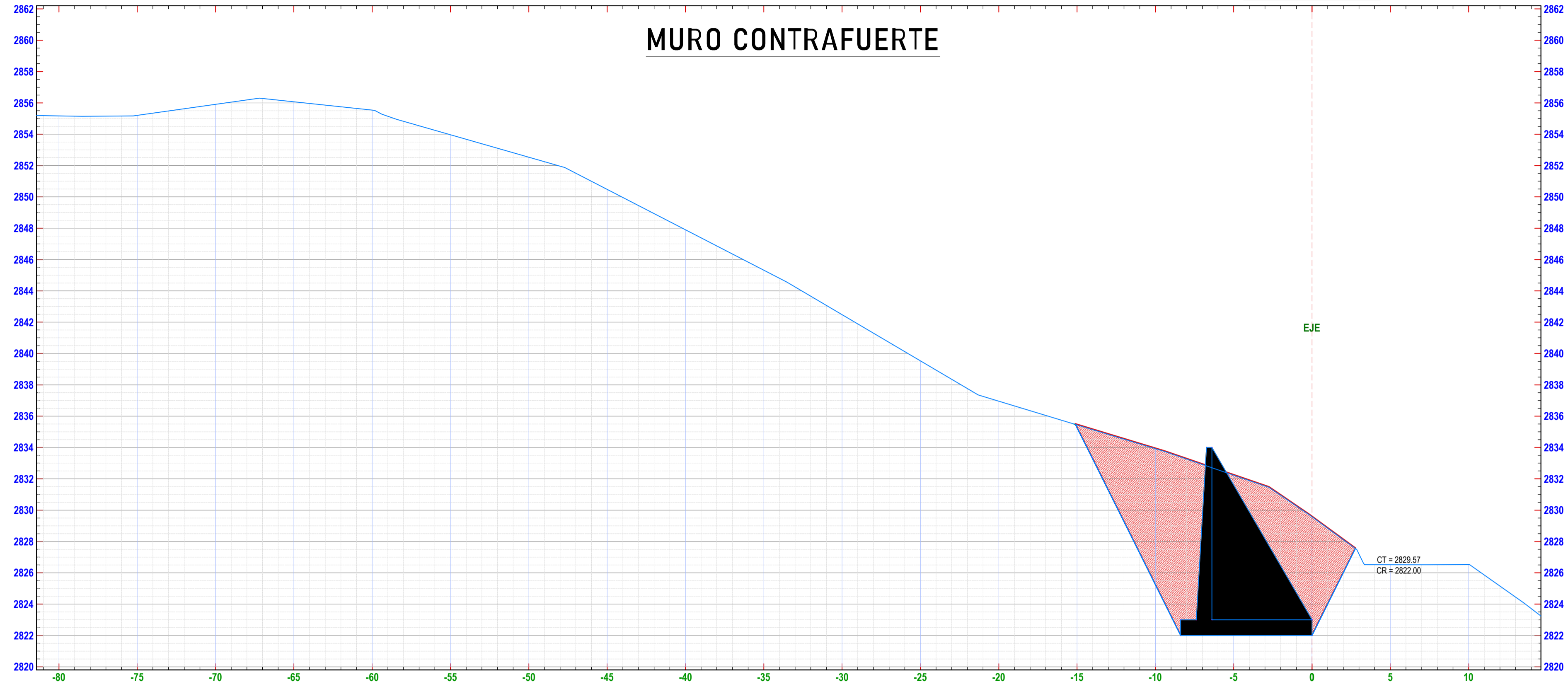
ST- 01

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+040 - 0+60

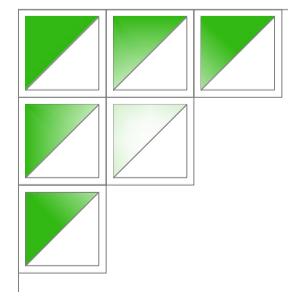
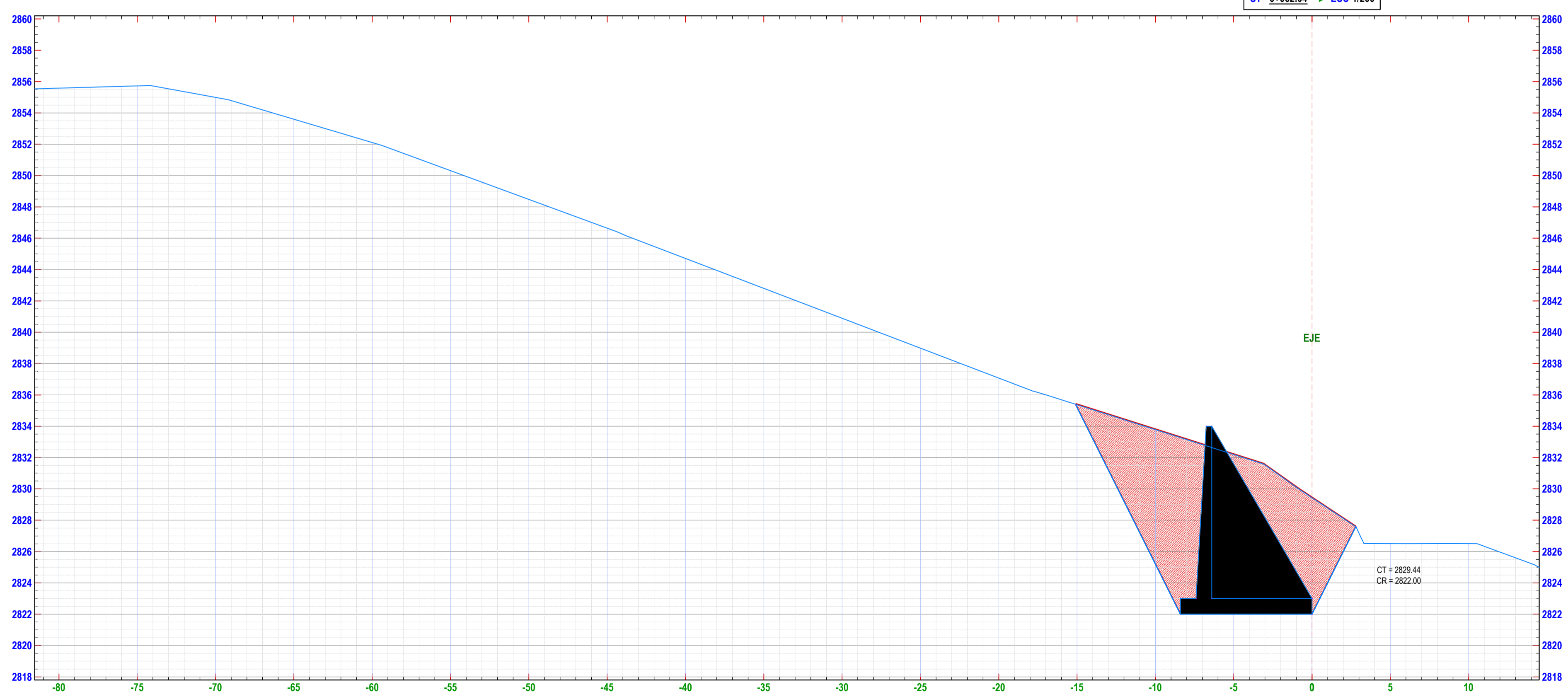
ESCALA 1:200

ST - 0+042.04 → ESC-1/200

MURO CONTRAFUERTE

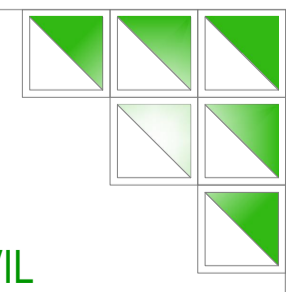


ST - 0+062.04 → ESC-1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

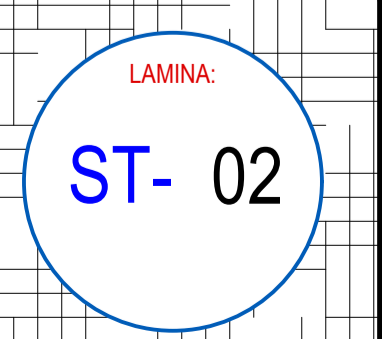
ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+040-0+060

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

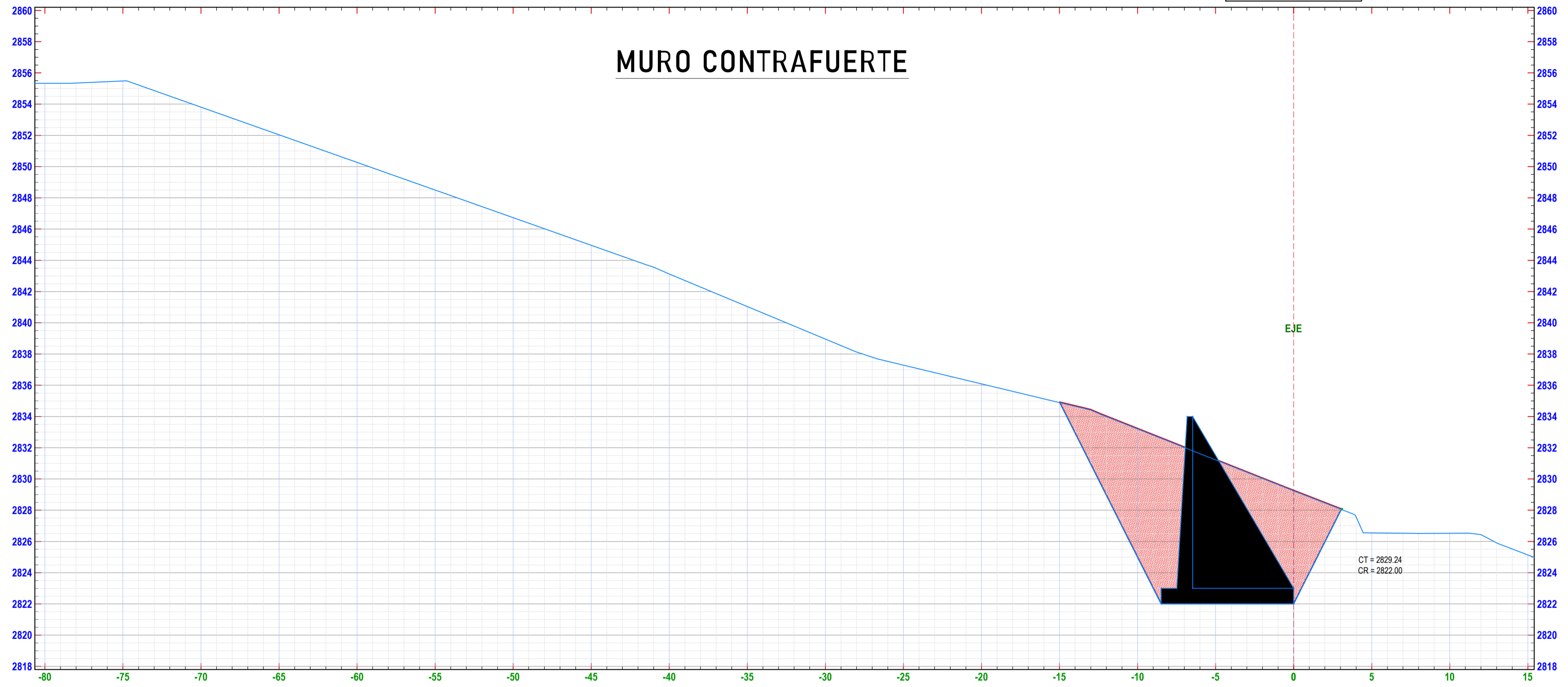
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+080 - 0+100

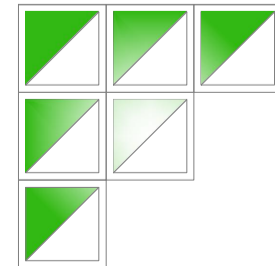
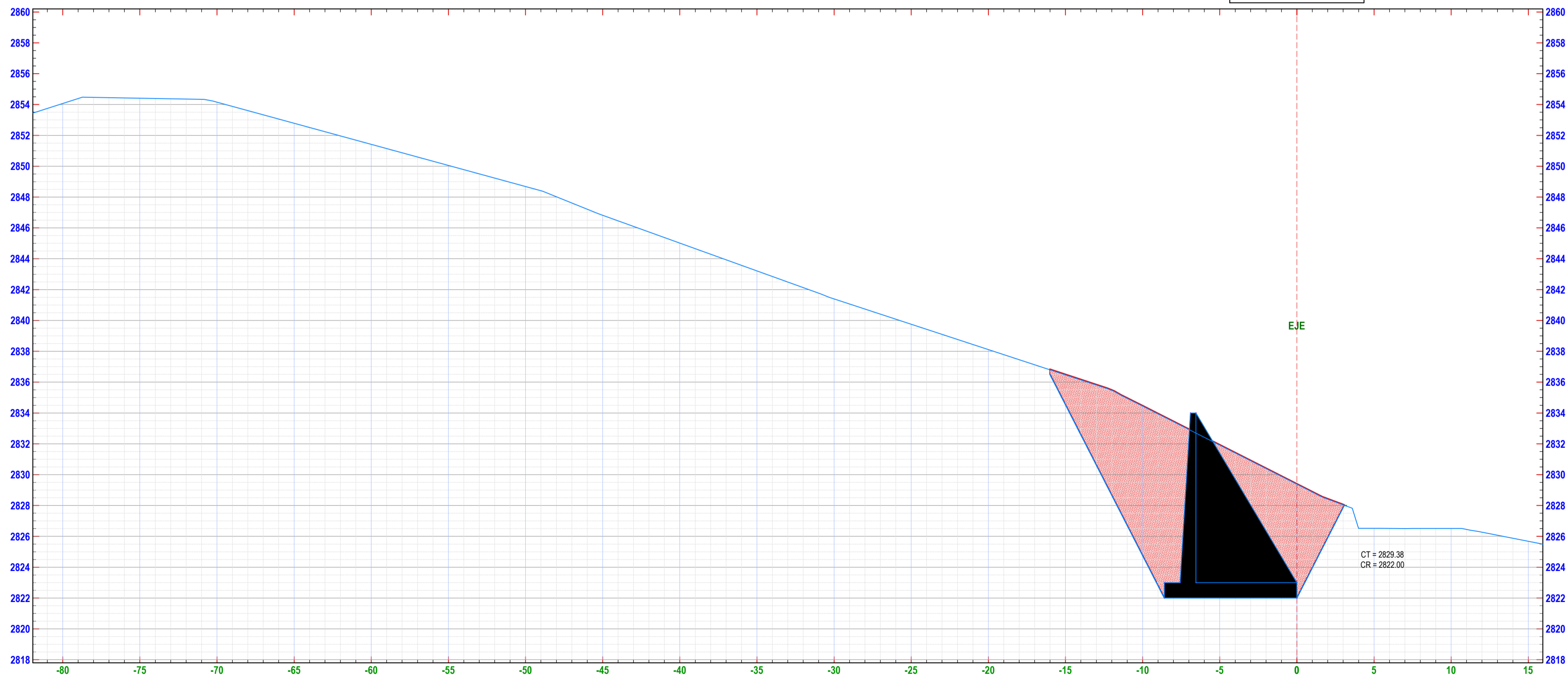
ESCALA 1:200

ST - 0+082.12 → ESC-1/200



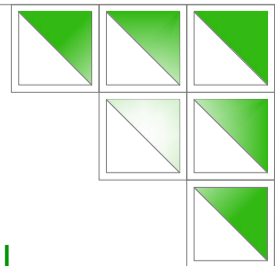
MURO CONTRAFUERTE

ST - 0+102.08 → ESC-1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR:

Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO:

CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:

PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+080-0+100

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200

FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

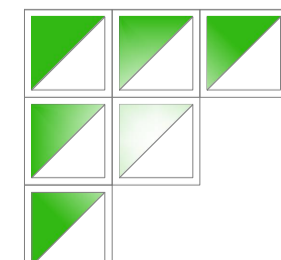
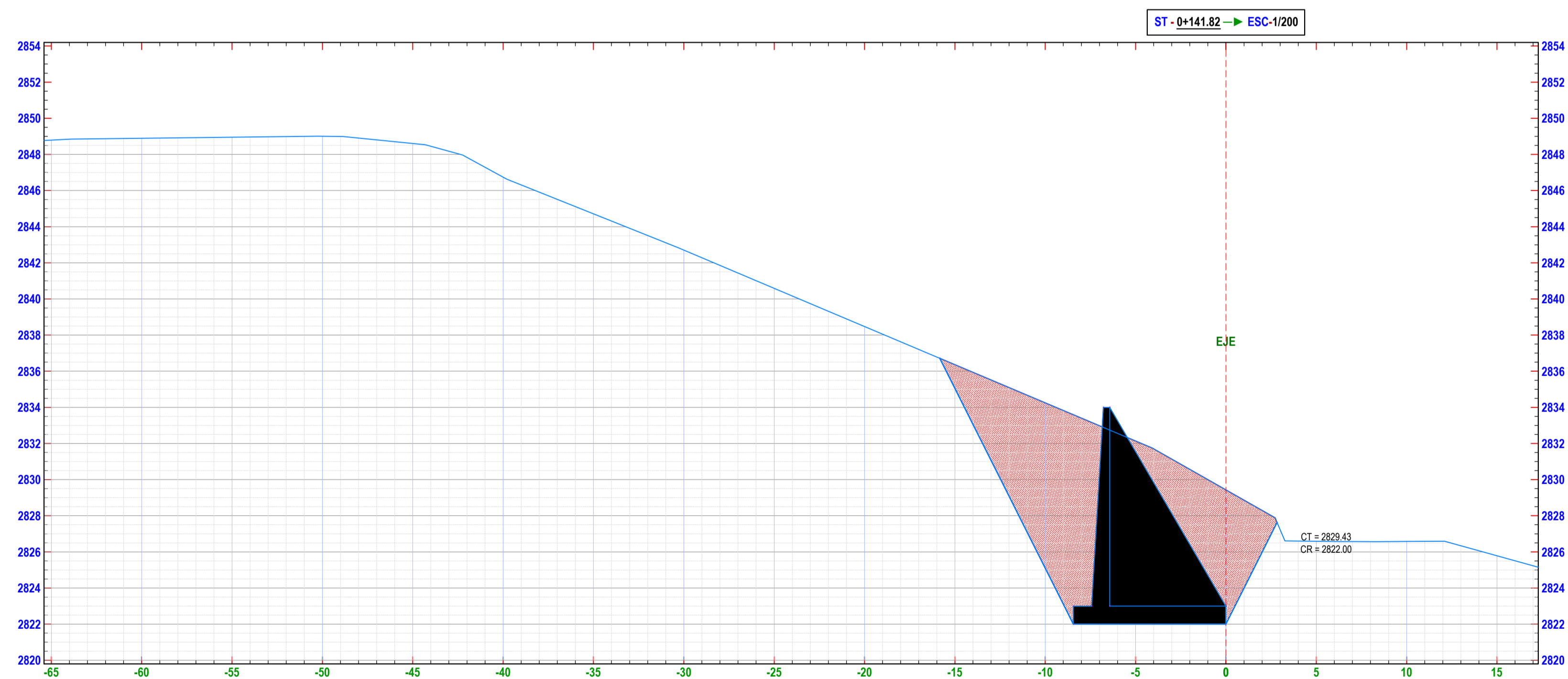
LAMINA:

ST- 03

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+120 - 0+140

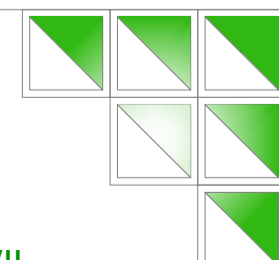
ESCALA 1:200

MURO CONTRAFUERTE



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR:

Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO:

CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

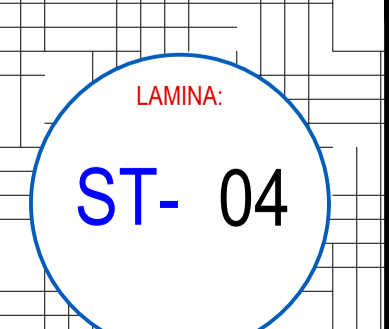
PLANO:

PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+120-0+140

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200

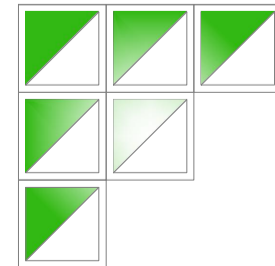
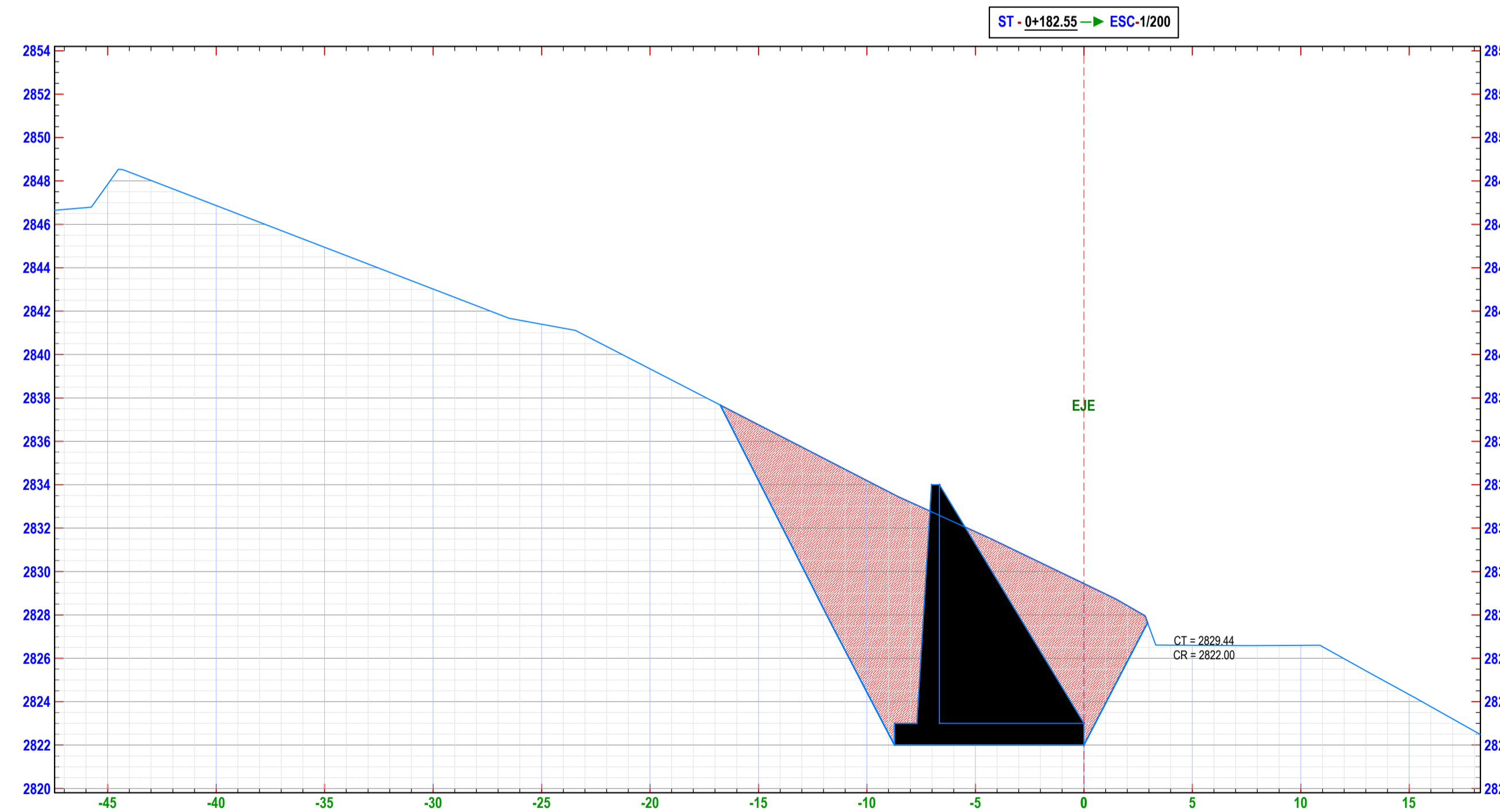
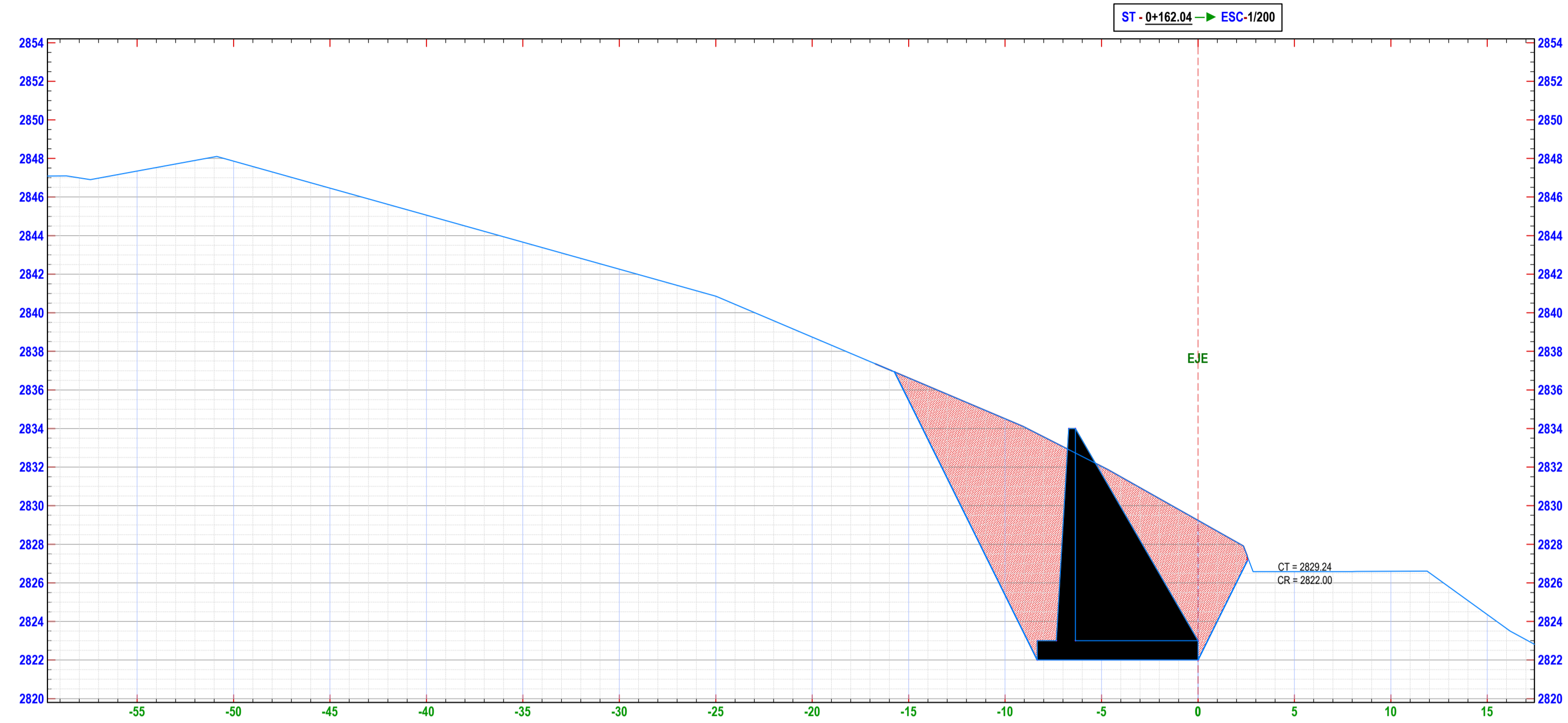
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+160 - 0+180

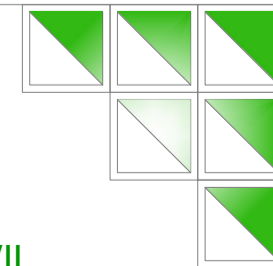
ESCALA 1:200

MURO CONTRAFUERTE



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR:

Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO:

CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:

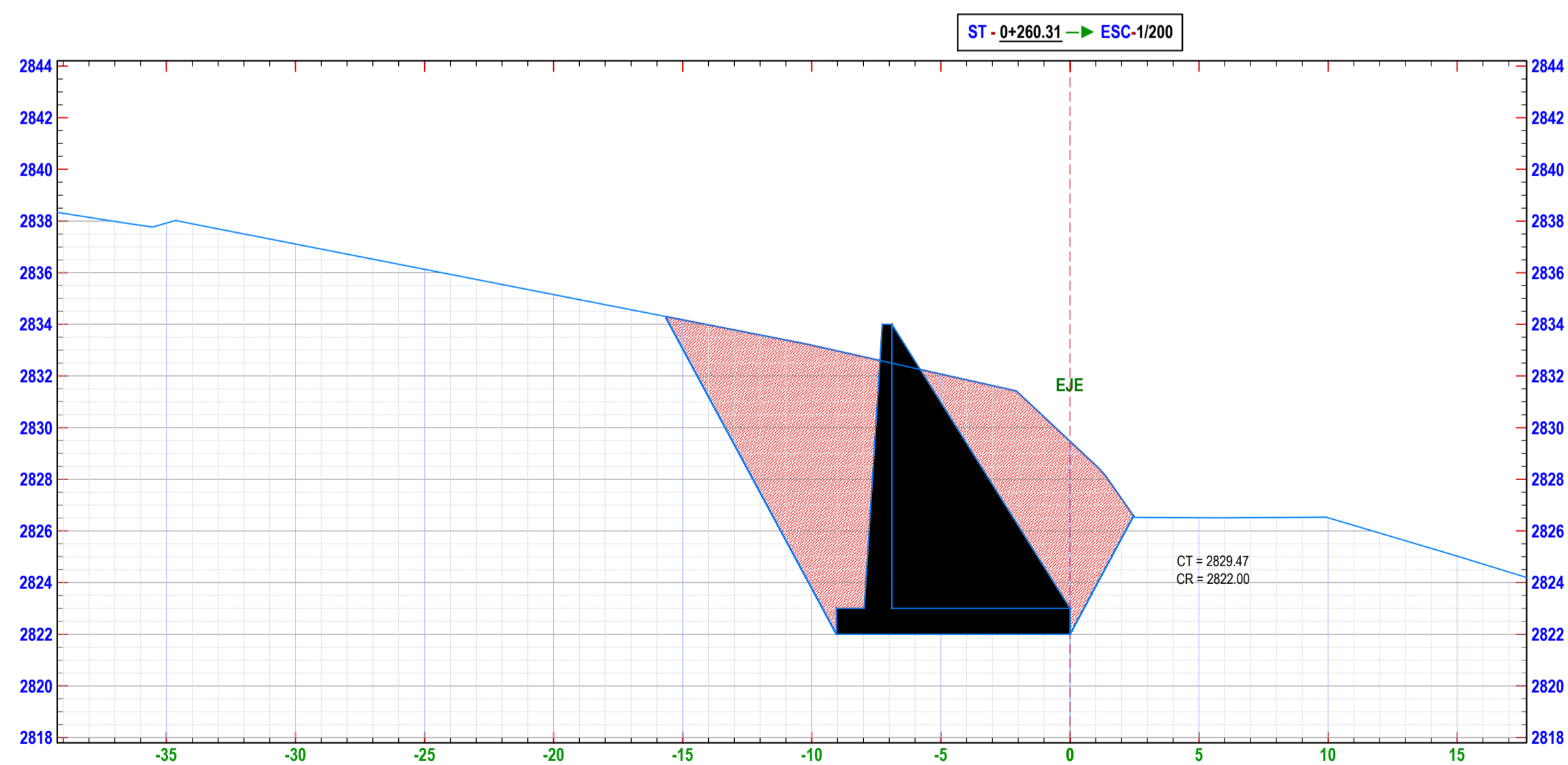
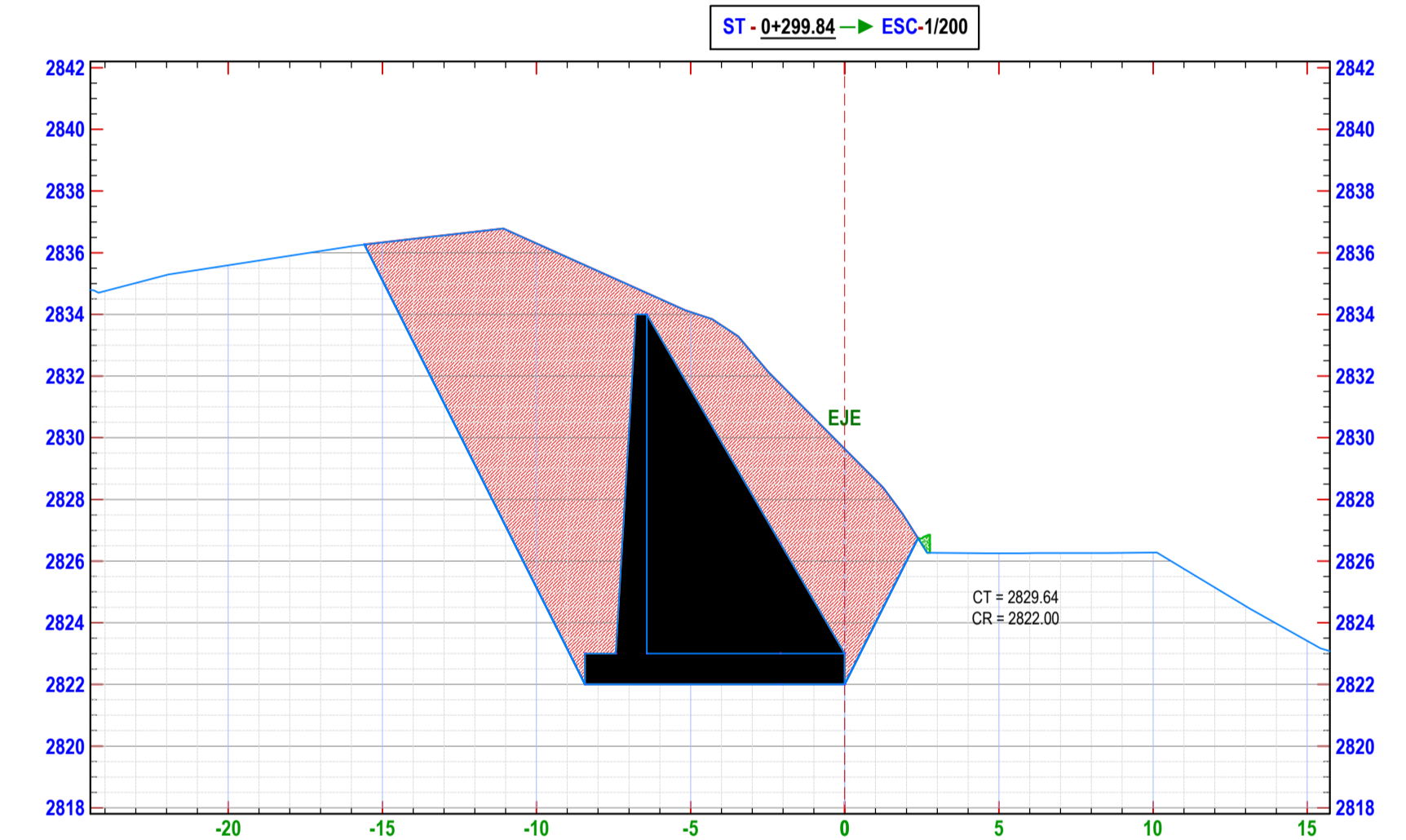
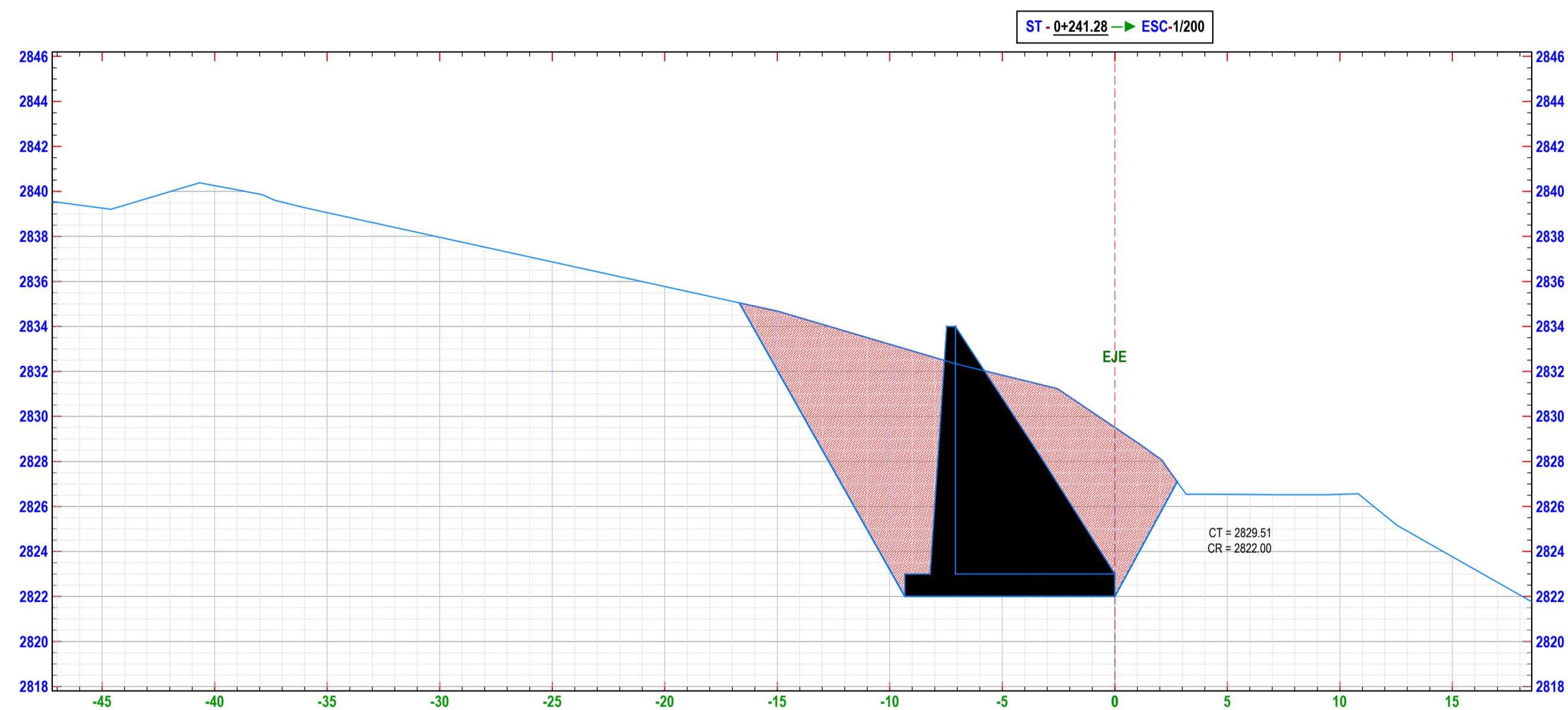
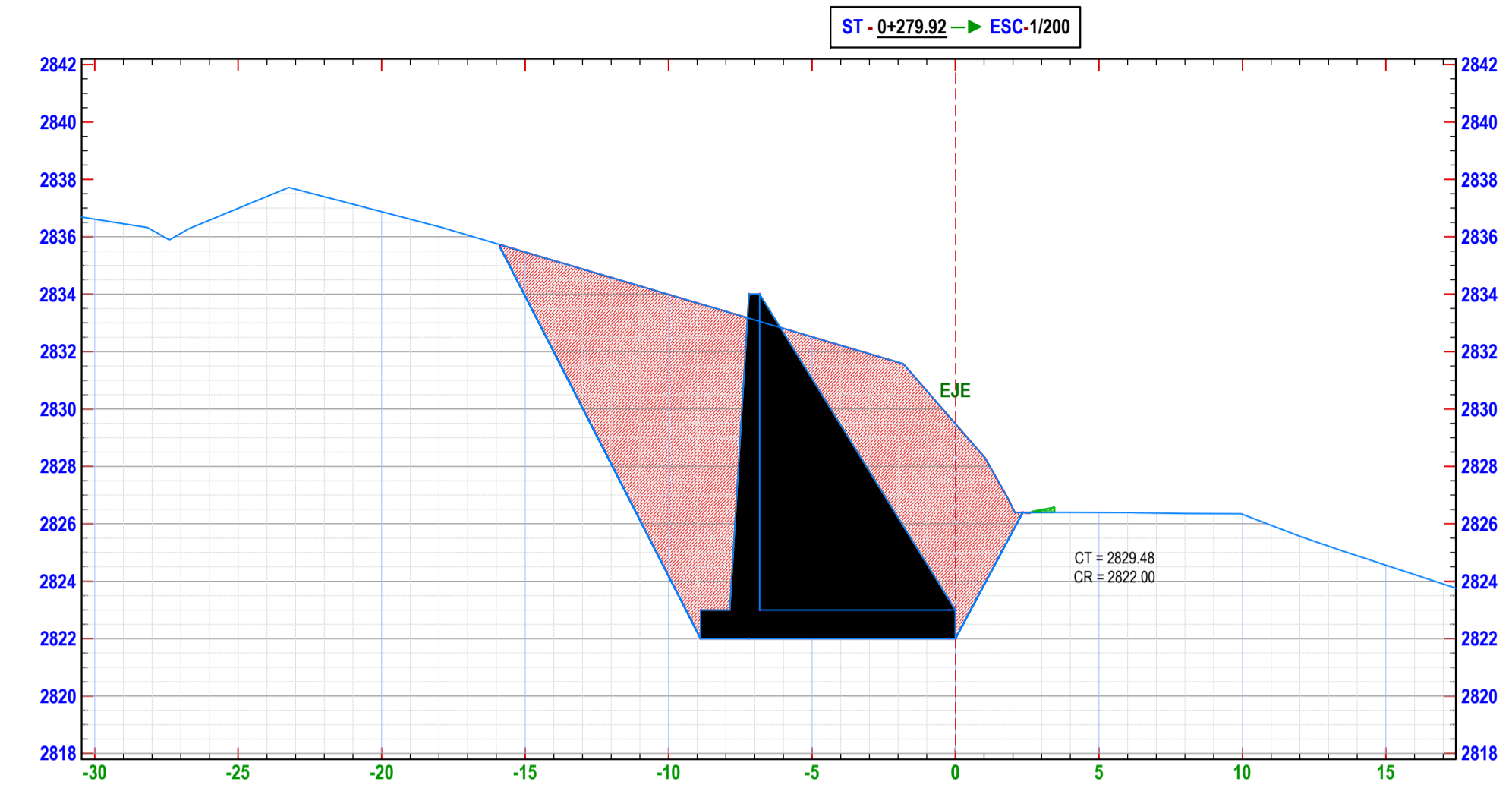
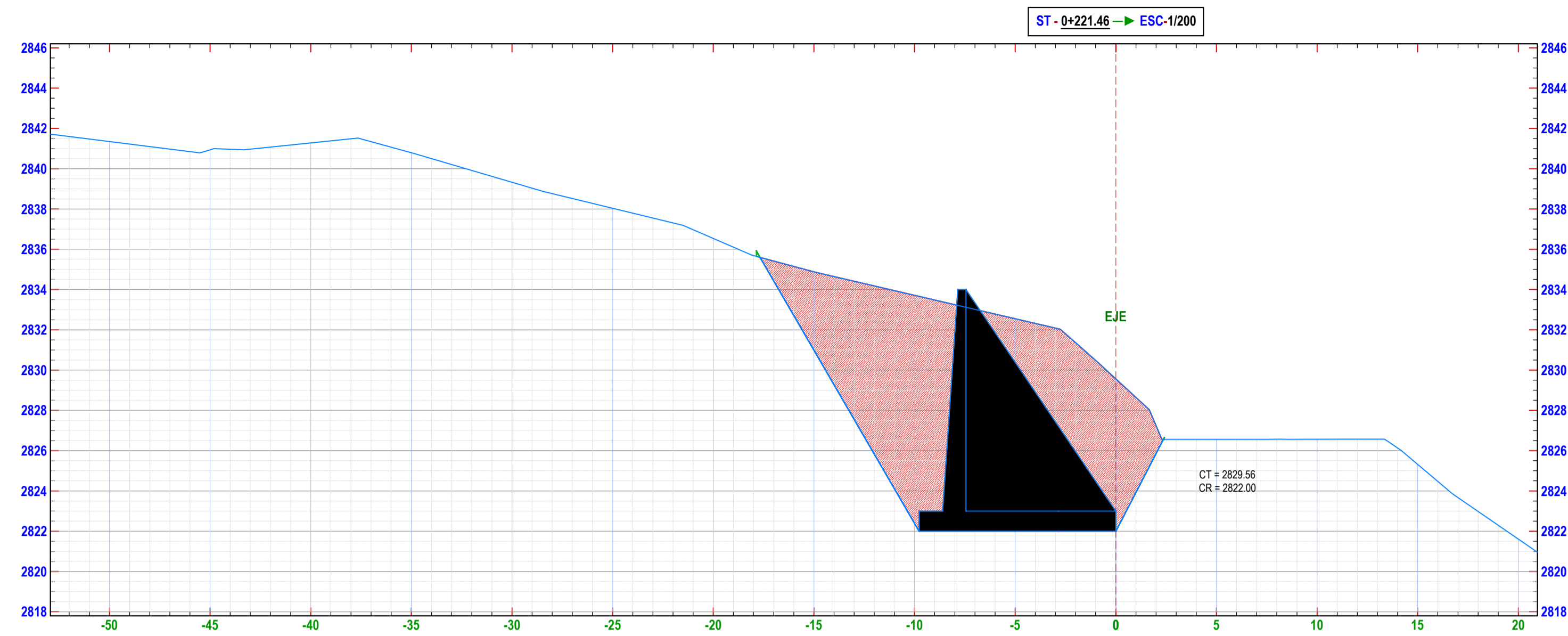
PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+160-0+180

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:

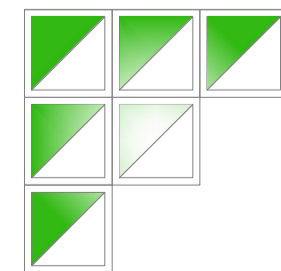
ST- 05



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+220 - 0+300

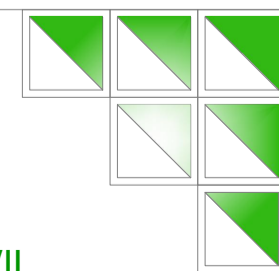
ESCALA 1:200

MURO CONTRAFUERTE



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

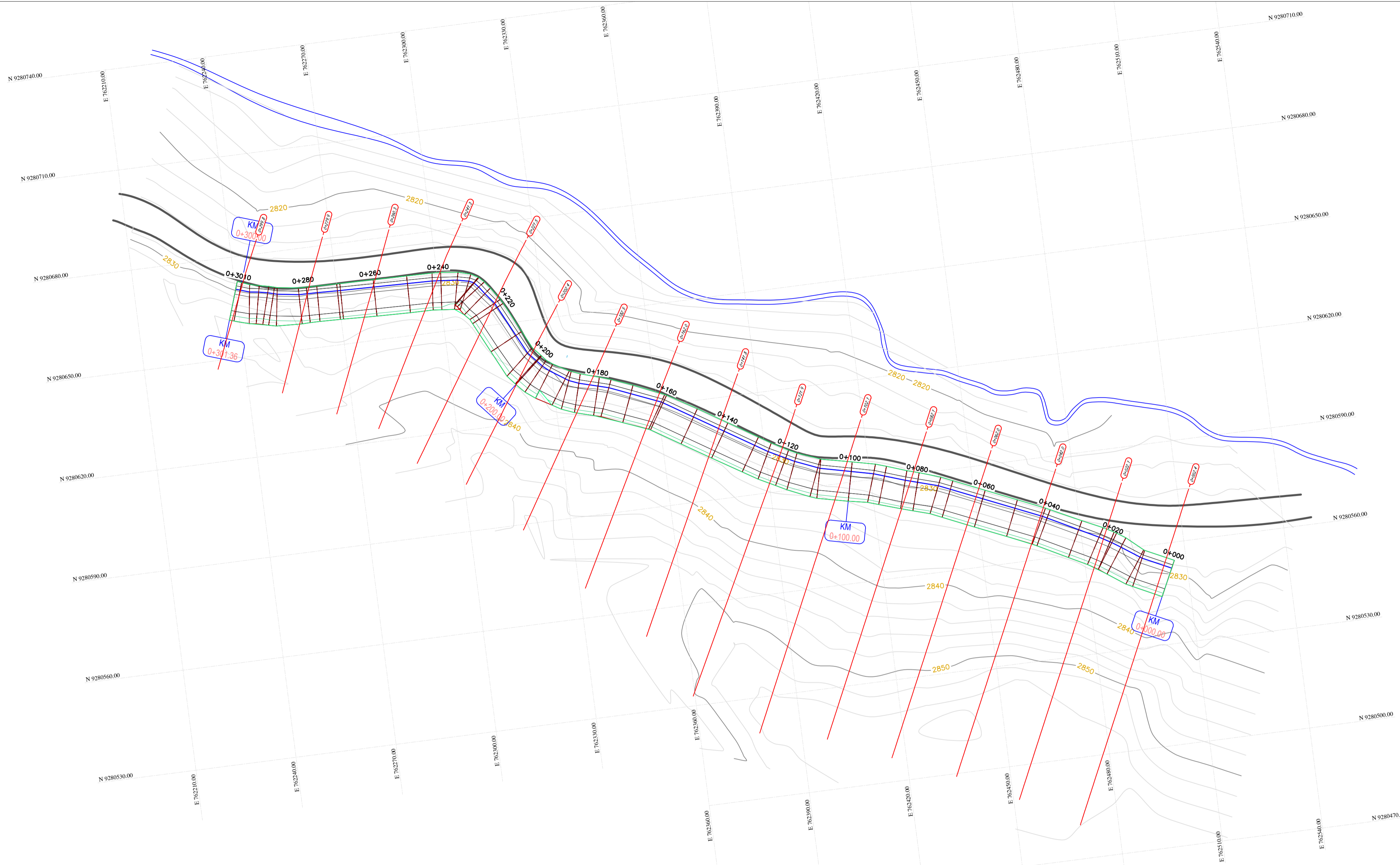
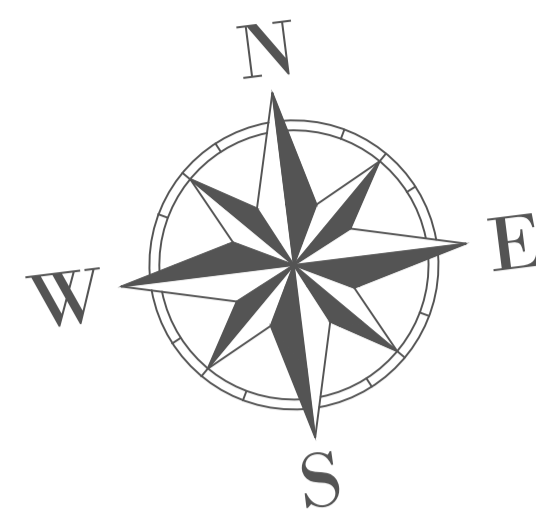
DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+240-0+300

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

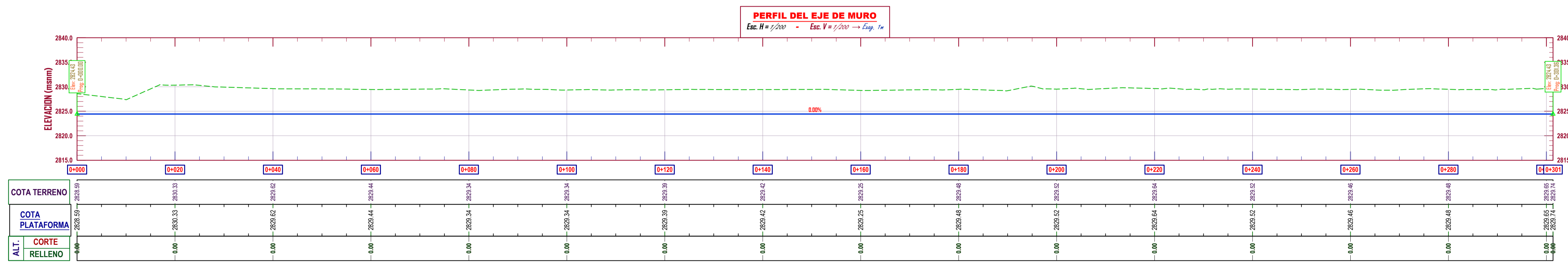
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 06



PLANO EN PLANTA
ESCALA 1:500

LEYENDA	
	Curva Mayor C/5.00m
	Curva Menor C/1.00cm
	Bordes de río
	Bode de Carretera



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:500



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA**
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: **"ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"**

ASESOR: **Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN**

DIBUJO Y DISEÑO: **CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER**

PLANO:
PLANTA Y PERFIL

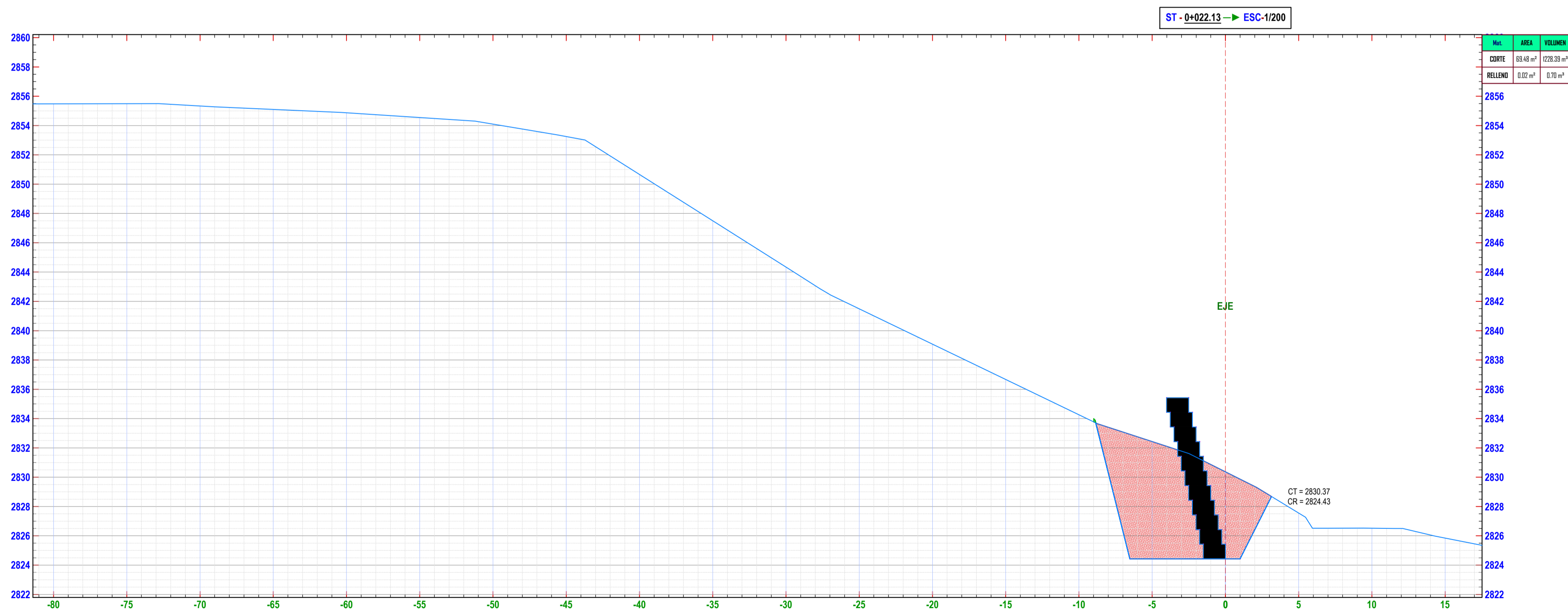
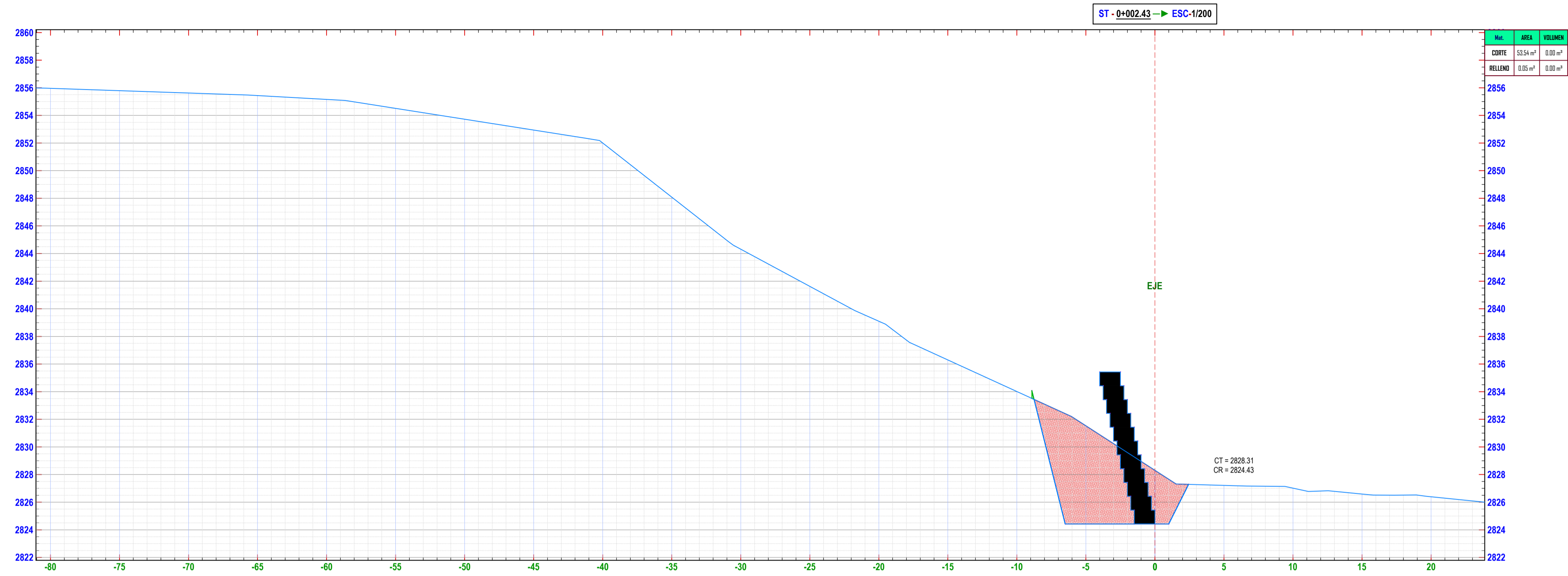
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
PP- 01

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+000 - 0+020

ESCALA 1:200

MURO DE SUELO REFORZADO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+000-0+020

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 01

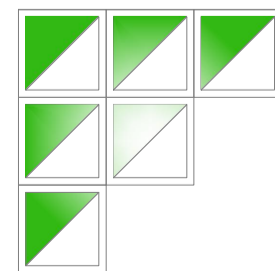
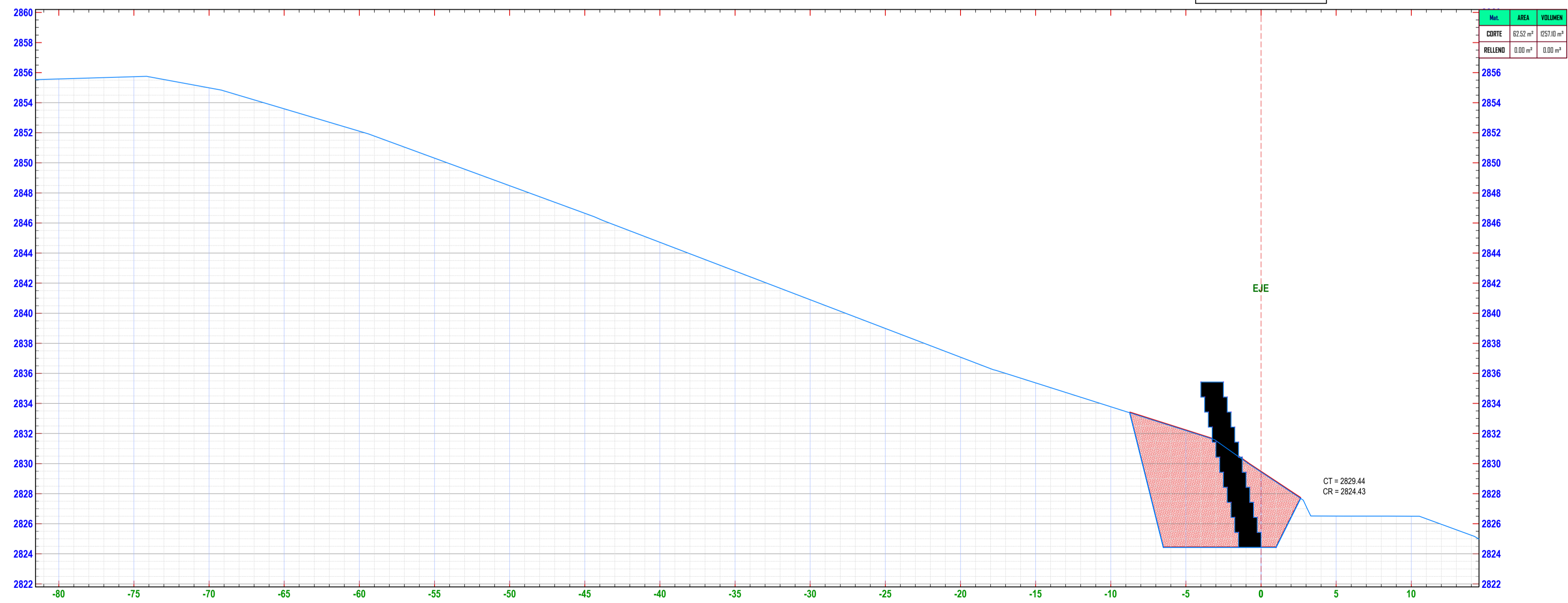
PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+040 - 0+060

ESCALA 1:200

ST - 0+042.04 → ESC-1/200

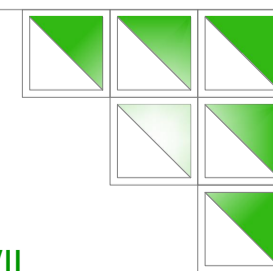


ST - 0+062.04 → ESC-1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO:
PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+040-0+060

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

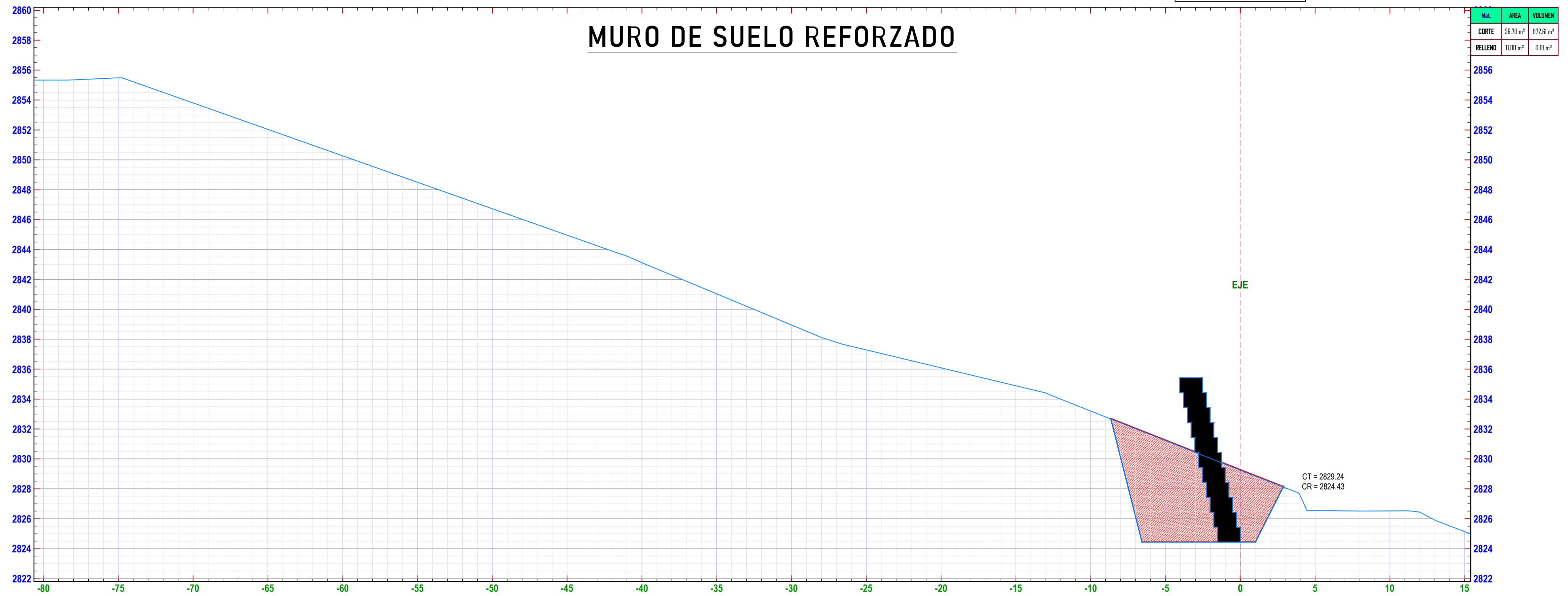
LAMINA:
ST- 02

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+080 - 0+100

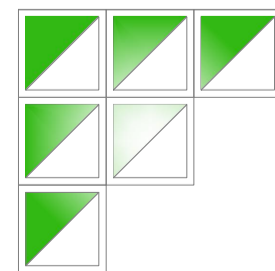
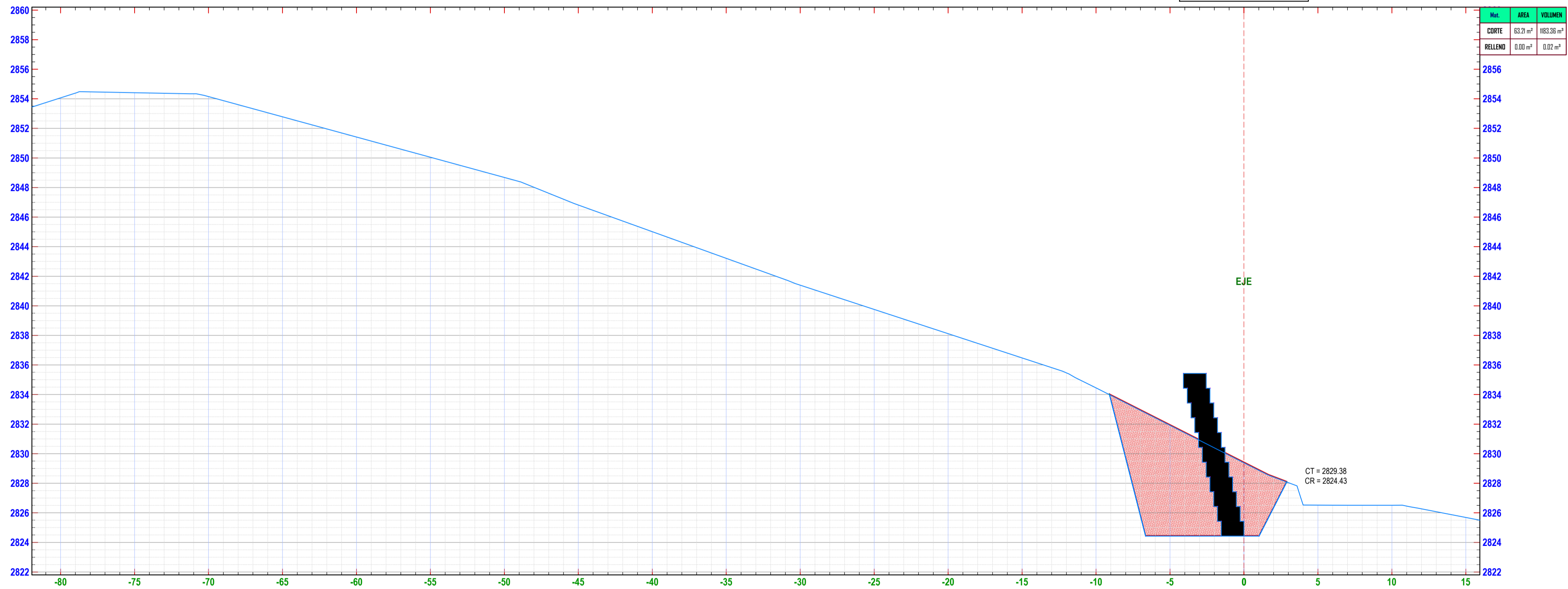
ESCALA 1:200

ST - 0+082.12 → ESC-1/200

MURO DE SUELO REFORZADO

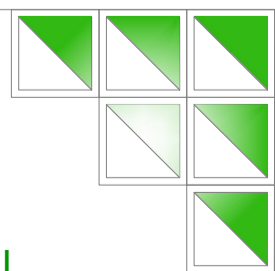


ST - 0+102.08 → ESC-1/200



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

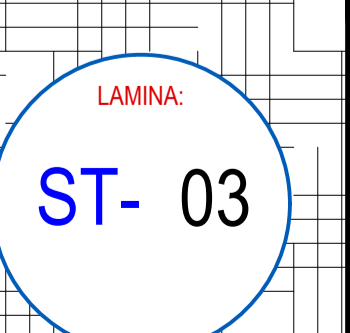
ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+080-0+100

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

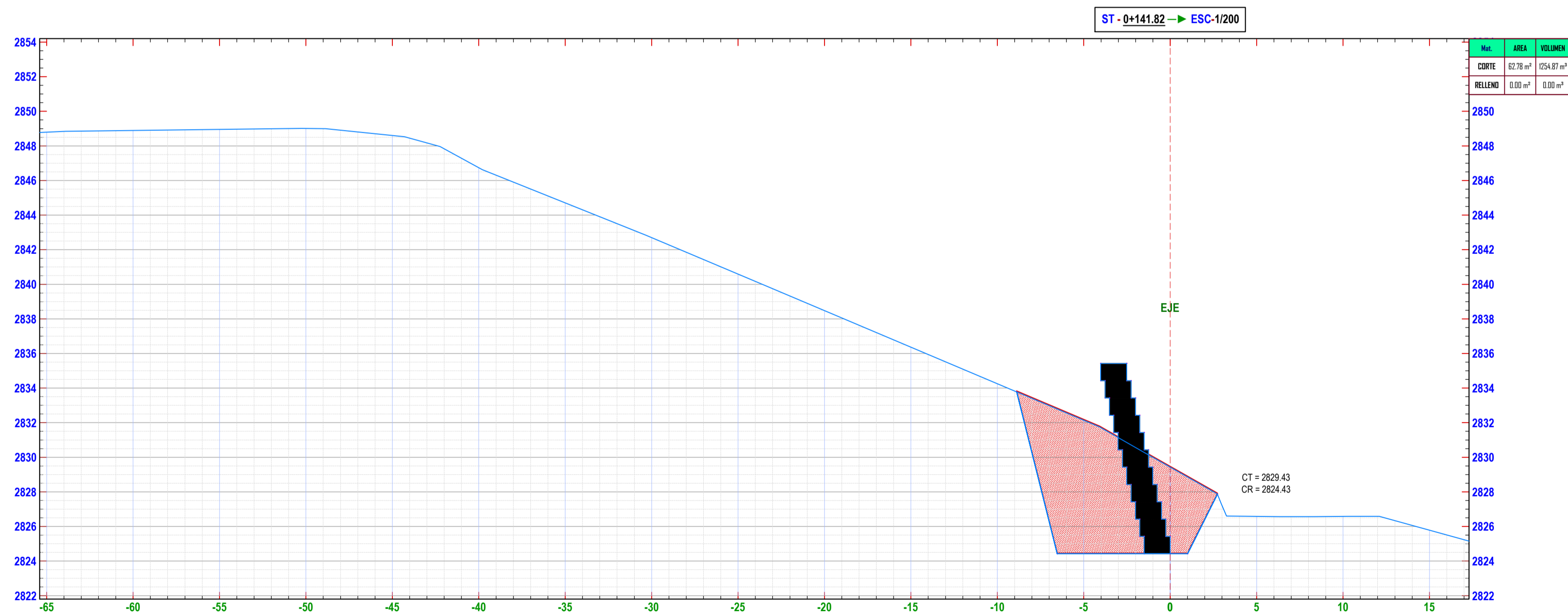
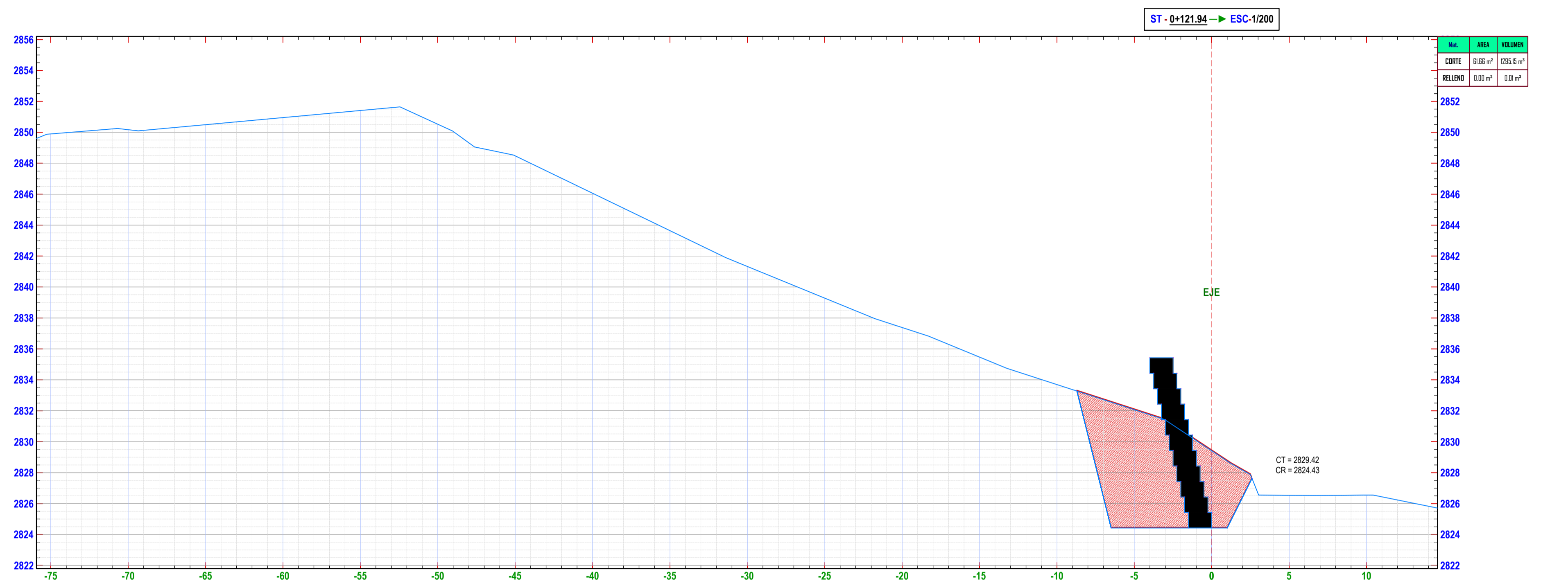
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+120 - 0+140

ESCALA 1:200

MURO DE SUELO REFORZADO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+120-0+140

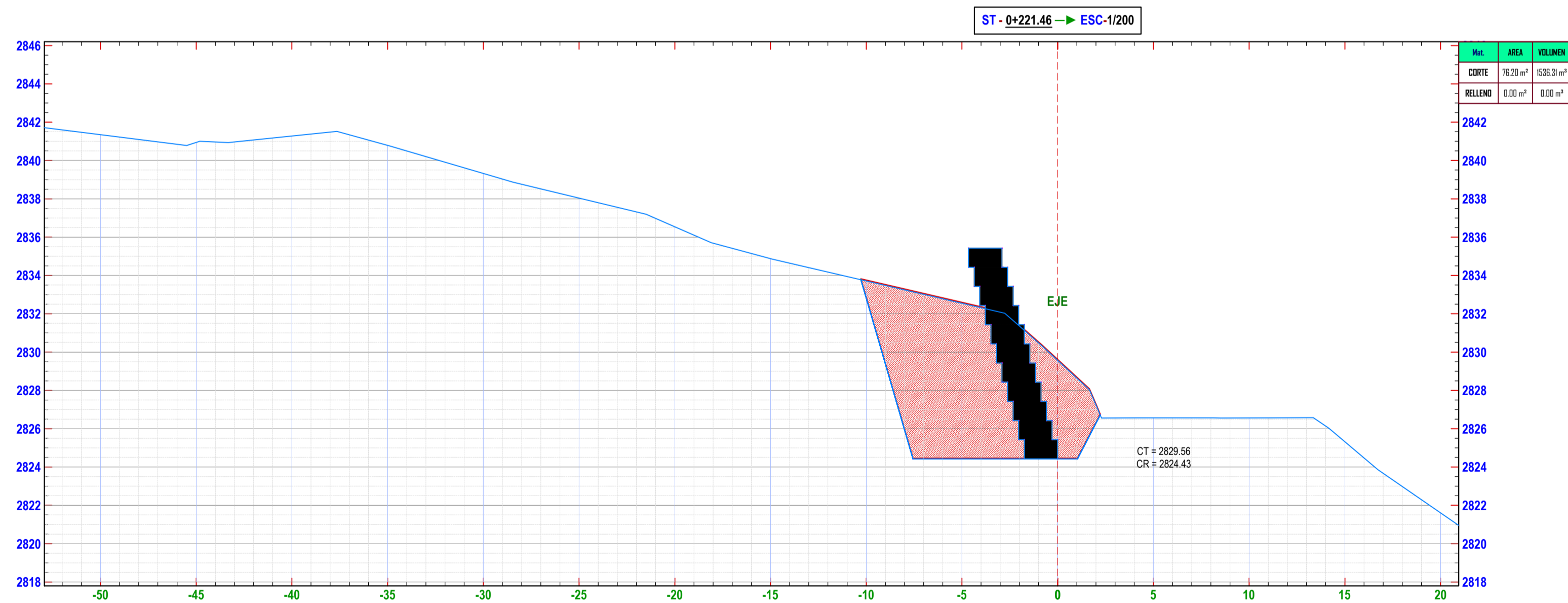
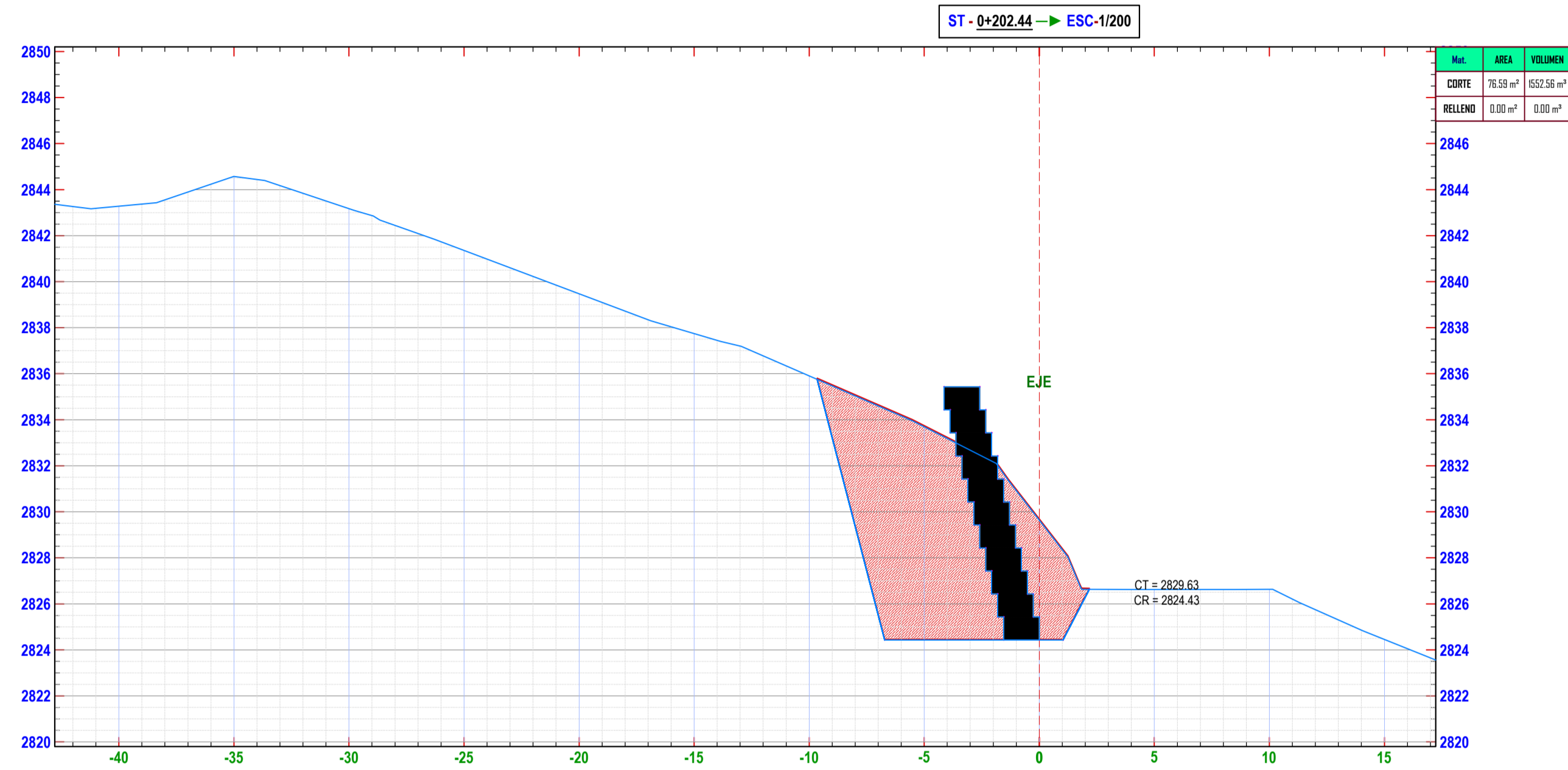
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA
ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 04

PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+200 - 0+220

ESCALA 1:200

MURO DE SUELO REFORZADO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

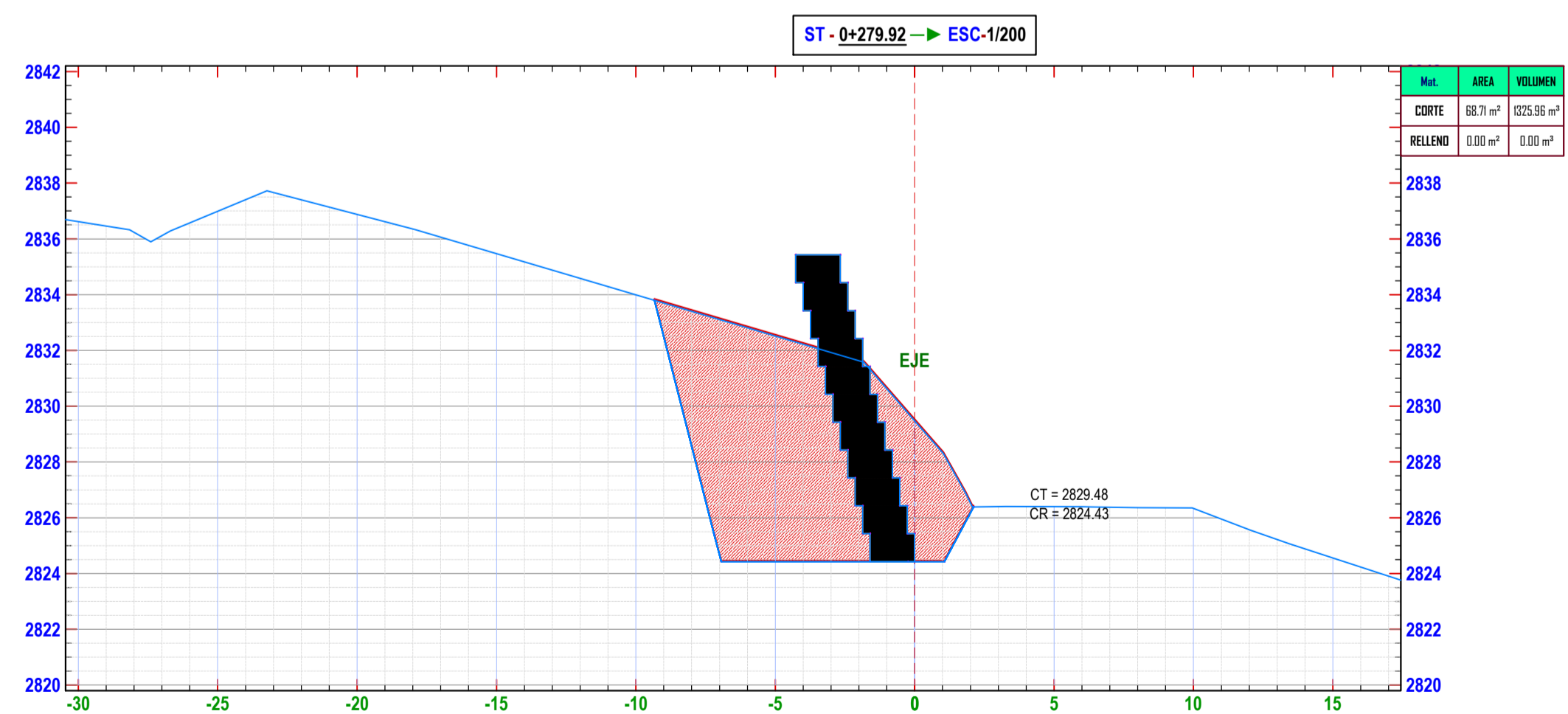
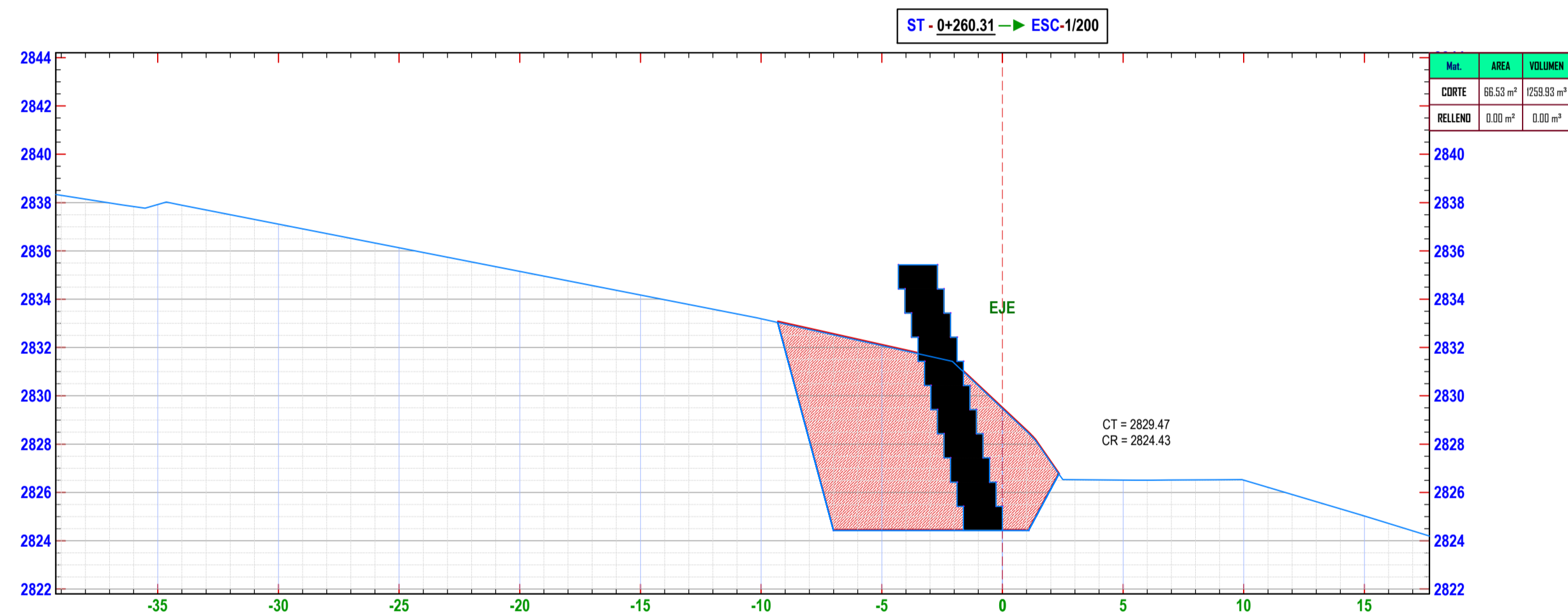
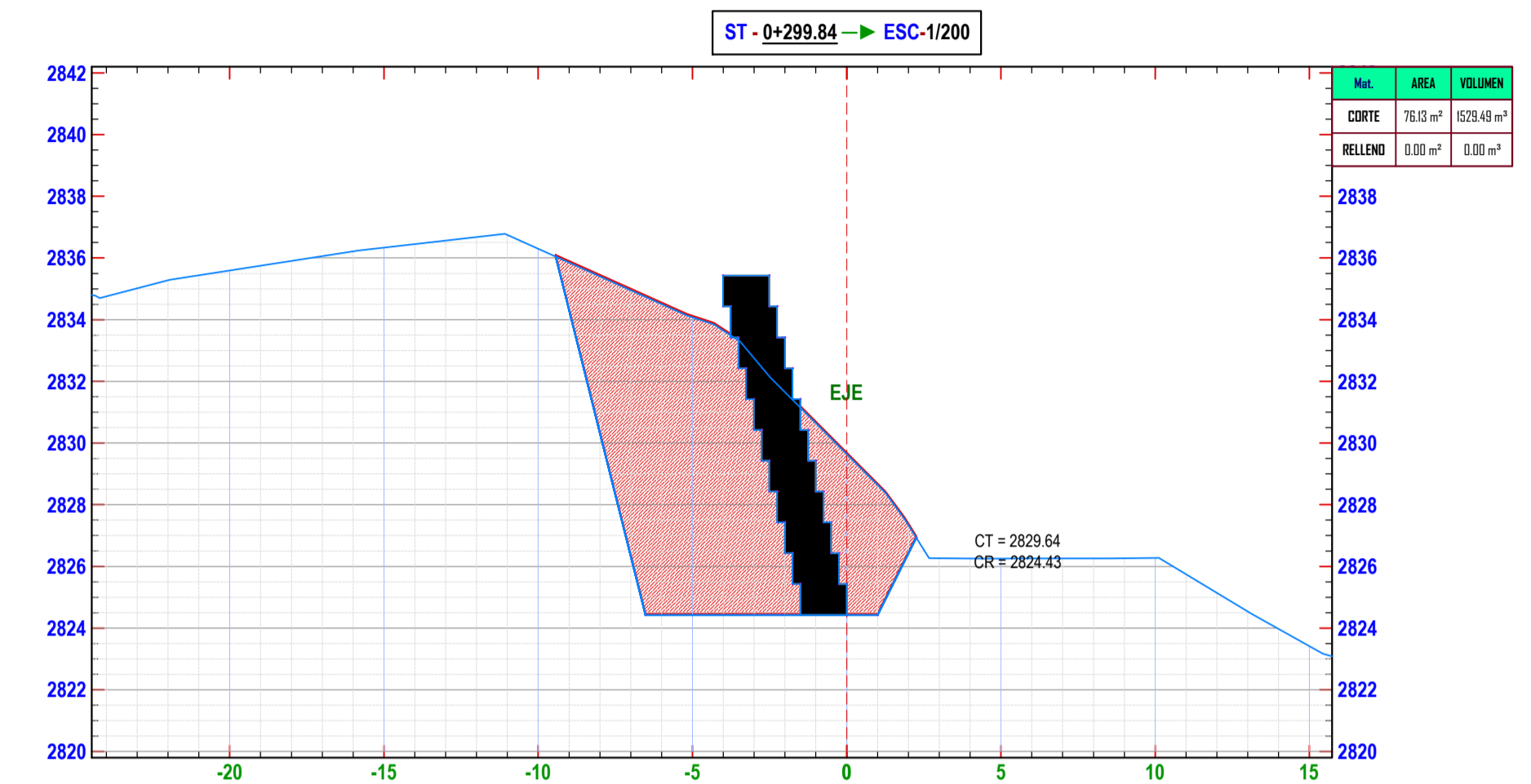
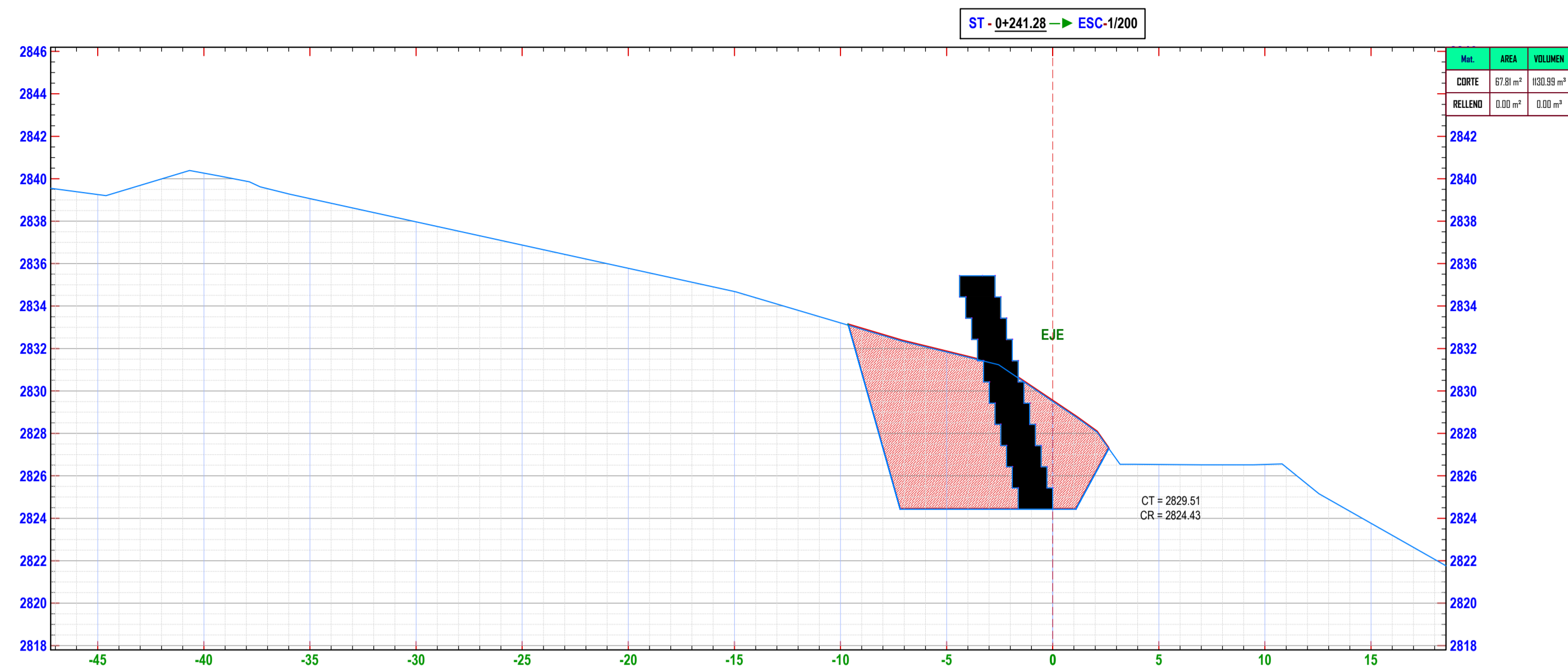
DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+200-0+220

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 06



PLANO DE SECCIONES TRASVERSALES KM 0+240 - 0+300

ESCALA 1:200

MURO DE SUELO REFORZADO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE CHOTA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ESTRATEGIAS DE CONTROL DE DESLIZAMIENTO PARA ESTABILIDAD DEL TALUD LLARILLACO EN LA CARRETERA CHOTA - LA PALMA, PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR: Mg. Ing. LUIS FERNANDO ROMERO CHUQUILÍN

DIBUJO Y DISEÑO: CHÁVEZ MEDINA ISRAEL
ROJAS NUÑEZ ROIMER

PLANO: PERFIL Y SECCIONES
TRANSVERSALES 0+240-0+300

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: 1/200
FECHA: CHOTA, AGOSTO DEL 2023

LAMINA:
ST- 07