

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“ESTUDIO DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DEL SECTOR km 234+345 –
km 234+380 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA
NORTE”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

STIVENS ARTURO SANABRIA SOSA

ASESOR

MSc. LUIS GONZALES HIJAR

LIMA- PERÚ

2017

© 2017, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Trabajo de Suficiencia Profesional
en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**
Sanabria Sosa, Stivens Arturo
sstivens@gmail.com
971810565

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
PROLOGO.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS.....	11
LISTA DE CUADROS.....	11
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	14
2.1 ANTECEDENTES	14
2.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	15
2.3 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
2.4 OBJETIVO DEL ESTUDIO	16
2.5 METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	16
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	18
3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA	18
3.1.1 Flujo.....	18
3.1.2 Desprendimiento.....	18
3.1.3 Movimientos complejos.....	19
3.1.4 Derivas o extensiones laterales	19
3.1.5 Deslizamientos	19
3.2 METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS.....	23
3.2.1 Equilibrio límite	23
3.2.2 Métodos de Equilibrio Límite.....	26
3.2.3 Método de los Elementos Finitos	30
3.2.4 Método de Elementos Discretos	32
3.2.5 Métodos de Análisis Límite	34
CAPÍTULO IV. ESTUDIOS DEL SECTOR	36
4.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y DISEÑO GEOMÉTRICO	36
4.1.1 Generalidades	36
4.1.2 Definición de las áreas levantadas.....	36

4.1.3	Procesamiento de datos y planos	37
4.1.4	Presentación de los trabajos	37
4.1.5	Diseño geométrico	37
4.2	ESTUDIO HIDROLÓGICO	39
4.2.1	Información utilizada	39
4.2.2	Análisis de la información	40
4.3	ESTUDIO GEOLÓGICO	48
4.3.1	Geología regional.....	48
4.3.2	Geomorfología	48
4.3.3	Estratigrafía	49
4.3.4	Geología local del Sector	50
4.3.5	Litoestratigrafía local del Sector	51
4.3.6	Geodinámica del Sector.....	52
4.4	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	53
4.4.1	Investigaciones geotécnicas de campo.....	53
4.4.2	Ensayos de laboratorio	54
4.4.3	Análisis químico del suelo de cimentación	55
4.4.4	Ensayos de refracción sísmica.....	56
4.4.5	Sismicidad	58
4.5	ESTUDIO DE SUELOS, CANTERAS, DME Y FUENTES DE AGUA	59
4.5.1	Canteras	59
4.5.2	Depósito de material excedente (DME).....	60
4.5.3	Fuentes de agua.....	60
CAPÍTULO V. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS EN EL SECTOR.....		
5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	61
5.2	CONDICIONES ACTUALES DEL SECTOR	61
5.3	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA	68
5.3.1	Descripción geotécnica.....	68

5.3.2	Parámetros de resistencia del suelo	69
5.3.3	Análisis de estabilidad en el sector	70
5.4	EVALUACIÓN HIDRÁULICA	75
5.4.1	Análisis de infiltración en situación actual	75
CAPÍTULO VI.	ESTUDIO DE LA SOLUCIONES	79
6.1	INTRODUCCIÓN.....	79
6.2	DESCRIPCIÓN DE OBRAS PROPUESTAS	80
6.2.1	Reconformación de la plataforma (terraplén) km 234+330 al km 234+370	80
6.2.2	Bordillo de descarga exterior km 234+310 al km 234+390.	81
6.2.3	Descarga a la salida de la alcantarilla km 234+307.50.....	82
6.2.4	Reposición de cunetas y paños fallados km 234+325 al km 234+380	83
6.2.5	Perfilado y desquinche del talud superior y eliminación del material removido. km 234+325 al km 234+380.....	83
6.2.6	Demolición y reposición de estructura del pavimento em zonas afectadas por las obras proyectadas km 234+320 al km 234+390.	84
6.2.7	Barreras de Seguridad km 234+310 al km 234+400.	85
6.2.8	Subdrenaje en el talud superior e inferior.....	86
CAPÍTULO VII.	SUGERENCIAS POST CONSTRUCCIÓN.....	88
CAPÍTULO VIII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS.....	93

RESUMEN

La Carretera Interoceánica Norte Perú – Brasil es un eje de conexión vial entre Perú y Brasil. Esta vía forma parte de la Iniciativa de Integración Regional Sudamericana (IIRSA). Este proyecto brindará una mejor interconexión entre los países, entre ellos nuevas alternativas para canalizar el comercio. Para el Perú habilitará un acceso directo a los mercados del occidente brasileño, así como una nueva ruta hacia el África y Europa. La Carretera Interoceánica Norte (o IIRSA Norte), en el Perú está dividida en 6 tramos los cuales unen el puerto marítimo de Paita con el puerto fluvial de Yurimaguas, en un trayecto de 955 km que atraviesa seis departamentos: Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto. Las intensas lluvias ocurridas cada año (meses de diciembre a marzo), afectan los tramos de la vía IIRSA NORTE, especialmente en algunos sectores en los cuales presentan inestabilidad y pérdidas de las obras existentes. El sector en estudio se encuentra en el Tramo 4: Corral Quemado – Olmos entre el km 234+345 - km 234+380, el que fue afectado por las lluvias que causaron la inestabilidad del talud superior e inferior, asentamiento de la plataforma, fisuras en la carpeta asfáltica y pérdida de algunas obras de drenaje de aguas superficiales y subsuperficiales, tales como alcantarillas, cunetas, dren francés y obras de sostenimiento. Para el análisis de la situación actual del sector se realizó un modelamiento computacional de estabilidad, con la geometría y los parámetros actuales. Para la rehabilitación del sector afectado el consorcio IIRSA NORTE encargó a la empresa NAYLAMP Ingenieros, la elaboración del estudio a detalle, la cual realizó los estudios básicos de campo del sector como: reconocimientos de campo, estudios geológicos, geotécnicos e hidráulicos, así como ensayos de laboratorio y refracción sísmica para determinar los parámetros de los materiales y estratigrafía del sector. Se proyectaron y diseñaron las obras que deben ejecutarse los cuales permitirán asegurar la estabilidad del sector ante la ocurrencia de los fenómenos naturales, asegurando la transitabilidad y normal pasó vehicular durante toda la época del año.

ABSTRACT

The north interoceanic road Peru - Brazil is an axis of road connection between Peru and Brazil. This route is part of the South American Regional Integration Initiative (IIRSA). This project will provide better interconnection between countries, including new alternatives to business. For Peru, it will provide direct access to markets of western Brazil, as a new route to Africa and Europe. The North Interoceanic (or IIRSA North) in Peru is divided into 6 sections, which link the maritime port of Paita with the fluvial port of Yurimaguas, on a 955-kilometer route through six departments: Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, San Martín and Loreto. The intense rains that occur each year (December to March) affect the sections of the IIRSA NORTE road, especially in some sectors where there is instability and loss of existing works. The sector study is located in Section 4: Corral Quemado - Olmos between Km 234 + 345 - Km 234 + 380, which was affected by the rains that caused the instability of the upper and lower slope, settlement of the platform, fissures in asphalt and some drainage loss works of surface and subsurface water, such as culverts, ditches, drainage and maintenance works. A computational modeling of stability was carried out, with the geometry and the current parameters for the analysis of the current situation of the sector. For the rehabilitation of the affected sector, basic field studies were carried out, such as field surveys, geological, geotechnical and hydraulic studies, as well as laboratory tests and seismic refraction to determine the parameters of the materials and stratigraphy. Projects were designed to be implemented which will ensure the stability of the sector before the occurrence of natural phenomena, ensuring the transitivity and normal vehicular pass all year round.

PRÓLOGO

El presente informe de trabajo de suficiencia profesional aborda el tema de estudio de los problemas geotécnicos que se encuentra en el Tramo III de la concesión vial IIRSA NORTE entre Corral Quemado (km 194+688) – Rioja (km 470+229), que se encuentra ubicado entre los Departamentos de Amazonas y San Martín respectivamente. La estabilidad de los taludes es un problema que hasta la actualidad vienen afectando al normal tránsito de alguna de nuestras vías, para poder estabilizar se realizan diversos análisis y estudios para poder detectar los factores causantes de la inestabilidad y plantear las obras para el control del problema y obras de remediación.

El presente trabajo fue articulado en 8 capítulos.

En el primer y segundo capítulo se presentan la introducción y el objetivo del estudio que fue identificar las causas que originaron los problemas en el sector, como los fenómenos geodinámica externa, condiciones hidráulicas y geotécnicas para recomendar y diseñar las obras que deben ejecutarse para rehabilitar y el normal funcionamiento del sector.

En el tercer capítulo se presentan la parte del marco teórico.

En el cuarto capítulo se presentan los estudios realizados en el sector. De acuerdo con las condiciones hidráulicas, topográficas y geotécnicas del sector de la vía afectada, ha sido evaluado y clasificado con riesgo Muy Alto.

En el quinto capítulo se realiza el análisis de los problemas del tramo en estudio km 234+345 al km 234+380, el que presenta problemas de inestabilidad en el talud superior e inferior, mostrando hundimiento de la plataforma en el carril interno, contiguo al talud superior y empuje lateral del talud superior sobre la cuneta, el cual es indicativa de flujo sub superficial que debe ser crítico en temporada de fuertes precipitaciones (meses de diciembre a marzo) y el tipo de suelo, lo que ha originado la desestabilización de los taludes.

En el sexto capítulo se proyectaron obras para el control del problema como Bordillo de descarga exterior, descarga a la salida de la alcantarilla km 234+307.50 y Subdrenaje en el talud superior e inferior, y obras de remediación, para habilitar el normal tránsito. Como demolición y reposición de estructura del pavimento en zonas afectadas, barreras de Seguridad, reconformación de la plataforma (terraplén con dren), perfilado y desquinche del talud superior y Reposición de cunetas y paños fallados.

En el séptimo capítulo se dan sugerencias para evaluación post construcción de los estudios, en el octavo las conclusiones y recomendaciones del estudio.

El Asesor

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Ubicación de la Zona de Estudio.....	15
Figura 3.1: Geometría del deslizamiento.	20
Figura 3.2: Deslizamiento rotacional.	20
Figura 3.3: Superficies de deslizamientos.....	21
Figura 3.4: Deslizamiento translacional.	22
Figura 3.5: Superficies de ruptura múltiples – deslizamiento mixto.	23
Figura 3.6: División del talud en dovelas.....	24
Figura 3.7: Interacción entre las dovelas.	25
Figura 3.8: Fuerzas consideradas en las dovelas.	26
Figura 3.9: Dovela de análisis del método de Felenius.	28
Figura 3.10: Dovela de análisis del método de Bishop.....	28
Figura 3.11: Dovela de análisis del método de Janbu (simplificado).	29
Figura 3.12: Esfuerzos actuantes en la potencial superficie de ruptura.....	32
Figura 3.13: Distribución de esfuerzos cortantes (actuantes en la superficie τ y σ) a lo largo de la superficie potencial de ruptura (A→B).	32
Figura 3.14: Etapas de ejecución de cálculos del MED.....	33
Figura 3.15: Talud afectado por el campo gravitacional.	34
Figura 3.16: Simulación del deslizamiento.	34
Figura 4.1: Ubicación de la Estación Pluviométrica Jamalca.....	40
Figura 4.2: Histograma de Precipitaciones.....	42
Figura 4.3: Curva Intensidad-Duración-Frecuencia.....	47
Figura 4.4: Sección geotécnica del sector km 234+345 - km 234+380.	51
Figura 4.5: Mapa geológico-geotécnico del sector km 234+345 - km 234+380..	52
Figura 4.6: Vista general del depósito coluvio-residual del sector.	52
Figura 4.7: Formación de falla en media luna, en la vía.	53
Figura 4.8: Perfil sísmico de la línea de refracción LRS-01.....	58
Figura 4.9: Vista general de la ubicación de la línea de refracción sísmica LRS-01 en la plataforma.	58
Figura 5.1: Vista general de la zona, donde se aprecia la forma del deslizamiento.	62
Figura 5.2: Vista general donde se observa la dimensión de la grieta de tracción en superficie, sellado con ITM que no dio solución al problema.	62

Figura 5.3: Vista panorámica donde se observa la deformación en la plataforma y el hundimiento que se produce en superficie de la vía.	63
Figura 5.4: Desplazamiento vertical de 10 cm, reparado mediante ITM.	64
Figura 5.5: Empuje lateral de talud hacia la vía, reparado mediante ITM que no dio solución al problema.	64
Figura 5.6: Vista del sector comprometido con la aparición de fallas que compromete el paquete estructural del pavimento.	65
Figura 5.7: Aparición de fisuras como consecuencia del fenómeno natural que altera el sector.	65
Figura 5.8: Vista de la grieta en forma semicircular de la plataforma de la vía. ...	66
Figura 5.9: Vista de las cunetas afectadas por el empuje lateral del talud superior.	66
Figura 5.10: Vista de la plataforma de la vía afectada.	67
Figura 5.11: Fotografía aérea del tramo.	67
Figura 5.12: Condición Estática (FS. Estático en Condiciones Secas = 1.05 en talud inferior y FS. Estático en Condiciones Secas = 1.07 en talud superior).	72
Figura 5.13: Condición Pseudo-estática (FS. Pseudo-estático en Condiciones Secas = 0.85 en talud inferior y FS. Pseudo-estático en Condiciones Secas = 0.87 en talud superior).	72
Figura 5.14: Condición Estática (FS. Estático en Condiciones saturadas = 0.56 en talud inferior y FS. Estático en Condiciones saturadas = 0.95 en talud superior).	73
Figura 5.15: Condición pseudo-estática (FS. pseudo-estático en Condiciones saturadas = 0.45 en talud inferior y FS. pseudo-estático en Condiciones saturadas = 0.76 en talud superior).	73
Figura 5.16: Condición estática (FS. estático = 1.528 en talud inferior y FS. estático = 1.653 en talud superior).	75
Figura 5.17: Condición pseudo-estática (FS. Pseudo-estático = 1.231 en talud inferior y FS. Pseudo-estático = 1.327 en talud superior).	75
Figura 5.18 – coeficientes de permeabilidad.	76
Figura 5.19: Análisis de filtraciones sin proyecto.	77
Figura 5.20: Obras de subdrenaje.	77
Figura 5.21: Análisis de filtraciones con proyecto.	78

Figura 6.1: Disposición de obras proyectadas en el sector.	79
Figura 6.2: Disposición de obra proyectada.	80
Figura 6.3: Sección Típica de Reconformación.....	80
Figura 6.4: Disposición de obra proyectada.	81
Figura 6.5: Sección Típica de Bordillo.....	81
Figura 6.6: Vista en planta de la descarga a la salida de la alcantarilla existente.	82
Figura 6.7: Perfil de la descarga proyectada.	83
Figura 6.8: Vista en planta de Obras a proyectarse.	84
Figura 6.9: Detalle de la estructura del pavimento.	85
Figura 6.10: Vista en planta de Obras a proyectarse.	86
Figura 6.11: Detalle de los Guardavías.	86
Figura 6.12: Subdrenaje.	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1: Lista de ecuaciones (Moreira, 2011).	25
Tabla 3.2: Lista de incógnitas (Moreira, 2011).	25
Tabla 3.3: Consideraciones de los métodos de equilibrio Limite (Ferrás, 2012). 27	
Tabla 4.1: Parámetros de diseño geométrico (Elaboración propia).	39

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1: Progresivas del sector.	15
Cuadro 4.1: Estación Pluviométrica.	40
Cuadro 4.2: Información de las estación Jamalca en mm.	41
Cuadro 4.3: Datos de Análisis de Frecuencia.	42
Cuadro 4.4: Correcciones aplicadas.	43
Cuadro 4.5: Lluvias máximas (mm).	45
Cuadro 4.6: Intensidades máximas (mm/hora).	46
Cuadro 4.7: Resultado del Análisis de Regresión.	46
Cuadro 4.8 : Intensidades máximas.	47
Cuadro 4.9: Litoestratigrafía del Sector.	51
Cuadro 4.10: Exploraciones Realizadas.	54
Cuadro 4.11: Ensayos de Laboratorio.	55
Cuadro 4.12: Ensayos de Laboratorio Especiales.	55
Cuadro 4.13: Resumen de ensayos químicos en suelo.	56
Cuadro 4.14: Líneas Sísmicas Ejecutadas.	56
Cuadro 4.15: Resultados de velocidades de las Líneas Sísmicas.	57
Cuadro 4.16: Canteras evaluadas.	59
Cuadro 4.17: Ubicación de DME.	60
Cuadro 5.1: Ensayos de Laboratorio Especiales.	69
Cuadro 5.2: Factores de Seguridad Mínimos.	71
Cuadro 5.3: Parámetros de resistencia obtenidos en el Análisis de Estabilidad. 74	
Cuadro 5.4: Valores de permeabilidad.	76

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

Φ	Angulo de fricción
c	Cohesión del suelo
c'	Cohesión efectiva del suelo
β	Angulo de inclinación del talud
t	Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)
τ_f	esfuerzo cortante
τ_{mob}	esfuerzo de cizallamiento actuante o movilizado
σ	Esfuerzo normal
S	Esfuerzo cortante calculado por Mohr Coulomb
K, m, n	Factores característicos de la zona de estudio
I	intensidad máxima en mm/h
NF	Nivel freático
NE	No existe
T	Periodo de retorno en años
P_t^T	Precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años
P_{60}^{10}	Precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años
a, b	Parámetros del modelo.
P_{24}	Precipitación máxima en 24 horas
f'c	Resistencia del concreto a la compresión
Tr	Tiempo de retorno
t	Tiempo de duración en minutos

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La Ruta Interoceánica Brasil-Perú es un eje de conexión vial entre Brasil y el Perú que conecta el Océano Atlántico en el territorio brasileño con el Océano Pacífico en el territorio peruano. Esta vía forma parte de la Iniciativa de Integración Regional Sudamericana (IIRSA), la cual está ejecutando diversos proyectos de integración física entre los países de Sudamérica. Este proyecto brindará a los países nuevas alternativas para canalizar sus exportaciones, habilitando para el Perú un acceso directo a los mercados del occidente brasileño, así como una nueva ruta hacia el África y Europa, mientras que para Brasil se constituirá en una salida más directa hacia Oceanía y Asia.

La Carretera Interoceánica Norte (o IIRSA Norte) une el puerto marítimo de Paita con el puerto fluvial de Yurimaguas, en un trayecto de 955 km que atraviesa seis departamentos: Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto.

La vía se encuentra monitoreada y en constante mantenimiento por parte de la concesionaria IIRSA NORTE, la cual detecta problemas en algunos tramos de la vía, las que son afectados por las intensas lluvias ocurridas en parte del año, las cuales llegan a ser un factor importante para mantener la estabilidad y viabilidad de la vía, algunos de los sectores se han visto afectados por las lluvias las cuales presentaron algunos problemas en las obras existentes e inestabilidad de los taludes superiores e inferiores, así como el asentamiento de la plataforma los cuales se presentan con fisuras del pavimento.

CAPÍTULO II. GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES

La vía en estudio Carretera Interoceánica Norte (o IIRSA Norte) constituye el principal medio de comunicación entre la Costa Norte hacia las principales ciudades de la Selva Norte del Perú, atravesando seis departamentos: Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto, generando desarrollo e inclusión social, posibilitando así la interconexión fluvial del Norte Peruano con el Brasil.

El consorcio ganador IIRSA Norte, estuvo conformado por Odebrecht, Graña y Montero, y Andrade Gutiérrez. Actualmente la Concesionaria está conformada por Odebrecht, está cargo de la construcción, rehabilitación, mejoramiento y operación por concesión durante un periodo de 25 años.

Los 955 km de la Carretera IIRSA Norte se encuentran dividido en seis tramos, que se encuentra ubicado en selva alta y baja, las que se presentan y describen a continuación:

Tramo 1: Yurimaguas - Tarapoto (127.2 km)

Inaugurado en marzo de 2009, se encuentra ubicado en selva alta y baja. Las obras demandaron pavimentación, construcción de drenajes, movimiento de tierras e intervención en la transitabilidad.

Tramo 2: Tarapoto - Rioja (133 km)

Ubicado en selva alta, demandó intervenciones de obras para estabilización de zonas críticas, taludes, plataformas, rehabilitación y construcción de puentes.

Tramo 3: Rioja - Corral Quemado (274 km)

Ubicado en selva alta y sierra, actualmente se encuentra con intervenciones de obras para estabilización de zonas críticas, taludes y de defensas ribereñas.

Tramo 4: Corral Quemado - Olmos (196.2 km)

Situado en la sierra, actualmente se encuentra con intervención de obras de estabilización de zonas críticas, taludes y de defensas ribereñas.

Tramo 5: Olmos - Piura. (168.9 km)

Ubicado en la costa, demandó el recapeo y ensanchamiento de la berma, además de la reconstrucción y rehabilitación de puentes en 163 km de este trayecto.

Tramo 6: Piura - Paita. 55.8 km

Ubicado también en la costa, incluyó intervenciones de obras en 48 km, recapeo y ensanchamiento de la berma. (ODEBRECHT)

2.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Sector en estudio se encuentra en el Tramo III de la concesión vial IIRSA NORTE Corral Quemado (km 194+688) – Rioja (km 470+229), que se encuentra ubicado entre los Departamentos de Amazonas y San Martín respectivamente como se presenta en la Figura 2.1.



Figura 2.1: Ubicación de la Zona de Estudio.

El sector en estudio se encuentra en el tramo III, el cual se encuentra ubicado en la siguiente progresiva:

Cuadro 2.1: Progresivas del sector.

Progresivas (Hito)
km 234+345 - km 234+380

2.3 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El tramo km 234+345 al km 234+380, presenta problemas de inestabilidad en el talud superior e inferior, mostrando hundimiento de la plataforma en el carril interno, contiguo al talud superior y empuje lateral del talud superior sobre la cuneta, el cual es indicativa de flujo sub superficial que debe ser crítico en temporada de fuertes precipitaciones (meses de diciembre a marzo) y el tipo de suelo, lo que ha originado la desestabilización de los taludes.

De acuerdo con las condiciones hidráulicas, topográficas, y geotécnicas de los sectores de la vía afectadas, el sector en estudio ha sido evaluado y clasificado con riesgo Muy Alto, de acuerdo a lo indicado en el Anexo I – Monografía del Sector.

2.4 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio es identificar las causas que originaron los problemas en el sector como la tipología de los fenómenos geodinámicas, condiciones hidráulicas y geotécnicas, para realizar el análisis de la situación actual del sector afectado.

Recomendar y diseñar las obras que deben ejecutarse para rehabilitar y el normal funcionamiento en un buen estado el sector. Se realizó el estudio en el sector como: reconocimientos de campo, estudios geológicos, geotécnicos e hidráulicos para determinar:

Es preciso indicar, que las obras recomendadas estarán sujetas a un mantenimiento y monitoreo periódico, asegurando la estabilidad de la infraestructura vial.

2.5 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Con la finalidad de efectuar el desarrollo de la Ingeniería de detalle para la rehabilitación del sector km 234+345 - km 234+380, se consideró 2 etapas principales en la programación de los trabajos:

PRIMERA ETAPA: Comprende las actividades previas:

- Identificación de los sectores mediante reconocimiento de campo;
- Revisión de documentación del proyecto en las diferentes etapas;
- Programación de actividades a realizar;

- Visita a campo del personal técnico de las principales especialidades para evaluación técnica del sector;

SEGUNDA ETAPA

- Ubicación de los sectores;
- Levantamiento topográficos;
- Trabajos de investigaciones geotécnicas;
- Ensayos de campo y laboratorio;
- Mapeo geológico/geotécnico;
- Análisis de la situación actual.
- Diseño de obras propuestas.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

La clasificación de los movimientos de masas depende de los criterios utilizados para su diferenciación. La clasificación usada en el presente estudio es el propuesto originalmente por Varnes (1978), y se basa fundamentalmente en el mecanismo de rotura y propagación del movimiento utilizando básicamente criterios morfológicos. Se diferencian cuatro tipos básicos de movimientos (Jiménez, 2005).

3.1.1 Flujo

Son los movimientos de masas que tienen en común la deformación interna y continua del material y la ausencia de una superficie neta de desplazamiento (Varnes, 1978). En algunos casos la superficie de rotura se puede asimilar a toda una franja de deformación. Las diferencias estriban en el material implicado, su contenido en agua y la velocidad de desarrollo, de lenta (reptación) a súbita (flujos de rocas). Los más comunes son los movimientos en suelo (flujos o coladas de tierra o barro). Este tipo de movimientos tienen lugar en taludes cubiertos por material no consolidado y el agua es el factor principal que los activan. Son movimientos muy rápidos (Jiménez, 2005).

3.1.2 Desprendimiento

Son movimiento de masa rápidos, como suelo en forma de bloques aislados o rocas de cualquier tamaño o material masivo. Los desplazamientos se producen principalmente en sentido vertical por caída libre, son típicos en macizos rocosos y generalmente están controlados por las discontinuidades. Este tipo de movimientos requiere una topografía como escarpes o pendientes fuertes y se caracterizan por la acumulación de bloques de tamaño variable en el pie del talud (Jiménez, 2005).

3.1.3 Movimientos complejos

Son los que resultan de la combinación de dos o más tipos de movimientos elementales descritos anteriormente. Estos movimientos alcanzan generalmente gran tamaño afectando, a veces, a laderas completas (Jiménez, 2005).

3.1.4 Derivas o extensiones laterales

Son aquellos movimientos de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente sobre un material blando y deformable. Como consecuencia de esta diferencia de competencia entre el material suprayacente y el infrayacente, se produce la fragmentación de las capas superiores y los desplazamientos diferenciales. Los bloques se desplazan lateral y lentamente a favor de pendientes muy bajas. No son movimientos frecuentes y suelen ser bastante extensos. No se ha definido ninguna deriva lateral en el área de estudio (Jiménez, 2005).

3.1.5 Deslizamientos

Son movimientos rápidos de masas (suelos y rocas) que cubren las superficies de los taludes o pendientes, con volúmenes definidos, que se mueven bajo la acción de la gravedad, hacia abajo y hacia fuera de la pendiente o aspecto (Tominaga et al., 2009), Estos procesos están presentes en las regiones montañosas en varias partes del mundo, especialmente aquellos dominados climas húmedos.

Un deslizamiento se produce cuando en la superficie de deslizamiento la relación del esfuerzo cortante (τ_i) y la tensión de cizallamiento actuante o movilizado (τ_{mob}) disminuye hasta llegar a la unidad. Es decir, cuando el esfuerzo cortante actuante supera la fricción interna resistente de las partículas responsables de la estabilidad, la masa de suelo se mueve hacia abajo de la pendiente (Gerscovich, 2009).

Los deslizamientos de taludes ocurren cuando el esfuerzo cortante movilizado iguala al esfuerzo cortante resistente del material (Figura 3.1).

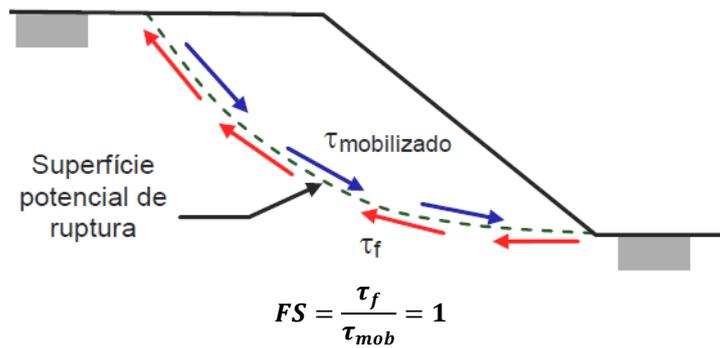


Figura 3.1: Geometría del deslizamiento.

(a) Deslizamiento rotacional

Los deslizamientos rotacionales se caracterizan por tener una superficie de ruptura curva en la cual se dará el movimiento rotacional del macizo de suelo (Figura 3.2). La aparición de estos movimientos se asocia generalmente con la existencia grandes capas de suelos homogéneos, tales como los derivados de las rocas arcillosas. La masa desplazada en determinadas circunstancias se desplaza coherentemente a lo largo de la superficie de ruptura con poca deformación interna. La cresta del material desplazado se mueve casi verticalmente hacia abajo y la parte superior de este material se puede inclinarse hacia atrás en dirección de la pendiente. Si el deslizamiento es de rotación y tienen varios planes y movimiento paralelo curvada es llamado de caídas ("slump") (Highland, 2008).

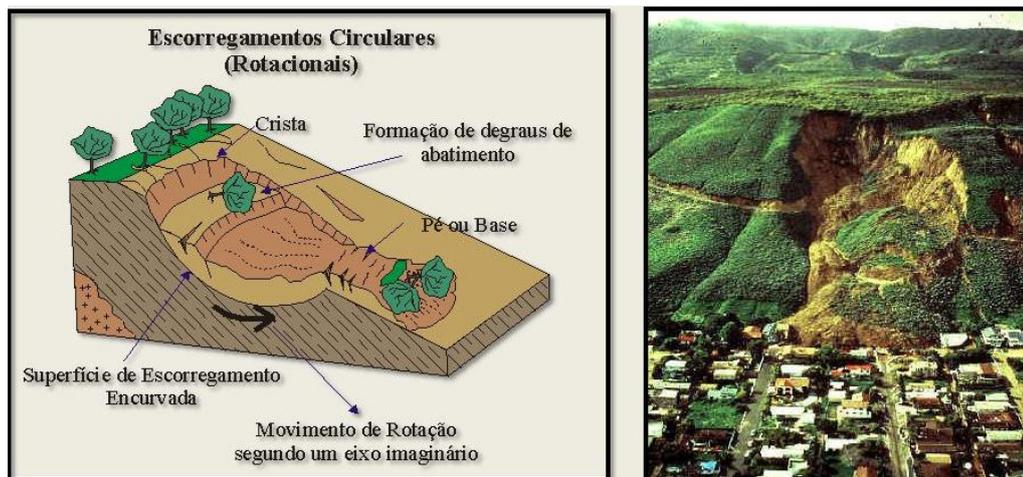


Figura 3.2: Deslizamiento rotacional.

En suelos relativamente homogéneos la superficie de ruptura tiende a ser circular. Cuando se producen en materiales que tienen discontinuidades con menor resistencia, la superficie se vuelve más compleja y puede incluir secciones lineales (Figura 3.3). La anisotropía con relación a la resistencia puede producir el aplanamiento de la superficie de ruptura.

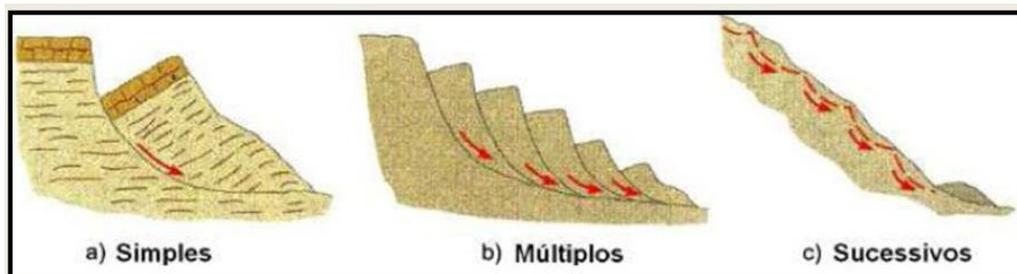


Figura 3.3: Superficies de deslizamientos.

Algunos de los mecanismos de activación es la intensa lluvia y o la descongelación continua o rápida puede conducir a la saturación del talud y aumentar los niveles de agua en el suelo, el aumento de las aguas subterráneas debido al llenado de las presas o aumentar el nivel de agua de lagos y ríos, que causan la erosión en la base de los taludes que pueden causar los deslizamientos. Estos tipos de deslizamiento también pueden ser inducidos por los movimientos sísmicos. (Highland, 2008).

(b) Deslizamiento translacional

Los deslizamientos translacionales son las que se deslizan sobre una superficie de ruptura plana, que es asociado a la heterogeneidad del suelo y rocas en las que se presentan discontinuidades mecánicas e hidrológicas que derivan de procesos geológicos o geomorfológicos (Tominaga *et al.*, 2009).

En el deslizamiento translacional las masas se trasladan para abajo y fuera del talud sobre una superficie de ruptura plana, con pequeños movimientos rotacionales. Este tipo de deslizamientos puede alcanzar distancias considerables si la superficie de ruptura estaría suficientemente inclinada (Tominaga *et al.*, 2009).

El material para este tipo de deslizamiento puede variar de tierra suelta no adensada hasta grandes placas de rocas, o la mistura de ambos. Los deslizamientos de tierra de traslación se producen habitualmente a lo largo de discontinuidades geológicas como fallas, estratificaciones, superficies laminadas,

o el punto de contacto entre la roca y el suelo. En lugares en el hemisferio norte, este tipo de deslizamiento también puede moverse sobre las capas del subsuelo permanentemente congelado (Highland, 2008).

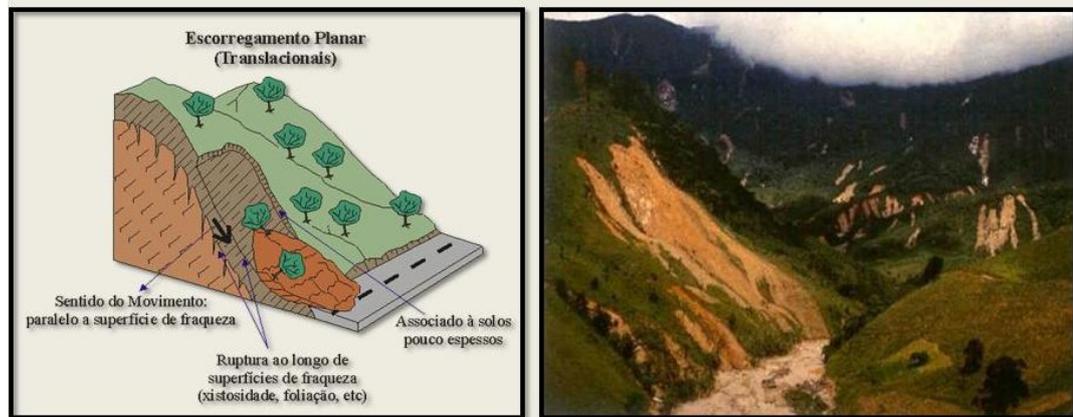


Figura 3.4: Deslizamiento translacional.

Las grietas en la parte superior (cabeza) de las pendientes son buenos indicadores tempranos para que suceda este deslizamiento.

La morfología de los deslizamientos translacionales se caracteriza por ser poco profundo, con el plano de ruptura, en la mayoría de los casos de 0.5 a 5.0 m de profundidad y con mayores extensiones en longitud. Ocurren en taludes de alta y baja pendiente puede llegar a cientos o incluso miles de metros (Tominaga et al., 2009).

(c) Deslizamiento mixto

El deslizamiento mixto se produce cuando el movimiento de masa tiene una combinación de deslizamiento de rotación y de translacional, puede ser progresiva o sucesivos como se muestra en la Figura 3.5. (Gerscovich, 2009).

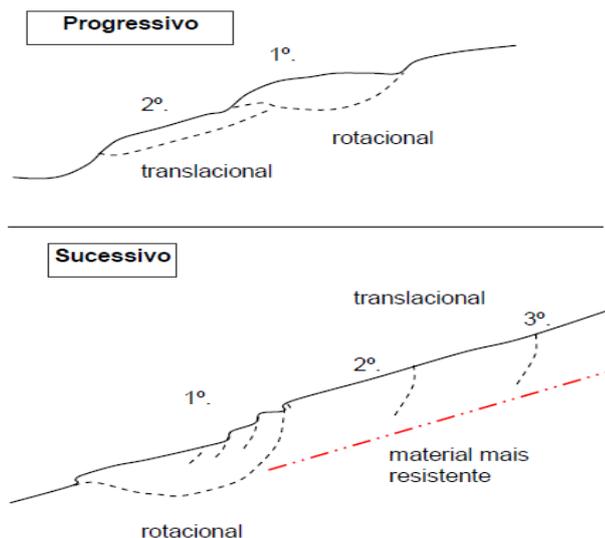


Figura 3.5: Superficies de ruptura múltiples – deslizamiento mixto.

3.2 METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS

El análisis de estabilidad de taludes consiste en un conjunto de procedimientos para la determinación de un índice como el factor de seguridad, que permite cuantificar qué tan cerca de la ruptura se encuentra el talud, en determinadas condiciones (geometría, sobrecarga, etc.), para el cual tiene algunos métodos.

- Método analítico: basado en la teoría de análisis de equilibrio límite, análisis límite y modelos matemáticos tensión-deformación.
- Los métodos experimentales utilizados: en los modelos físicos a diferentes escalas.
- Los métodos de observación: cálculos basados en la experiencia con el análisis de roturas anteriores (retro análisis, ábacos de proyectos, opiniones de especialistas, etc.).

3.2.1 Equilibrio límite

El método permite la determinación del factor de seguridad del talud, utilizando como datos de análisis las propiedades de resistencia cortante del material. El análisis es determinar si el material que conforma el talud, tiene la suficiente resistencia para soportar esfuerzos cortantes que van a provocar los deslizamientos.

Los métodos se basan en tres principios:

- La definición del factor de seguridad.
- Criterio de ruptura de Mohr Coulomb (más utilizado) o de Barton.
- La selección de la superficie de ruptura teórica.

El factor de seguridad (FS) es una relación entre la resistencia máxima de corte del material τ_f y el esfuerzo cortante actuante o movilizado τ_{mob} , el que provoca el deslizamiento a través de la supuesta superficie de ruptura (Gerscovich, 2009).

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_{mob}}$$

Para los taludes, cuando $FS > 1$, es estable; cuando $FS = 1$, produce la ruptura y deslizamiento y $FS < 1$ no tiene significado físico (Gerscovich, 2009).

El análisis de estabilidad de un talud puede ser analizado por toda la superficie de deslizamiento o dividiendo la masa de suelo en parcelas o dovelas los que son conocidos como el método de las dovelas.

El método de las dovelas está basado en la división de la masa movilizada limitada por la superficie de deslizamiento Figura 3.6, se analiza cada una de las dovelas de manera individual como un único bloque deslizando, considerando las fuerzas que actúan en cada dovela. Figura 3.7 (Moreira, 2011).

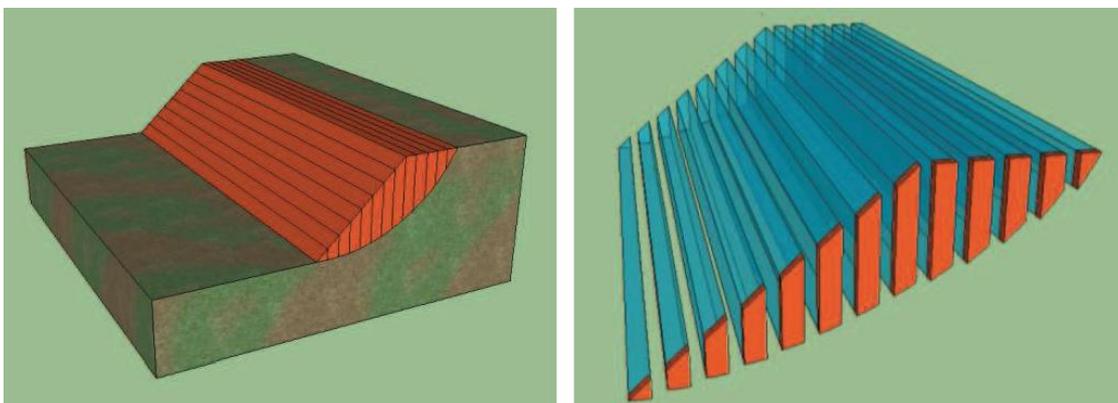


Figura 3.6: División del talud en dovelas.

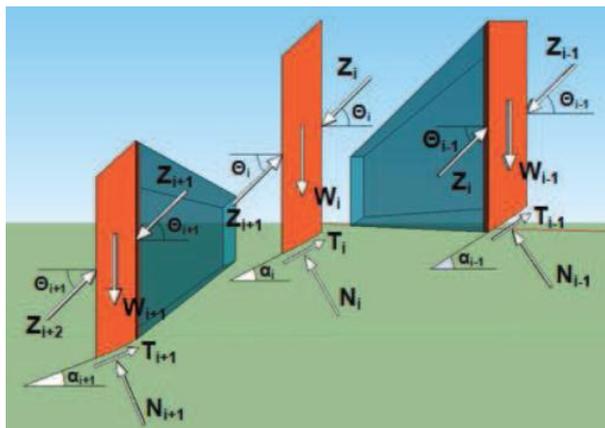


Figura 3.7: Interacción entre las dovelas.

Para la resolución del equilibrio, siendo n el número de dovelas, existen $4n$ ecuaciones y $6n-2$ incógnitas (Tabla 3.1). Por el número de ecuaciones e incógnitas el problema es estáticamente indeterminado (Moreira, 2011).

Tabla 3.1: Lista de ecuaciones (Moreira, 2011).

Ecuaciones	Tipo de ecuación
n	Equilibrio de momentos
$2n$	Equilibrio de fuerzas (en x e y)
n	Criterio de ruptura de Mohr - Coulomb
$4n$	Total de ecuaciones

Tabla 3.2: Lista de incógnitas (Moreira, 2011).

Incógnitas	Tipo de variable
1	Factor de seguridad
n	N' (Fuerza aplicada en la base de la dovela)
n	Punto de aplicación de N'
n	T (Fuerza cortante en la base)
$n-1$	Z (fuerza de interacción entre dovelas)
$n-1$	Θ (inclinación de la fuerza)
$n-1$	Punto de aplicación de Z
$6n-2$	Total de variables

La formulación del concepto de equilibrio límite tiene una cantidad superior de incógnitas superior al número de ecuaciones disponibles, lo que convierte al problema estáticamente indeterminado. Así, los métodos de análisis de estabilidad difieren entre sí por las consideraciones que cada uno de ellos asume en sus formulaciones (Moreira, 2011).

En la literatura podemos encontrar una diversidad de métodos para el análisis de la estabilidad.

3.2.2 Métodos de Equilibrio Límite

Diferencias entre los métodos de Equilibrio Límite

Existen varios métodos de equilibrio límite. En esta sección veremos las consideraciones que tiene cada método para calcular el factor de seguridad.

Según Krahn (2001), las grandes diferencias entre los métodos se encuentran en las consideraciones que tienen para satisfacer las ecuaciones de la estática, como las fuerzas entre las dovelas (normales y cortantes), y en la distribución de las fuerzas de interacción entre ellas como se muestra en la Figura 3.8.

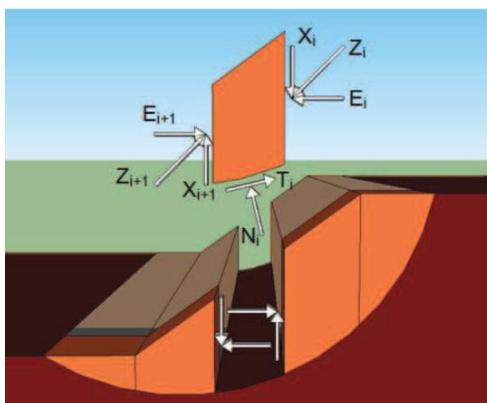


Figura 3.8: Fuerzas consideradas en las dovelas.

En la Tabla 3.3 se presentan las consideraciones de los principales métodos de equilibrio límite.

Tabla 3.3: Consideraciones de los métodos de equilibrio Limite (Ferrás, 2012).

Métodos	Superficie	$\Sigma F_h=0$	$\Sigma F_v=0$	$\Sigma M_o=0$	Fuerza E	Fuerza X	Z
Fellenius	Circular	No	Si	Si	No	No	No existe
Bishop Simplificado	Cualquier	No	Si	Si	Si	No	Horizontal
Janbu Simplificado	Cualquier	Si	Si	No	Si	No	Horizontal
Spencer	Circular	Si	Si	Si	Si	Si	Constante
Morgenstern- - Price	Cualquier	Si	Si	Si	Si	Si	Variable
Correia	Cualquier	Si	Si	Si	Si	Si	Variable
Janbu Rigoroso	Cualquier	Si	Si	Si	Si	Si	Variable

Por el número de ecuaciones que son consideradas en el cálculo, los métodos son considerados como rigurosos y no rigurosos. Esta clasificación fue dada por tener en cuenta si ellos satisfacen las tres ecuaciones de la estática. A partir de esta consideración podemos observar que los tres primeros métodos presentados en la Tabla 3.3 son métodos no rigurosos y los restantes son considerados como métodos rigurosos. Se puede observar también que el método de Janbu tiene una versión simplificada y otro riguroso (Ferrás, 2012).

A continuación se describen algunos de los métodos:

Método de Fellenius

O método de Fellenius es el más simple de todos, es el único que para determinar el factor de seguridad establece una ecuación lineal, por eso no es necesario cualquier proceso iterativo. Asume que las fuerzas de interacción entre las dovelas son paralelas a la base de la misma, es por eso que se puede desprestigiar en el cálculo. Esta simplificación no es verdadera ya que las fuerzas resultantes no pueden tener la misma inclinación en todas las dovelas, ya que cuando se va al análisis de la siguiente dovela, la inclinación varía (Fredlund, 1977). Es por eso que el principio de acción y reacción de Newton no es válido. De las incógnitas la reacción normal de la dovela puede ser obtenida por equilibrio de fuerzas y el factor de seguridad deriva de la ecuación de momentos (Ferrás, 2012).

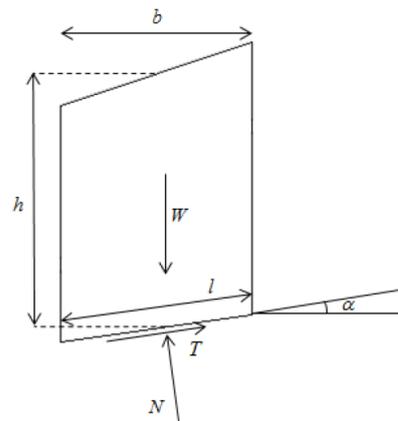


Figura 3.9: Dovelas de análisis del método de Felenius.

El factor de seguridad es calculado por la ecuación:

$$FS = \frac{\sum (c' \times l + (W \cos \alpha - u \times l) \times \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha}$$

Método de Bishop

El método simplificado de Bishop es uno de los métodos más utilizados actualmente para el cálculo de factores de seguridad de los taludes. Para el cálculo del factor de seguridad no se tienen en consideración las fuerzas cortantes entre las dovelas, satisfaciendo solo el equilibrio de momentos. Se considera que los resultados son muy precisos en comparación con el método ordinario (Ferrás, 2012).

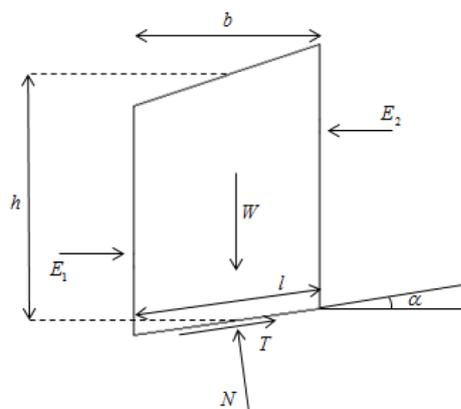


Figura 3.10: Dovelas de análisis del método de Bishop.

El factor de seguridad es calculado por la ecuación:

$$FS = \frac{\sum \left(c' \times l + \left(\frac{W - u \times b - (c' \times b \times \tan \alpha) / FS}{\cos \alpha + (\tan \phi' \times \sin \alpha) / FS} \right) \times \tan \phi' \right)}{\sum W \sin \alpha}$$

Como se puede observar en la ecuación, el término factor de seguridad FS se encuentra tanto en la izquierda como en la derecha de la ecuación; se requiere un proceso de interacción para calcular el factor de seguridad.

Método de Janbu (simplificado)

Este método no tiene en consideración las fuerzas cortantes ni perpendiculares de los contactos de las dovelas. Este método considera un factor de corrección, el que es multiplicado al factor de seguridad resultante del equilibrio de las fuerzas. Este factor de corrección existe para tener en cuenta a las fuerzas de interacción despreciadas por el método (Fredlund, 1977).

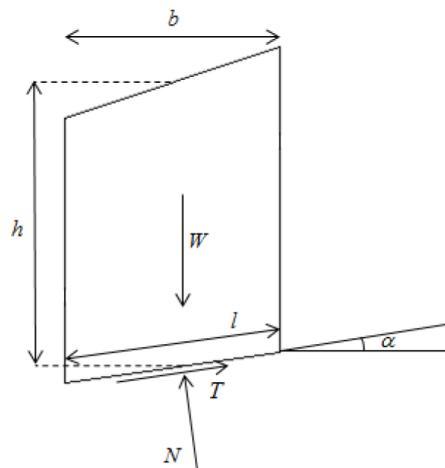


Figura 3.11: Dovela de análisis del método de Janbu (simplificado).

El factor de seguridad es calculado por la ecuación:

$$FS = \frac{1}{\sum W \tan \alpha} \times \sum \left[[c' \times b + (W - u \times b) \tan \phi'] \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \frac{\tan \alpha \times \tan \phi'}{FS}} \right]$$

3.2.3 Método de los Elementos Finitos

La aplicación de los métodos de equilibrio límite en el análisis de la estabilidad de taludes presenta algunas objeciones en los resultados, debido a la simplificaciones teóricas que cada método asume, por lo cual se buscó la implementación de otros tipos de análisis, que tuviera en cuenta la relación tensión- deformación de los suelos, como es el caso de los elementos finitos (MEF).

Clough y Woodward (1967) introducen el MEF en la ingeniería geotécnica en el estudio de una presa de tierra, para el que usaron leyes constitutivas no lineales. En la actualidad existen varios modelos constitutivos utilizados para poder modelar de varios tipos de suelos en el análisis de los taludes.

El principio fundamental del Método de Elemento Finitos (MEF) es la división del medio continuo en un conjunto de pequeños elementos unidos por una serie de puntos llamados nodos. El MEF consigue transformar en medio discontinuo (infinitos grados de libertad), que son gobernados por ecuaciones diferenciales, en un sistema con número finito de ecuaciones, sean lineales o no lineales Actualmente es considerado una de las herramientas numéricas más importantes y utilizadas para la solución de los problemas de ingeniería (Sanabria, 2015).

El método de los elementos finitos para analizar la estabilidad de taludes puede ser clasificado en dos categorías básicas:

- Métodos directos;
- Métodos indirectos.

(a) Método directo: simulación del colapso

En este método, el MEF es empleado directamente para poder conseguir la posible superficie de deslizamiento del talud analizado, para luego realizar el cálculo del factor de seguridad del problema analizado.

La simulación del colapso del talud es realizada por la reducción progresiva de los parámetros de resistencia del suelo, o por el aumento progresivo de la carga externa. En este último caso el factor de seguridad es definido en términos de la carga, siendo este el coeficiente que se debe de multiplicar al cargamento para producir la el colapso del talud (Mendoza, 2005).

La reducción de los parámetros de resistencia para suelos secos y saturados son:

$$c^* = \frac{c}{M}$$

$$\tan^* \phi = \frac{\tan \phi}{M}$$

De las ecuaciones presentadas M es el factor de reducción de los parámetros c^* y $\tan \phi$, en los análisis por el MEF, hasta la ruptura del talud analizado.

El método envuelve varios y sucesivos análisis del mismo problema con diferentes valores de los parámetros resistente c^* y $\tan \phi$. La no convergencia del cálculo del sistema de ecuaciones no lineales da una indicación de la ruptura del talud (Mendoza, 2005).

Como fue comentado por Zienkiewics *et al.* (1975), el factor de seguridad global es igual al valor por el cual los parámetros de resistencia deben ser reducidos de manera que la solución por MEF no llega a la convergencia numérica o tenga grandes deformaciones en los puntos del talud.

(b) Método indirecto: equilibrio límite perfeccionado

En este método, un campo de tensiones es inicialmente calculado por el MEF siendo entonces utilizado el método de equilibrio límite para el cálculo del factor de seguridad. La diferencia entre el método directo e indirecto es que este último no necesita de un gran esfuerzo computacional, para realizar los análisis repetidos del problema variándose los parámetros de resistencia del suelo, hasta que ocurra la ruptura, o el empleo de una relación constitutiva elasto-plástica, pudiéndose considerar relaciones esfuerzo-deformación, más simples con los modelos elásticos lineal o hiperbólico. El factor de seguridad global es calculado de la misma manera que el método de equilibrio límite tradicional (Mendoza, 2005).

Las Figura 3.12 e Figura 3.13 presentan el método de manera resumida. En la Figura 3.12 se puede ver de la superficie de ruptura AB analizada. La variación del esfuerzo cortante resistente (s) está representado por la línea de color naranja en la Figura 3.13, los cuales fueron calculados por la relación de Mohr Coulomb, a partir de las tensiones obtenidas de MEF. La distribución de

esfuerzos cortantes movilizados (τ), es representada por la línea roja, fueron obtenidas de los análisis MEF.

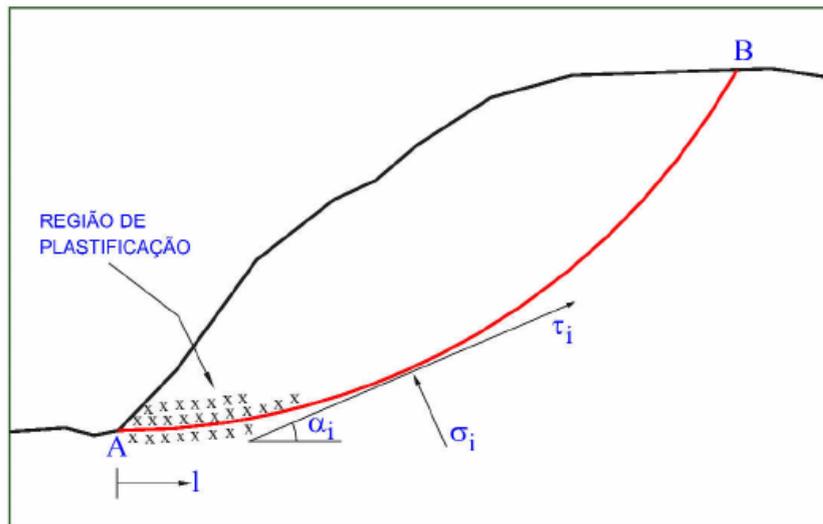


Figura 3.12: Esfuerzos actuantes en la potencial superficie de ruptura.

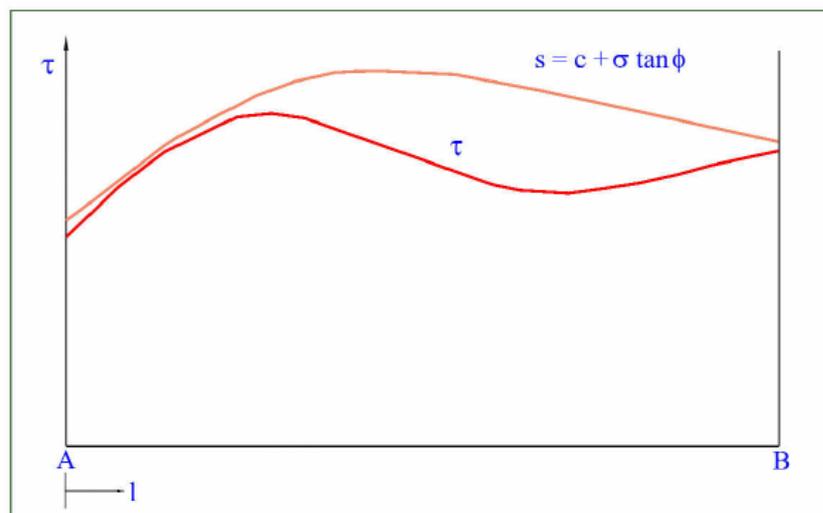


Figura 3.13: Distribución de esfuerzos cortantes (actuantes en la superficie τ y σ) a lo largo de la superficie potencial de ruptura (A \rightarrow B).

3.2.4 Método de Elementos Discretos

EL método de los elementos discretos (MED), es propuesto inicialmente por Cundall y Strack (1979), es una herramienta numérica para el modelamiento de sistema de partículas, a través del monitoreo individual del movimiento de cada una de ellas, así como sus iteraciones entre las mismas y con el ambiente. El método es llamado discreto cuando satisface las condiciones de cálculo de los

desplazamientos y rotaciones finitas completamente independientes entre cada uno de las partículas, y reconozca nuevos contactos automáticamente en todo el tiempo de análisis (Prado, 2014).

El método permite analizar la evolución temporal y espacial de todas las etapas como la pre consolidación, consolidación, ruptura y deslizamiento del talud. El MED es caracterizado por un ciclo de cálculos básicos, el que se presenta en la Figura 3.14.

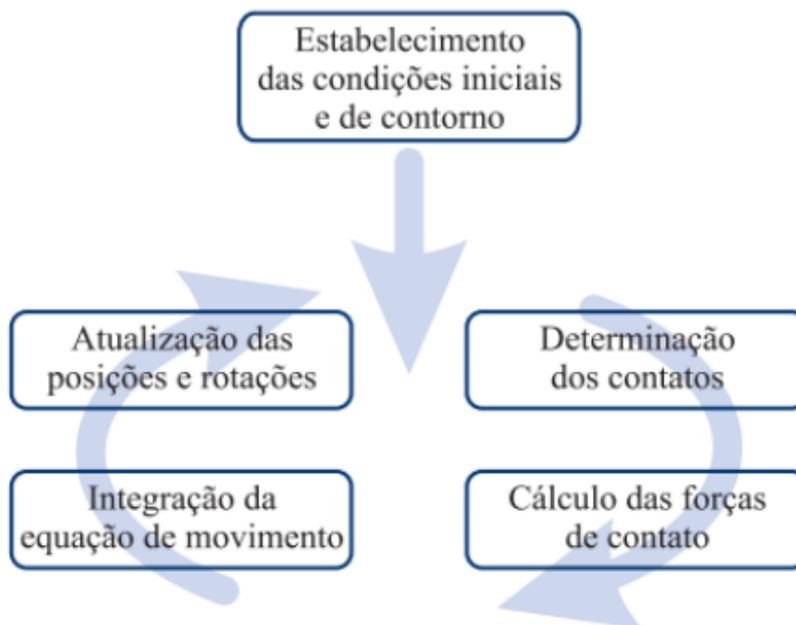


Figura 3.14: Etapas de ejecución de cálculos del MED.

Para la simulación de los taludes como todos los métodos necesitamos de la geometría y de las propiedades geotécnicas del material, así como la fricción entre las partículas y la fuerza de conexión, dependiendo del modelo numérico utilizado para el análisis.

Para poder encontrar el estado crítico de ruptura del talud, necesitamos realizar variaciones de la geometría, propiedades de los materiales o de las fuerzas externas (Oded, 2014).

En la Figura 3.15 podemos observar la deformación cuando el talud está siendo afectado por el incremento de las fuerzas gravitacionales.

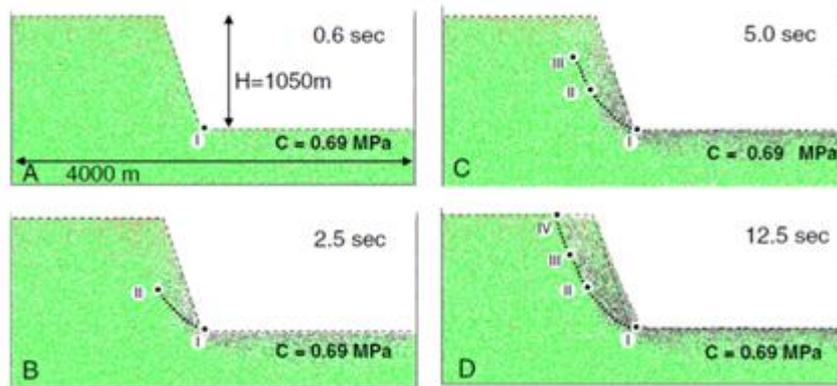


Figura 3.15: Talud afectado por el campo gravitacional.

En la Figura 3.16 podemos observar el comportamiento del talud para un mismo ángulo de reposo, ángulo de fricción interna pero con diferente cohesión.

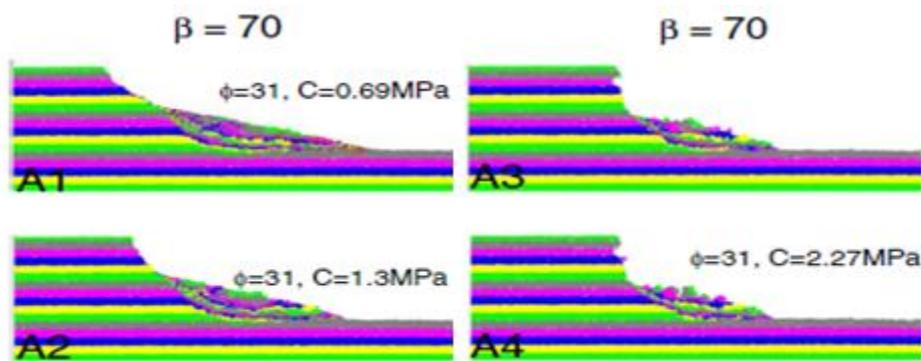


Figura 3.16: Simulación del deslizamiento.

3.2.5 Métodos de Análisis Límite

El método de análisis límite es basado en la teoría de plasticidad clásica (Drucker y Prager, 1952). El procedimiento general del análisis límite, es basado en asumir un mecanismo de ruptura cinemáticamente admisible para la solución del límite superior, o un campo de esfuerzos estáticamente admisibles para una solución del límite inferior.

El teorema de análisis de límite-superior se basa en un campo de velocidades cinemáticamente admisible, postula que un determinado cargamento, no está dentro de los límites admisibles, si es posible definir un campo de velocidades cinemáticamente admisibles, para el cual el trabajo de las fuerzas externas aplicadas sean superiores o igual al trabajo total disipado. Un mecanismo cinemáticamente admisible es aquel que cumple la ley de fluencia y satisface las condiciones cinemáticas de contorno. El teorema resulta de ignorar

las condiciones de equilibrio y permite obtener los límites superiores de la carga de colapso (Iñiguez, 2011).

El teorema de análisis de límite inferior establece que un determinado cargamento está dentro del rango de los cargamentos admisibles si existe un campo de esfuerzos resistentes mayores que los actuantes. El campo de esfuerzos dentro de la masa de suelo sea estáticamente admisible y que no viole el criterio de deslizamiento en todo el dominio del medio continuo, este teorema permite ignorar las condiciones de compatibilidad y posibilita obtener límites inferiores de la carga de colapso al maximizar el factor de carga (Iñiguez, 2011).

El límite-inferior (estático) debe satisfacer las ecuaciones de equilibrio, el criterio de fluencia y las condiciones de contorno en todo el campo de esfuerzos. El límite superior (cinemático) debe de satisfacer las ecuaciones de compatibilidad, el criterio de fluencia y las condiciones de contorno en el campo de velocidades (Iñiguez, 2011).

CAPÍTULO IV. ESTUDIOS DEL SECTOR

Para el sector fueron realizados los estudios de caracterización y evaluación por cada especialidad como geológica, geotécnica e hidráulica tanto de la zona de estudio y de los materiales existentes en el sector, así como los que se utilizarán en las obras de remediación proyectadas.

Con la finalidad de efectuar el desarrollo de la Ingeniería de detalle para la rehabilitación del sector km 234+345 - km 234+380, se consideró una etapa inicial en la programación de los trabajos que comprende las siguientes actividades:

- Identificación de los sectores mediante reconocimiento de campo;
- Revisión de documentación del proyecto en las diferentes etapas;
- Programación de actividades a realizar;
- Movilización del personal técnico de las especialidades principales para evaluación técnica del sector y ejecución de actividades;
- Reuniones de coordinación.

El plan de trabajo permitió determinar la existencia y el origen de los problemas que se presentaron, determinar los tipos de procesos predominantes, estimar su influencia en la vía afectada, con esta información se trabajó para poder proyectar las alternativas de solución más adecuadas.

4.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1.1 Generalidades

Cualquier estudio que se ocupe de la revisión y/o evaluación de las obras, requiere una de datos, siendo una parte de ellos los estudios topográfico.

Las informaciones de los trabajos topográficos consisten en identificar y describir el terreno, incluyendo las características naturales y obras existentes en la superficie. Con ese fin se procedió a levantamientos detallados de las zonas afectadas a lo largo de la carretera.

4.1.2 Definición de las áreas levantadas

A partir de los kilometrajes existentes fueron determinadas las progresivas en campo para la localización de cada una de las áreas. Paralelamente se buscaron detalles planimétricos existentes en campo con indicación de las

progresivas instaladas. En cada tramo fue ejecutado el levantamiento topográfico para determinar la posición relativa entre puntos sobre un plano horizontal con toma de detalles de algunas obras como cunetas, bermas, etc.

4.1.3 Procesamiento de datos y planos

Las poligonales e irradiaciones fueron procesadas en ambiente digital, con la utilización de programa topoGRAPH, compatible con el sistema Windows, para generar las coordenadas N, E y la elevación H de los puntos, para la alimentación de sistema gráfico vectorial estándar AutoCAD.

El plano topográfico representa con fidelidad los detalles existentes. Las informaciones gráficas y textos están separados en estratos o capas (*layers*) por temas, identificadas por nombres, colores y tipos de línea diversos, de forma a permitir la lectura con claridad, de las informaciones representadas. Los colores y tipos de línea están configurados en el estándar del sub estrato (*bylayer*). Las alturas de textos y escalas de las polilíneas deberán ser compatibles con el ploteo en la escala indicada.

Las curvas de nivel están interpoladas con equidistancia vertical de uno o medio metro, dependiendo del relevo del terreno, fueron analizados algunos puntos que contenían incoherencias y consecuente se realizó la corrección del modelo y su respectiva reinterpolación, hasta que las curvas de nivel fueron consideradas definitivas.

Las estructuras encontradas fueron representadas en los planos con sus ubicaciones y respectivo dimensionamiento de cada una de ellas.

4.1.4 Presentación de los trabajos

Fueron presentados todos los trabajos topográficos como las cuevas desnivel la ubicación y distribución de las obras en planos y archivos digitales de los planos finales, en formatos de AutoCAD (.dwg), es presentado incluyendo en este la triangulación del modelo y las curvas de nivel. Cabe indicar que los sectores se encuentran dentro del huso 17M.

4.1.5 Diseño geométrico

Para el desarrollo de las Actividades de Diseño Vial fue determinado que el Consultor respetara el trazo existente, para la aprobación del cliente, los

principales parámetros y elementos básicos para el diseño vial, previo a los trabajos de trazo y replanteo de la carretera, como son: vehículo de diseño, velocidad directriz, ancho de calzada, ancho de bermas, radio mínimo, pendiente longitudinal máxima, distancia de visibilidad de parada y sobrepaso y las secciones típicas de diseño, en concordancia con la clasificación de la carretera, la demanda proyectada, el tipo de topografía, los suelos, el clima, etc., según sea lo indicado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2001, a la RD 037-2008-MTC/14 y/o del Manual para Diseño de Carreteras, según corresponda. En forma complementaria se podrá aplicar las Normas de Diseño AASHTO.

El proyecto requiere conseguir un alineamiento horizontal homogéneo, donde tangentes y curvas se sucedan armónicamente, evitando en lo posible la utilización de radios mínimos y pendientes máximas.

Los planos fueron elaborados con el Sistema de Coordenadas UTM, datum WGS84.

Parámetros de Diseño

Se ha tomado en cuenta los parámetros originales de diseño ya que el sector en estudio no requiere modificación del diseño geométrico.

Tabla 4.1: Parámetros de diseño geométrico (Elaboración propia).

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	TRAMO
	km 234+345
	km 234+380
Según Demanda	Segunda Clase
Según Condiciones Orográficas	Carretera Tipo 3
Velocidad Directriz	40-50 km/h
Ancho de Calzada	6.60 m
Ancho de Berma a cada lado	0.90 m
S.A.C	0.50 m
Bombeo	2.5 %
Radio Mínimo Normal	50 m
Pendiente máxima normal	6 %
Pendiente máxima excepcional	7 %
Peralte normal	8 %

4.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El objetivo principal del este capítulo es evaluar las condiciones hidrológicas del sector y establecer los parámetros hidrológicos para los diseños de obras hidráulicas, a partir de la información obtenida en el reconocimiento de campo de la zona del estudio y la información meteorológica recopilada.

4.2.1 Información utilizada

Para la ubicación de los sectores se ha tomado los levantamientos topográficos de cada sector en estudio.

Pluviometría

Las estaciones pluviométricas localizadas en la zona de estudio o cercana a ella son administrados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). En la Figura 4.1 se muestra la ubicación de la estación encontrada Jamalca.



Figura 4.1: Ubicación de la Estación Pluviométrica Jamaica.

Al no existir en el área de estudio registradores continuos de precipitación (pluviógrafos), para determinar la intensidad de la tormenta de diseño se utilizará los registros de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones pluviométricas cercanas a la zona del proyecto.

En el Cuadro 4.1 se muestran las características de la estación del sector.

Cuadro 4.1: Estación Pluviométrica.

Estación	Altitud msnm	Latitud	Longitud	Periodo de registro
Jamalca	1189	5°53	78°14	1964-1983, 1986-2012

4.2.2 Análisis de la información

Análisis de la Información Pluviométrica

Para este estudio, se consideró el uso de la estación Jamaica cuyos registros se presentan en el Cuadro 4.2.

En el Anexo II- Información Pluviométrica, se adjuntan la información de las precipitaciones pluviales de la estación pluviométrica del Senamhi.

Cuadro 4.2: Información de las estación Jamalca en mm.

Años	Pmax 24h	Años	Pmax 24h
1964	34.00	1990	20.50
1965	50.00	1991	51.20
1966	57.90	1992	33.90
1967	46.50	1993	52.20
1968	37.00	1994	38.60
1969	51.50	1995	56.30
1970	38.00	1996	51.30
1971	59.50	1997	74.00
1972	86.90	1998	166.40
1973	33.00	1999	149.90
1974	75.20	2000	109.80
1975	58.20	2001	79.70
1976	25.10	2002	105.50
1977	33.50	2003	38.40
1978	22.10	2004	56.90
1979	81.00	2005	82.20
1980	20.20	2006	72.80
1981	47.50	2007	62.30
1982	93.00	2008	101.90
1983	119.50	2009	67.50
1986	68.80	2010	62.00
1987	26.30	2011	83.90
1988	60.30	2012	62.30
1989	37.60		

En la Figura 4.2, se muestran los Histogramas de Precipitaciones Máximas en 24 horas anuales.

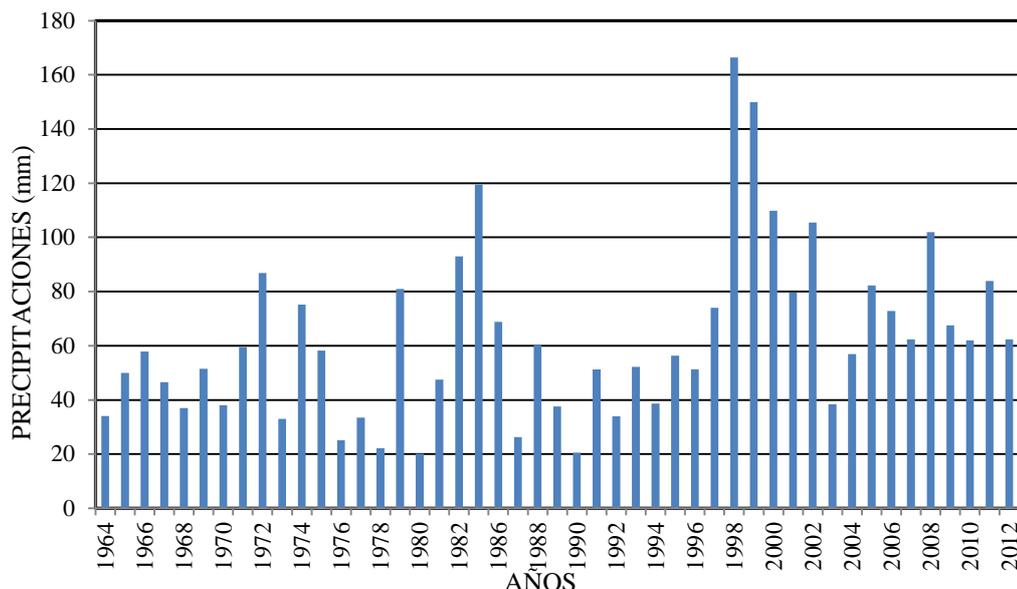


Figura 4.2: Histograma de Precipitaciones.

Análisis de Frecuencia de la Precipitación Máxima

Con la precipitación máxima anual correspondiente a la estación Jamalca, se efectuó el análisis de frecuencia con el software Hydrognomon versión 4 para las funciones de distribución Normal, Log Normal, Pearson III, Log Pearson III y Gumbel. Se realizó la prueba de bondad de Kolgomorov-Smirnov, para seleccionar la distribución de mejor ajuste a la distribución teórica, dando como resultado la más apropiada la distribución “Pearson III”. Los resultados se observan en lo Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3: Datos de Análisis de Frecuencia.

Metodo	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	40.86%	0.12875
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.57%	0.07165
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.58%	0.05918
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.35%	0.06123
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.85%	0.06422

Corrección por intervalo fijo de observación

L.L. Weiss en base a un estudio de miles de estaciones-año de datos de lluvia encontró que los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al ser incrementadas en un 13% conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis basado en lluvias verdaderas.

De acuerdo a lo anterior, el valor de las lluvias máximas es multiplicado por 1.13 para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación. Este análisis se muestra en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4: Correcciones aplicadas.

Tr	Pmax en (mm)	
	(1)	(2)
500	202.21	228.50
140	171.98	194.34
100	163.84	185.13
71	155.46	175.67
50	146.78	165.86
35	137.84	155.76
25	129.27	146.08
10	105.10	118.76
5	85.55	96.67
3	69.91	79.00
2	56.08	63.37

Nota: (1)= Sin corrección, (2) = Con corrección.

Intensidades de lluvia

La estación ubicada en la zona, no cuentan con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. Para poder estimarlas se recurrió al principio conceptual, referente a que los valores extremos de lluvias de alta intensidad y corta duración aparecen, en el mayor de los casos, marginalmente dependientes de la localización geográfica, con base en el hecho de que estos eventos de lluvia están asociados con celdas atmosféricas las cuales tienen propiedades físicas similares en la mayor parte del mundo.

Existen varios modelos para estimar la intensidad a partir de la precipitación máxima en 24 horas. Uno de ellos es el modelo de Frederick Bell que permite calcular la lluvia máxima en función del período de retorno, la duración de la tormenta en minutos y la precipitación máxima de una hora de duración y periodo de retorno de 10 años. La expresión es la siguiente:

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52) (0.54 t^{0.25} - 0.50) P_{60}^{10}$$

Dónde:

t = duración en minutos

T = periodo de retorno en años

P_t^T = precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años

P_{60}^{10} = precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años

El valor de P_{60}^{10} , puede ser calculado a partir del modelo de Yance Tueros, que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$I = aP_{24}^b$$

I = intensidad máxima en mm/h

a, b = parámetros del modelo; 0.4602, 0.876, respectivamente.

P₂₄ = precipitación máxima en 24 horas

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

Dónde:

I = Intensidad máxima (mm/min)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Log (I)} = \text{Log (K)} + m \text{Log (T)} - n \text{Log (t)}$$

O bien: $Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$

Dónde:

$Y = \text{Log}(I)$, $a_0 = \text{Log} K$

$X_1 = \text{Log}(T)$ $a_1 = m$

$X_2 = \text{Log}(t)$ $a_2 = -n$

Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de las intensidades máximas calculadas anteriormente, mediante regresión múltiple.

Para la estación Jamalca, se tiene la siguiente ecuación IDF.

$$I = \frac{165.91 T^{0.203}}{t^{0.527}}$$

Los resultados se muestran en los Cuadro 4.5 al Cuadro 4.8 y en la Figura 4.3.

Cuadro 4.5: Lluvias máximas (mm).

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
100	185.1	13.8	20.7	25.3	28.9	34.3	45.1
71	175.7	13.2	19.7	24.1	27.5	32.7	42.9
50	165.9	12.5	18.7	22.8	26.0	31.0	40.7
35	155.8	11.8	17.6	21.5	24.6	29.2	38.4
25	146.1	11.1	16.6	20.3	23.2	27.6	36.3
10	118.8	9.3	14.0	17.1	19.5	23.2	30.2
5	96.7	8.0	11.9	14.6	16.6	19.8	26.0
3	79.0	7.0	10.4	12.8	14.6	17.3	22.8
2	63.4	6.2	9.3	11.3	12.9	15.4	20.2

Cuadro 4.6: Intensidades máximas (mm/hora).

T años	P.Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
100	185.1	165.8	124.1	101.2	86.6	68.7	45.1
71	175.7	157.8	118.1	96.3	82.4	65.3	42.9
50	165.9	149.6	112.0	91.3	78.1	61.9	40.7
35	155.8	141.3	105.7	86.2	73.7	58.5	38.4
25	146.1	133.4	99.8	81.4	69.6	55.2	36.3
10	118.8	111.9	83.8	68.3	58.4	46.3	30.2
5	96.7	95.7	71.6	58.4	49.9	39.6	26.0
3	79.0	83.7	62.7	51.1	43.7	34.7	22.8
2	63.4	74.2	55.6	45.3	38.7	30.7	20.2

Cuadro 4.7: Resultado del Análisis de Regresión.

Constante	2.21987861		Log K= 2.2199 K= 165.91 m= 0.203 n= 0.527 $I = \frac{165.91 T^{0.203}}{t^{0.527}}$ Dónde: T= años t= minutos
Err. estándar de est.Y	0.01974014		
R cuadrada	0.99218702		
Núm. de observaciones	54		
Grado de libertad	51		
Coeficiente(s) X	0.20312920	-0.52691	
Error estándar de coef.	0.00458511	0.007843	

Cuadro 4.8 : Intensidades máximas.

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años			
	10	25	50	100
5	113.42	136.63	157.28	181.07
10	78.72	94.82	109.16	125.67
20	54.64	65.81	75.76	87.22
30	44.13	53.15	61.19	70.44
40	37.92	45.68	52.58	60.53
50	33.71	40.61	46.75	53.82
60	30.62	36.89	42.47	48.89
70	28.24	34.01	39.15	45.07
80	26.32	31.70	36.49	42.01
90	24.73	29.79	34.30	39.48
100	23.40	28.18	32.45	37.35
110	22.25	26.80	30.86	35.52
120	21.25	25.60	29.47	33.93

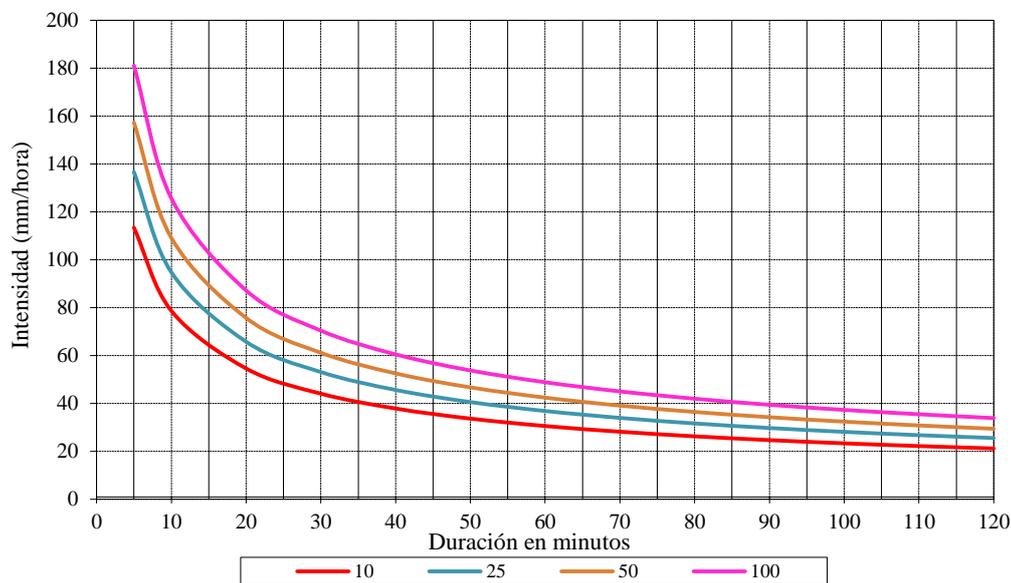


Figura 4.3: Curva Intensidad-Duración-Frecuencia.

4.3 ESTUDIO GEOLÓGICO

El principal objetivo del Estudio Geológico es determinar y caracterizar los procesos y eventos geológicos que han afectado y están actuando en el Sector. Para esto es esencial realizar el reconocimiento geológico, identificar la estratigrafía, geología estructural, morfología y la geodinámica externa.

4.3.1 Geología regional

Se ha tomado como base los Boletines de la serie A: N° 56 Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar (hojas 12-g, 12-h) del INGEMMET, a escala 1:100,000, publicados entre 1995.

De acuerdo a la revisión del estudio se observa las condiciones geomorfológicas, características de las unidades litológicas, característica estructural y geodinámica las que se describen a continuación:

4.3.2 Geomorfología

Se han reconocido dos unidades geomorfológicas regionales o morfoestructurales: la Cordillera Oriental, correspondiente a la antigua cadena herciana y la Zona Subandina, piedemonte genéticamente relacionada a la existencia de la falla Almendro-Jumbilla. En ambas unidades, se han diferenciado geofomas de erosión y depositación, diferenciándose por la altura de las montañas y la amplitud de los valles. Por ello, es dable mencionar que las subunidades locales para la zona Subandina los valles amplios.

(a) Cordillera oriental

En esta unidad, se ha diferenciado el más importante rasgo fisiográfico de relieve denominado Cordillera de Colán, que se encuentra disectado, principalmente, por los ríos Marañón y Utcubamba. Paleogeográficamente, corresponde al sector de la cuenca Bagua y el paso de la Cuenca Santiago se encuentra controlado por una falla denominada Almendro-Jumbilla, la cual se expresa en una brusca elevación de las montañas.

(b) Faja Sub-andina

Valle del Utcubamba:

Presenta un recorrido homogéneo y longitudinal de dirección NO-SE. En la zona, se trata de un valle amplio que corta principalmente rocas mesozoicas y cenozoicas, con colinas que llegan hasta los 200 m.

(c) Llanura Amazónica:

Es una depresión morfológica y estructural de relieve plano, se considera que esta depresión se originó a fines del Neógeno, desde entonces ha estado en proceso continuo de subsidencia y relleno sedimentario. Los procesos de compensación isostática, tectónicos así como la compactación son los responsables de la subsidencia en las áreas de acumulación.

4.3.3 Estratigrafía

Las unidades estratigráficas que afloran en el área de estudio comprenden secuencias que van desde el Paleozoico hasta la actualidad, con un rango geocronológico a partir del Cámbrico-Ordovícico y una disposición estructural ligada a la tectogénesis andina. Como resultado de ello, se pone de manifiesto la distinción de dos conjuntos morfotectónicos claramente definidos, limitados por la falla de Almendro-Jumbilla y con diferente historia geológica cada uno.

Dominios Tectono-Estratigráficos

En este sentido, tanto para la Cordillera Oriental y la Zona Subandina, las secuencias sedimentarias registradas contienen fósiles y biofacies distintivas. Para ello, se describe la estratigrafía regional mediante una columna geológica compuesta, que resume los afloramientos de la Cordillera Oriental y la Zona Subandina en este sector.

Dominio Noreste

El dominio NE constituye la Zona Subandina y forma parte de la región meridional de la cuenca Santiago. Según su estratigrafía, está representado por rocas del Grupo Pucará, Formación Sarayaquillo, Grupo Oriente, Formación Chonta, Formación Vivian, las capas rojas y secuencias del Cuaternario.

Dominio Suroeste

El dominio SO se encuentra ubicado en la Cordillera Oriental y forma parte de la parte oriental de la cuenca Bagua al SE de la cuenca Santiago. Según su estratigrafía está representado por rocas del Complejo del Marañón, Grupo Mitú, Grupo Pucará, Formación Sarayaquillo, Grupo Goyllarisquiza, Formación Chúlec, Grupo Pullucana, Grupo Quilquiñán, Formación Cajamarca, Formación Celendín, Formación Fundo El Triunfo, Formación Rentema, Formación Sambimera y las secuencias del Cuaternario.

Depósitos cuaternarios

La sedimentación durante el cuaternario está representada mayormente por depósitos fluvioaluviales y coluvio-aluviales, los primeros están acumulados a lo largo del Río Marañón y Utcubamba. Están compuestos de limos y limoarcillas en posición horizontal, con niveles que se pueden seguir por varios kilómetros.

En general estos depósitos están representados por sedimentos finos acumulados en las partes más alejadas de la fuente, en cambio son más gruesos en los taludes inmediatos a las unidades erosionadas. Se encuentran como abanicos aluviales, escombros de talud y en general como depósitos mal clasificados, de extensión irregular.

Depósitos Aluviales (Q-al)

Estos depósitos se han originado por el transporte y acumulación de materiales transportados por cursos fluviales, principalmente, de los ríos Marañón y Utcubamba.

Litológicamente, están compuestos por gravas, arenas y limos de forma subredondeadas a redondeadas, naturaleza polimíctica y tamaño heterométrico.

4.3.4 Geología local del Sector

La zona presenta una pendiente suave de 3⁰, valles en forma de “V” con una extensa planicie, se ubica en la Cordillera Oriental. El material depositado sobre secuencias carbonatadas, corresponde a una masa de suelo gravo-limoso de los depósitos aluviales, la matriz es limosa con cemento calcáreo, los cuales

presentan bioturbación por raíces. Y se aprecian bloques en el cauce de las quebradas de escorrentía como se muestra en la Figura 4.4.

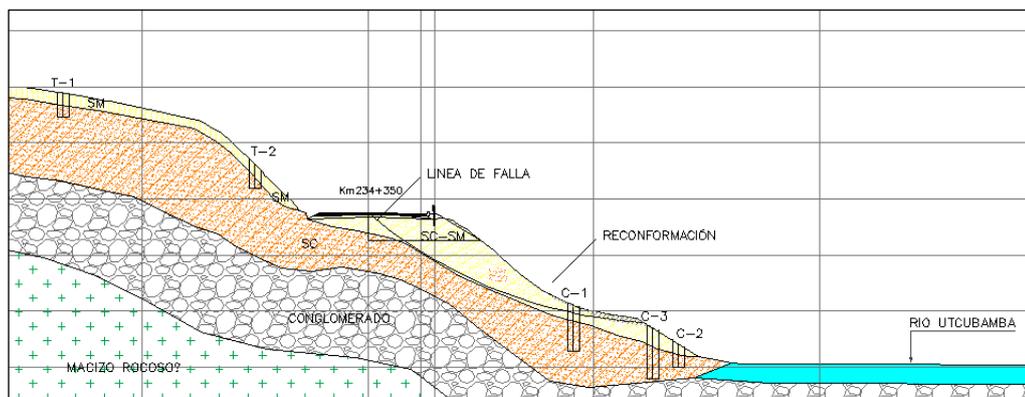


Figura 4.4: Sección geotécnica del sector km 234+345 - km 234+380.

4.3.5 Litoestratigrafía local del Sector

Cuadro 4.9: Litoestratigrafía del Sector.

Depositos Aluviales	Q -al	Suelos gravo-limo arcillosos marron claro a rojizos inconsolidados, fragmentos heterogéneos de roca alterada, de diámetro promedio de 10 cm y ocasionales bloques de hasta 0.30 metros de diámetro, sub angulosos a sub redondeados de calizas beige.
--------------------------------	--------------	---

En la Figura 4.5 se muestra el mapa geológico-geotécnico con la litoestratigrafía del sector y en la Figura 4.6 se puede observar la geología actual del sector.

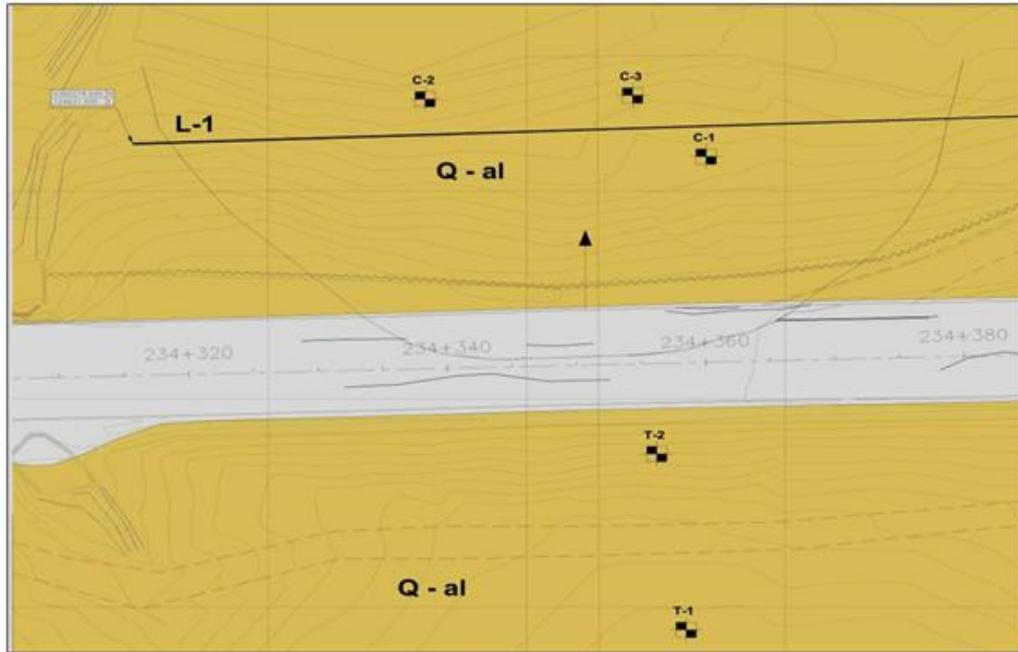


Figura 4.5: Mapa geológico-geotécnico del sector km 234+345 - km 234+380.



Figura 4.6: Vista general del depósito coluvio-residual del sector.

4.3.6 Geodinámica del Sector

Se observa deslizamientos en el talud inferior y superior, mostrando en el lado izquierdo de la vía; la formación de grietas en la carpeta asfáltica de hasta 10 metros de longitud. El sector presenta hundimiento de la plataforma en el carril interno, contiguo al talud superior y cercano a la entrada de la alcantarilla,

así como la ruptura de cuneta debido al empuje lateral del talud superior, indicativo de flujo sub-superficial como se observa en la Figura 4.7.

El desarrollo de una falla en media luna producto de los procesos geodinámicos citados anteriormente.



Figura 4.7: Formación de falla en media luna, en la vía.

4.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO

Los objetivos principales del Estudio Geotécnico son:

- Realizar las investigaciones y ensayos necesarios para definir los parámetros geotécnicos para el modelamiento del sector.
- Realizar un análisis detallado de los fenómenos geodinámicos que afectan el sector en estudio, para su modelamiento más real.
- Realizar el modelamiento y análisis del sector en las condiciones actuales y con las obras proyectadas para la remediación del sector afectado por los fenómenos geodinámicos.

4.4.1 Investigaciones geotécnicas de campo

En la etapa de investigación de campo se realizaron exploraciones mediante excavación de calicatas y/o trincheras en las áreas de interés y en las afectadas por los fenómenos geodinámicos.

En el Cuadro 4.10 se presentan las calicatas efectuadas para el sector, y los perfiles estratigráficos se encuentran en el Anexo III – Registro de Investigaciones de Campo.

Cuadro 4.10: Exploraciones Realizadas.

Exploración	Prof. (m)	NF (m)	Referencia
C-01	4.10	NE	Talud Inferior
C-02	2.20	NE	Talud Inferior
C-03	4.50	NE	Talud Inferior
T-01	2.10	NE	Talud Superior
T-02	2.10	NE	Talud Superior

4.4.2 Ensayos de laboratorio

Los ensayos que se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos son:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422
- Limite plástico ASTM D-423
- Limite líquido ASTM D-424
- Humedad natural ASTM D-4643
- Clasificación SUCS. ASTM D-2487
- Corte directo ASTM D 3080-04

En el Cuadro 4.11 se muestra los resúmenes de los ensayos de clasificación y en el Cuadro 4.12 los parámetros obtenidos de los ensayos especiales realizados en laboratorio

Cuadro 4.11: Ensayos de Laboratorio.

CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	MATERIAL QUE PASA				LL	PP	CLASIFICACIÓN		%W
			N°4	N°10	N°40	N°200			SUCS	AASTHO	
C-1	M1	0.0-1.1	83.1	62.6	27.6	17.1	17	11	SC-SM	A-1-b (0)	10.4
	M2	1.1-4.1	92.9	75.7	42.6	31.0	23	14	SC	A-2-4 (0)	13.9
C-2	M1	0.0-1.1	83.1	62.6	27.6	17.1	21	15	SC-SM	A-1-b (0)	17.1
	M2	1.1-2.2	79.5	62.1	31.2	13.2	23	13	SC	A-2-4 (0)	13.4
C-3	M1	0.0-1.7	83.1	62.6	27.6	17.1	21	15	SC-SM	A-1-b (0)	17.1
	M2	1.7-4.5	79.5	62.1	31.2	13.2	23	13	SC	A-2-4 (0)	13.4
T-1	M1	0.0-1.1	81.8	61.4	27.7	16.8	-	NP	SM	A-1-b (0)	12.4
	M2	1.1-2.1	90.4	69.6	31.2	19.5	16	12	SC-SM	A-1-b (0)	18.1
T-2	M1	0.0-1.1	58.8	31.8	19.9	15.5	-	NP	SM	A-1-a (0)	11.2
	M2	1.1-2.1	68.8	38.8	23.4	12.8	20	16	SC-SM	A-1-a (0)	14.4

Cuadro 4.12: Ensayos de Laboratorio Especiales.

Calicata / Trinchera	Muestra	Prof. (m)	Clasificación SUCS	Angulo de fricción ϕ (°)	Cohesión c (kg/cm ²)
C-1	M-2	0.00 – 4.10	SC - SM	25.18	0.0527

Los resultados de los ensayos de laboratorio se muestran en el Anexo IV – Ensayos de Campo y Laboratorio.

4.4.3 Análisis químico del suelo de cimentación

Para poder analizar los ataques químicos que podrían ocasionar el suelo a las obras proyectadas, fueron realizados ensayos de sales solubles totales, cloruros y sulfatos en los laboratorios, lo cuales fueron comparados con la norma E 060 concreto armado del reglamento nacional de edificaciones, así como las del Comité ACI 318-2005, los cuales nos proporcionara los límites permisibles y los cuidados que se deben de tomar para que estos químicos presentes en el suelo no causen daño a las armaduras y al concreto.

En el Cuadro 4.13 se presentan los resultados de los ensayos químicos realizados:

Cuadro 4.13: Resumen de ensayos químicos en suelo.

SONDAJE	S.S.T. (ppm)	Cl- (ppm)	SO₄ (ppm)	pH
C-01 – M-2	1356.2	1288.2	171.2	7.23

Del cuadro de resultados se concluye que el tipo de cemento apropiado para la cimentación es el cemento de Tipo I, ya que los cloruros y sulfatos presentes en el suelo se encuentran en el intervalo aceptable y no presenta ningún ataque perjudicial para la cimentación.

4.4.4 Ensayos de refracción sísmica

En el sector km 234+345 - km 234+380 se realizaron ensayos de Refracción Sísmica como se muestra en el Cuadro 4.14, con la finalidad de determinar los estratos que conforman la zona de la plataforma y el terreno natural, además de determinar los parámetros de elasticidad de los materiales presentes.

Cuadro 4.14: Líneas Sísmicas Ejecutadas.

LÍNEA	LONGITUD (m.)
LRS – 01	75.00

A continuación se presenta un resumen de los resultados de velocidad de propagación de ondas S y P, así como el número de estratos identificados.

Cuadro 4.15: Resultados de velocidades de las Líneas Sísmicas.

PARÁMETROS SÍSMICOS					PARÁMETROS PSEUDO-DINÁMICOS				
Línea Sísmica	Capa	Potencia Capa	Vp	Vs	Razón de Poisson (ν)	Densidad Estimada (d)	Módulo de Corte (G)	Módulo de Young (E)	Módulo de Bulk (K)
LRS		(m)	m/s	m/s		kg/m ³	Pa	Pa	Pa
LRS-01	1	0.5-4.5	470	249	0.30	1700	1.05E+08	2.75E+08	2.35E+08
	2	3.0-10.0	600	336	0.27	1800	2.03E+08	5.17E+08	3.77E+08
	3	menor 20	900	522	0.25	1900	5.18E+08	1.29E+09	8.49E+08

Interpretación De Resultados

En el sector km 234+345 - km 234+380, se realizó la investigación geofísica (ensayo de refracción sísmica); como resultado de toda esta campaña de ensayos se infirió 3 estratos.

Los ensayos de refracción sísmica realizados en la línea de refracción Lrs-01 determinaron los siguientes estratos:

- PRIMER ESTRATO (470 m/s): Material visible en superficie de tipo arenarcillosos con presencia de gravas y fragmentos de roca, envueltas en la matriz más fina. Suelo poco consolidado de baja velocidad.
- SEGUNDO ESTRATO (600 m/s): Posible Material de tipo Conglomerado más compactado que a primera capa.
- TERCER ESTRATO (900 m/s): Posible Material de tipo Conglomerado semi compacto.

En la y en Figura 4.8 se muestra el perfil sísmico y en la Figura 4.9 la ejecución del ensayo.

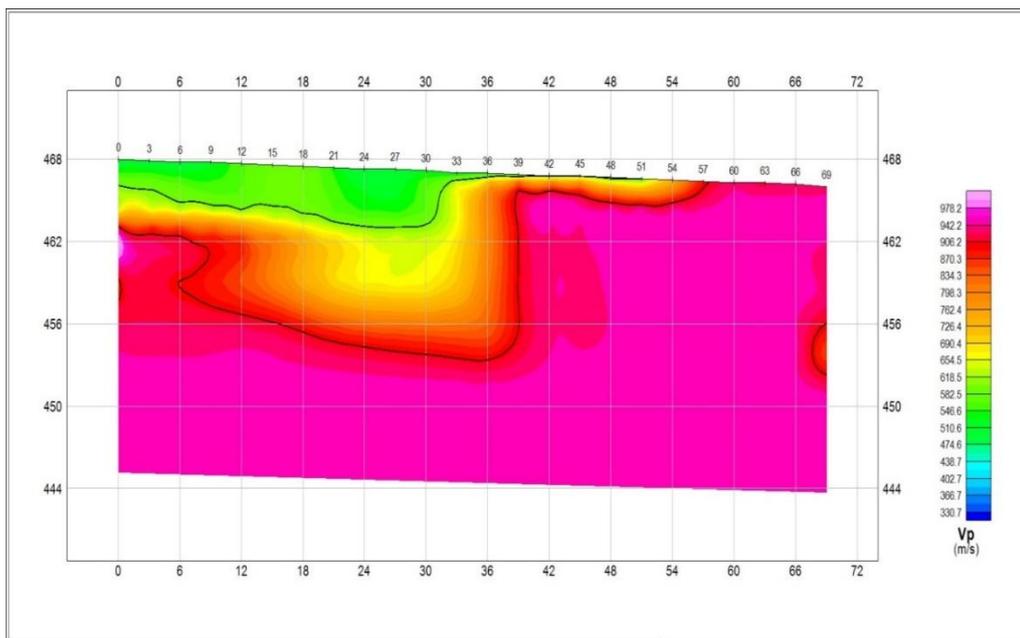


Figura 4.8: Perfil sísmico de la línea de refracción LRS-01.



Figura 4.9: Vista general de la ubicación de la línea de refracción sísmica LRS-01 en la plataforma.

Los resultados de los ensayos de Refracción Sísmica se muestran en el ANEXO III – Registro de Investigaciones de Campo.

4.4.5 Sismicidad

Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas, las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos, Según el mapa de zonificación sísmica.

En el Perú se utilizan los mapas de isoaceleraciones sísmicas publicados por Alva y Castillo en 1985, las cuales varían entre valores de 0.34 en la zona del proyecto, disminuyendo conforme se avanza hacia el Este.

Para el presente informe se opta por utilizar un coeficiente de aceleración sísmica de 0.15 g correspondiente al 50% de la aceleración de la zona de estudio (0.30 g), sugerido por los especialistas de Naylamp Ingenieros y (Abramson, 2002).

4.5 ESTUDIO DE SUELOS, CANTERAS, DME Y FUENTES DE AGUA

4.5.1 Canteras

Se realizó la evaluación de 01 cantera ubicada en el km 14+700 de la carretera Pedro Ruiz – Chachapoyas la cual presenta material integral apto para el uso de base, sub base, concreto, mezcla asfáltica, gaviones y material de rellenos. En el Cuadro 4.16 se presenta un resumen de las características de la cantera.

Cuadro 4.16: Canteras evaluadas.

Cantera	carretera (Hito)	Acceso (km)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Usos
Tuesta	km 294+000 (Carretera IIRSA NORTE Tramo III: Corral Quemado – Rioja.)	km 14+700 (Pedro Ruiz – Chachapoyas) Departamento de Amazonas	75,000.00	100,000.00	Base, Sub-Base, Concreto, Mezcla asfáltica, Relleno, gaviones.

La cantera ubicada para el presente estudio es la siguiente:

NOMBRE : TUESTA.

PROPIETARIO : Sr. Andrés Tuesta.

UBICACIÓN : km 294+000 (IIRSA NORTE Tramo III: Corral quemado - Rioja), LD del tramo en estudio.

ACCESO : 14.7 km asfaltada (carretera Pedro Ruiz – Chachapoyas) 0.15 km afirmado.

POTENCIA: 100,000 m3.

EXPLOTACIÓN: Lecho de río.

RENDIMIENTO: 90%.

TRATAMIENTO: Chancado y zarandeo.

USOS: Base, sub-base, asfalto, Concreto, relleno.

4.5.2 Depósito de material excedente (DME)

Al igual que en el caso de las Canteras, se han ubicado DME's cerca de la carretera, con características que permitan el acumulo de material excedente, sin que exista interferencia con la infraestructura vial, permitiendo la convivencia en armonía con el terreno circundante. En el Cuadro 4.17 se presenta un resumen de las características del DME.

Cuadro 4.17: Ubicación de DME.

TRAMO	NOMBRE	LADO	ACCESO	PROG.	Potencia (m ³)
III	DME km 230+140	LI	52 m.	km 230+140 IIRSA NORTE TRAMO III	1,486,009.50

4.5.3 Fuentes de agua

El agua para las obras será de las quebradas cercanas, las cuales deben cumplir con las normas para ser utilizadas en las diferentes etapas de la obra. En este caso se consideró el agua del RÍO UTCUBAMBA, ubicado en la progresiva km 256+500. Se aconseja tener cuidado de no contaminar las aguas al momento del llenado de las cisternas con la utilización de equipos que tengan pérdidas de combustibles y/o lubricantes.

En el Anexo VI se adjuntan los ensayos de canteras y Fuentes de agua.

CAPÍTULO V. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS EN EL SECTOR

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el tramo km 234+345 al km 234+380, se observa el fenómeno de deslizamiento y hundimiento de plataforma en forma de media luna, el desplazamiento genera una tracción que no es soportada por el pavimento produciendo fisuras y grietas: La inestabilidad está asociada a la presencia del agua que satura al suelo residual; la falla se presenta de manera progresiva, contiguo al talud superior y empuje lateral del talud superior sobre la cuneta, indicativa de flujo sub superficial que debe ser crítico en temporada de fuertes precipitaciones (meses de diciembre a marzo).

El agua proveniente de las lluvias es el principal factor de los procesos de inestabilidad que afectan el sector, sumado a las características geotécnicas del material aluvial, los cuales permiten la filtración, aumentan la presión de poros y disminuyen los esfuerzos efectivos cortantes resistentes del suelo, desencadenando algunos de los fenómenos como la inestabilidad de los taludes y los asentamientos de la plataforma.

5.2 CONDICIONES ACTUALES DEL SECTOR

Este tramo comprende la inestabilidad geotécnica del talud inferior, donde se observa el fenómeno de deslizamiento y hundimiento de plataforma en forma de media luna, el cual produce fisuras y grietas en el pavimento; así como la inestabilidad del talud superior y el empuje que ejercen comprometen las cunetas. En la Figura 0.1 se presenta la vista panorámica donde se observa la forma de media luna que tiene el deslizamiento.

JUNIO 2012



Figura 5.1: Vista general de la zona, donde se aprecia la forma del deslizamiento.

Los esfuerzos de tracción producidos por el deslizamiento del talud inferior superan la resistencia de tracción de la carpeta asfáltica, por lo que se producen grietas en la superficie de la plataforma. Por la existencia de las grietas que incrementan la inestabilidad del tramo, ya que por ellas se produce la infiltración del agua Figura 5.2.

AGOSTO 2012



Figura 5.2: Vista general donde se observa la dimensión de la grieta de tracción en superficie, sellado con ITM que no dio solución al problema.

El empuje del talud superior genera deformaciones en el lado derecho de la vía, formando desniveles en la plataforma y fractura de cuneta y desplazamiento horizontal de la vía, la cual estará vulnerable a fatiga por el paso del tránsito pesado. Esta condición incrementa la inestabilidad de la plataforma Figura 5.4. Actualmente las cunetas se encuentran desplazadas como se muestra en la Figura 5.3.

AGOSTO 2012



Figura 5.3: Vista panorámica donde se observa la deformación en la plataforma y el hundimiento que se produce en superficie de la vía.

De la Figura 5.4 a Figura 5.11 se pueden observar la evolución de los problemas en diferentes fechas de evaluación y seguimiento que se realizaron en el sector.

SETIEMBRE 2006



Figura 5.4: Desplazamiento vertical de 10 cm, reparado mediante ITM.



Figura 5.5: Empuje lateral de talud hacia la vía, reparado mediante ITM que no dio solución al problema.

JUNIO 2012



Figura 5.6: Vista del sector comprometido con la aparición de fallas que compromete el paquete estructural del pavimento.



Figura 5.7: Aparición de fisuras como consecuencia del fenómeno natural que altera el sector.

AGOSTO 2012



Figura 5.8: Vista de la grieta en forma semicircular de la plataforma de la vía.



Figura 5.9: Vista de las cunetas afectadas por el empuje lateral del talud superior.



Figura 5.10: Vista de la plataforma de la vía afectada.



Figura 5.11: Fotografía aérea del tramo.

5.3 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

5.3.1 Descripción geotécnica

El estudio geológico nos indica que el terreno del sector está conformado por una cobertura de material de grava limosa con arena correspondiente a un suelo de cobertura tipo aluvial.

En el estudio geotécnico se realizó exploraciones para poder identificar las propiedades del material del cual está conformado el terreno natural del sector en estudio.

En la calicata C-1, la muestra M-1 (0.00-1.10 m) presenta un estrato de material tipo arena arcillosa con limo. Está clasificada como un SC-SM y su contenido de humedad es de 10.4% con presencia de límites de Atterberg de L.L de 17.28 e I.P de 6.75. La muestra M-2 (1.10-4.10 m) presenta un estrato de material tipo arena arcillosa, de color marrón grisáceo. Está clasificada como un SC y su contenido de humedad es de 13.90% con presencia de límites de Atterberg de L.L de 22.75 e I.P de 8.92.

En la calicata C-2, la muestra M-1 (0.00-1.10 m) presenta un estrato de material tipo arena arcillosa con limo. Está clasificada como un SC-SM y su contenido de humedad es de 17.1% con presencia de límites de Atterberg de L.L de 20.69 e I.P de 5.48. La muestra M-2 (1.10-2.20 m) presenta un estrato de material tipo arena arcillosa, de color marrón grisáceo. Está clasificada como un SC y su contenido de humedad es de 13.40% con presencia de límites de Atterberg de L.L de 22.82 e I.P de 9.94.

En la calicata C-3, la muestra M-1 (0.00-1.70 m) presenta un estrato de material tipo arena arcillosa con limo. Está clasificada como un SC-SM y su contenido de humedad es de 17.1% con presencia de límites de Atterberg de L.L de 20.69 e I.P de 5.48. La muestra M-2 (1.70-4.50 m) presenta un estrato de material tipo arena arcillosa, de color marrón grisáceo. Está clasificada como un SC y su contenido de humedad es de 13.40% con presencia de límites de Atterberg de L.L de 22.82 e I.P de 9.94.

En la calicata T-1, la muestra M-1 (0.00-1.10 m) presenta un estrato de material tipo arena limosa. Está clasificada como un SM y su contenido de humedad es de 12.40% sin presencia de límites de Atterberg. La muestra M-2 (1.10-2.10 m) presenta un estrato de material tipo arena arcillosa con limo, de color marrón grisáceo. Está clasificada como un SC-SM y su contenido de

humedad es de 18.10% con presencia de límites de Atterberg de L.L de 16.56 e I.P de 5.02.

En la calicata T-2, la muestra M-1 (0.00-1.10 m) presenta un estrato de material tipo arena limosa. Está clasificada como un SM y su contenido de humedad es de 11.20% sin presencia de límites de Atterberg. La muestra M-2 (1.10-2.10 m) presenta un estrato de material tipo arena arcillosa con limo, de color marrón grisáceo. Está clasificada como un SC-SM y su contenido de humedad es de 14.40% con presencia de límites de Atterberg de L.L de 19.61 e I.P de 3.68.

5.3.2 Parámetros de resistencia del suelo

Tal como se indicó anteriormente el problema presente es la inestabilidad en el talud superior e inferior, mostrando hundimiento de la plataforma en el carril interno, contiguo al talud superior y empuje lateral del talud superior sobre la cuneta, indicativa de flujo sub superficial que debe ser crítico en temporada de fuertes precipitaciones (meses de diciembre a marzo) y el tipo de suelo, lo que ha originado la desestabilización de los taludes.

Para ello se realizaron ensayos especiales con la finalidad evaluar los parámetros de resistencia del material del sector, para análisis de la estabilidad del talud de la situación actual y el modelamiento y análisis con las obras proyectadas.

De las prospecciones realizadas se tiene que el terreno natural está compuesto por un suelo tipo coluvial compuesto por arenas envueltos en matriz limosa. Los resultados de los ensayos de corte directo realizados se muestran en el Cuadro 5.1

Cuadro 5.1: Ensayos de Laboratorio Especiales.

Calicata / Trinchera	Muestra	Prof. (m)	Clasificación SUCS	Angulo de fricción $\phi(^{\circ})$	Cohesión c (kg/cm ²)
C-1	M-2	4.00	SC	25.18	0.0527

Los valores de los parámetros de resistencia para los modelamientos computacionales de los demás tipos de suelo fueron asumidos por la clasificación del material y experiencia de los ingenieros.

5.3.3 Análisis de estabilidad en el sector

La estabilidad de la situación actual del sector es evaluado para dos condiciones: estática y pseudo-estática (durante un sismo). La condición estática considera como fuerzas actuantes desestabilizadoras, solamente los esfuerzos producidos por el peso propio de los materiales y cargamento externo. La condición pseudo-estática considera adicionalmente los esfuerzos producidos por una fuerza horizontal producida por el sismo.

La fuerza sísmica horizontal del método pseudo-estático, está en función de la aceleración máxima producida por el sismo y la masa de suelo. La aceleración sísmica varía en el tiempo y está caracterizada por movimientos con múltiples frecuencias que producen en los materiales cambios de dirección de manera muy rápida. Debido a esto, la aceleración máxima ocurre una sola vez y en un lapso corto de tiempo durante el fenómeno sísmico.

Para el análisis de estabilidad pseudo-estático se ha considerado una aceleración sísmica en función de un porcentaje (50%) de la aceleración máxima esperada, estos valores provienen del Estudio de Peligro Sísmico. Este porcentaje de la aceleración sísmica se conoce como coeficiente sísmico.

Para el presente informe se opta por utilizar un coeficiente de aceleración sísmica de 0.15 g correspondiente al 50% de la aceleración de la zona de estudio (0.30 g), sugerido por los especialistas de Naylamp Ingenieros y (Abramson, 2002).

Para verificar la eficiencia de la implementación de las obras propuestas en cada caso se realizaron análisis de estabilidad aplicando el software Slide v 6.0, con el método de análisis de Bishop Modificado como es indicado en los términos de referencia.

En sus diferentes análisis, los valores para los factores de seguridad mínimos que se deben utilizar según la norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes del reglamento nacional de edificaciones, se presentan en el Cuadro 5.2

Cuadro 5.2: Factores de Seguridad Mínimos.

Condición	Factor de Seguridad mínimo
Estática	1.50
Pseudo-estático	1.25

Análisis de Estabilidad de la situación actual

Para el análisis de estabilidad actual es necesario considerar que el talud cuenta con un material de cobertura tipo coluvial y que bajo esta cobertura se encuentra el macizo rocoso del cual se han apreciado los afloramientos en el talud. En este modelamiento analizaremos la estabilidad actual en la cual se encuentra el talud. Los análisis de estabilidad actual deben realizarse para las condiciones estáticas y pseudo-estáticas (con coeficiente de aceleración de 0.15).

Para los parámetros de resistencia de los materiales para la simulación computacional fueron considerados los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio (para el caso del material de cobertura), y algunos fueron asumidos por el tipo de material y la experiencia de los ingenieros y de la evaluación geomecánica (para el caso del macizo rocoso).

Cabe indicar que en la evaluación de la estabilidad del talud cuando el factor de seguridad igual cuando $FS=1$, produce la ruptura y deslizamiento y cuando está cercano a 1.00 es un indicativo de condición de precariedad o incertidumbre y que se verá afectada, aún más si se considera bajo condiciones pseudo-estáticas (condiciones de baja probabilidad pero que deben ser consideradas dada las características sísmicas del país).

Análisis de Estabilidad en Condiciones Secas

El primer análisis se realiza considerando la temporada más seca en el sector donde la presencia de aguas es menor. Bajo esta condición se realizaron los análisis de condiciones estáticas y pseudo-estáticas observándose los resultados en la Figura 5.12 y Figura 5.13.

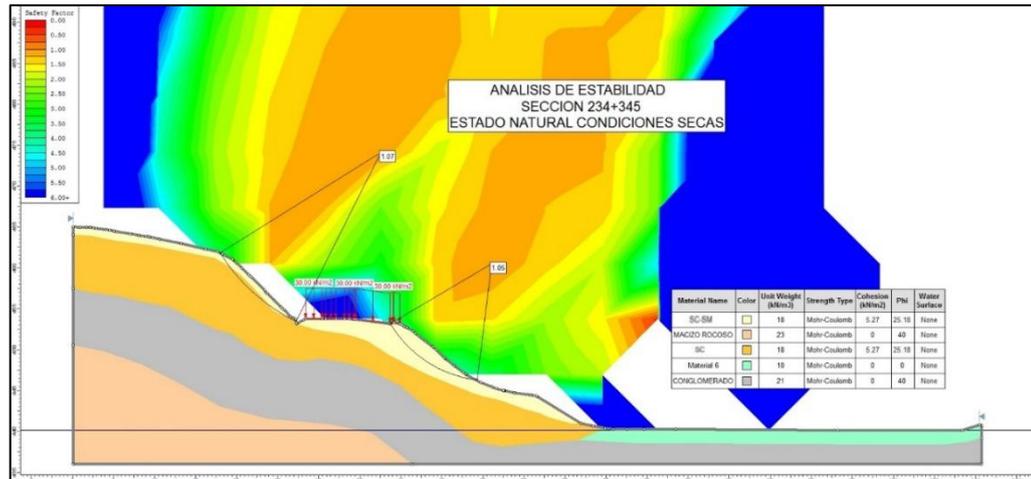


Figura 5.12: Condición Estática (FS. Estático en Condiciones Secas = 1.05 en talud inferior y FS. Estático en Condiciones Secas = 1.07 en talud superior).

En la Figura 5.13 se muestra los resultados del análisis pseudo-estático en condiciones secas.

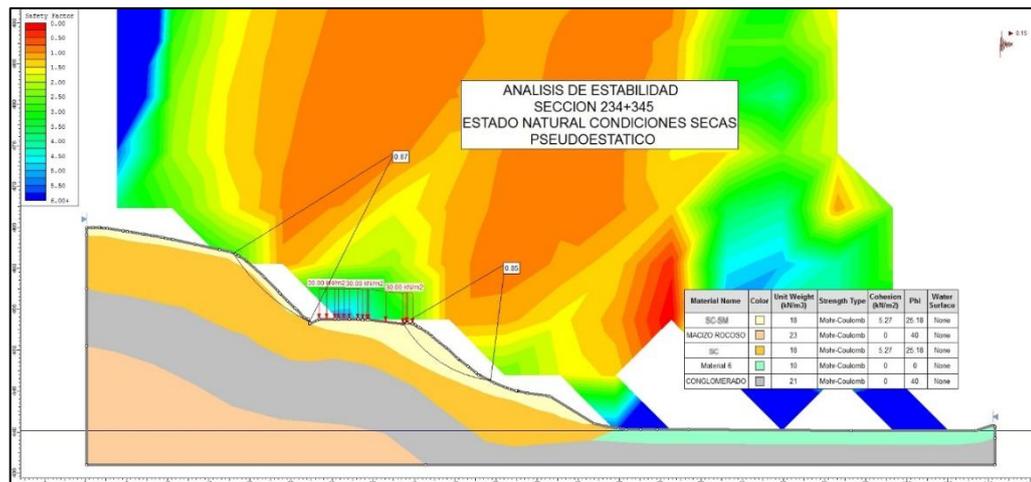


Figura 5.13: Condición Pseudo-estática (FS. Pseudo-estático en Condiciones Secas = 0.85 en talud inferior y FS. Pseudo-estático en Condiciones Secas = 0.87 en talud superior).

Bajo estas condiciones (temporada seca) se realizaron los análisis de estabilidad obteniéndose los valores indicados en las gráficas. Esto significa que durante la temporada seca los factores de seguridad se encuentran próximos a rangos de inestabilidad.

Análisis de Estabilidad en Condiciones Saturadas

El segundo análisis se realiza considerando la temporada de lluvias en el sector (considerando presencia de aguas), para este análisis se consideraron el material saturado y el nivel freático en condiciones extremas. Bajo esta condición se realizaron los análisis de condiciones estáticas y pseudo-estáticas presentando los resultados del análisis estático en la Figura 5.14 y el pseudo-estático en la Figura 5.15.

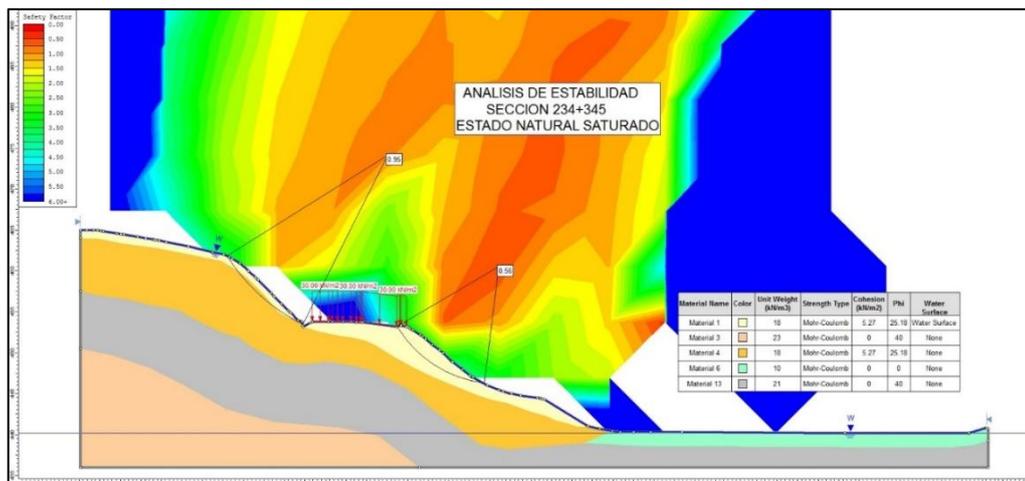


Figura 5.14: Condición Estática (FS. Estático en Condiciones saturadas = 0.56 en talud inferior y FS. Estático en Condiciones saturadas = 0.95 en talud superior).

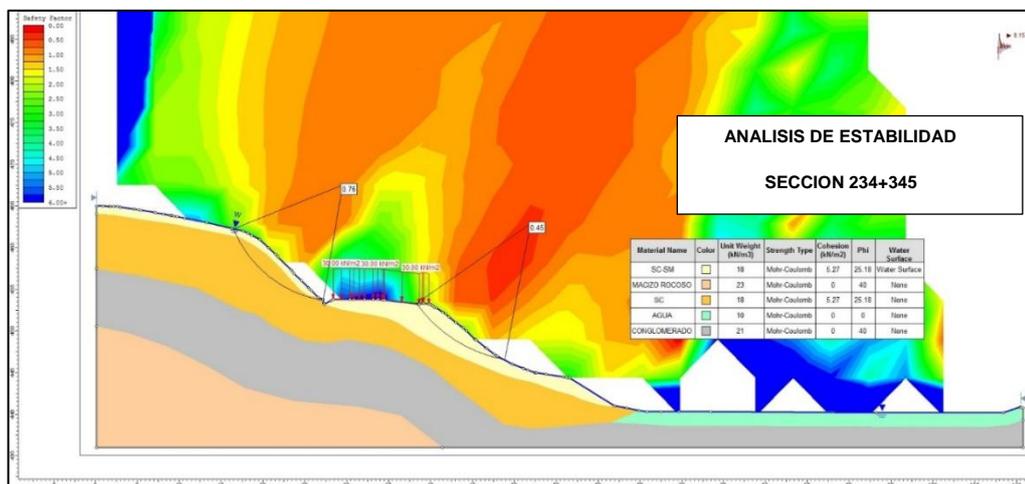


Figura 5.15: Condición pseudo-estática (FS. pseudo-estático en Condiciones saturadas = 0.45 en talud inferior y FS. pseudo-estático en Condiciones saturadas = 0.76 en talud superior).

En el Cuadro 5.3 se presenta un resumen de los FS obtenidos en los análisis.

Cuadro 5.3: Parámetros de resistencia obtenidos en el Análisis de Estabilidad.

Sector	Condiciones secas		Condiciones saturadas	
	FS Estático	FS Pseudo-Estático	FS Estático	FS Pseudo-Estático
	Talud Inferior	Talud superior	Talud Inferior	Talud superior
km 234+345 condición actual, seca	1.05	1.07	0.85	0.87
km 234+345 condición actual, saturada	0.56	0.95	0.45	0.76

Bajo estas condiciones (temporada húmeda y de saturación) se realizaron los análisis de estabilidad obteniéndose valores de factor de seguridad por debajo del mínimo establecido en condiciones estáticas y pseudo-estáticas, valores que pueden considerarse precarias o de incertidumbre. Esto concluye que el sector se encuentra en inestable durante la temporada de lluvias, los que causaron la inestabilidad y daño de las obras, poniendo en riesgo la integridad de la vía, por lo que se recomienda realizar labores de desquinche del material suelto propenso a deslizarse y proyectar obras hidráulicas menores que generen un mejor control de las aguas superficiales provenientes de las lluvias.

Análisis de Estabilidad con taludes proyectados

Se realizó el análisis de estabilidad en condiciones estáticas y pseudo-estáticas con las obras proyectadas, como perfilado y desquinche de los taludes superior e inferior obteniéndose los siguientes resultados.

En la Figura 5.16 se presenta los resultados del análisis estático y en la Figura 5.17 del análisis pseudo-estático.

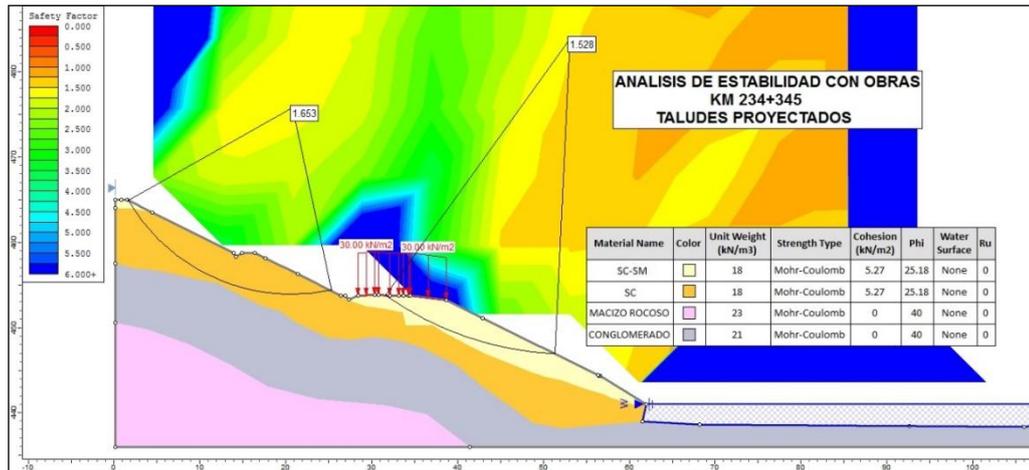


Figura 5.16: Condición estática (FS. estático = 1.528 en talud inferior y FS. estático = 1.653 en talud superior).

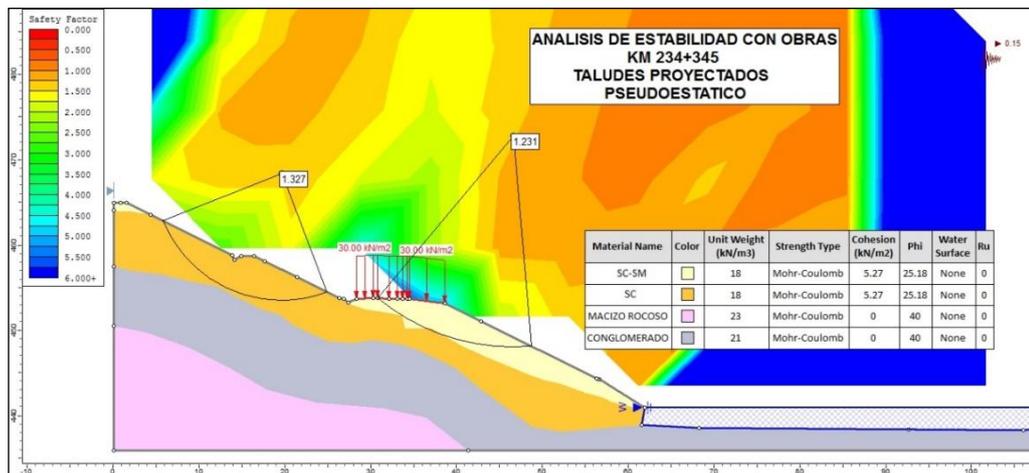


Figura 5.17: Condición pseudo-estática (FS. Pseudo-estático = 1.231 en talud inferior y FS. Pseudo-estático = 1.327 en talud superior).

De los resultados de los análisis se puede observar que en el análisis estático y pseudo-estático los valores de los factores de seguridad obtenidos superan los factores de seguridad mínimos, por lo que los taludes se mantendrán estables con estas obras.

5.4 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

5.4.1 Análisis de infiltración en situación actual

El sector presenta problemas de inestabilidad tanto en el talud superior e inferior. La causa de la inestabilidad se debe a la pérdida de resistencia cortante

del suelo que conforma el talud, esto debido a la infiltración que se da por las altas precipitaciones que se producen entre los meses de diciembre a marzo, la cual aumenta la presión de poros, disminuyendo la resistencia efectiva del suelo. Las aguas provenientes de las lluvias precipitan en el sector, en que están presentes suelos con una alta tasa de infiltración (SC y SC-SM), en la Figura 5.18 se presenta los coeficientes de permeabilidad de todos los materiales. Por este tipo de material presente se realizó el modelamiento del sistema de infiltración para analizar la profundidad y la influencia de las líneas de flujo antes y después de las obras proyectadas para el drenaje.

	100	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje	Bueno					Pobre			Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada			Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición				
					Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición. ^d							
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.											
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.											
Determinación indirecta de k		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.					
	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.								Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia			

Figura 5.18 – coeficientes de permeabilidad.

En el Cuadro 5.4 se presentan los coeficientes para los materiales del sector.

Cuadro 5.4: Valores de permeabilidad.

Material	Descripción	Valor "k"
SC	Arena arcillosa	10 ⁻³
SC-SM	Arena arcillosa	10 ⁻³
Conglomerado	Conglomerado	10 ⁻¹
Macizo rocoso	Macizo rocoso	10 ⁻⁷

En la Figura 5.19 se presentan los resultados de los análisis realizados, en las condiciones actuales, con el cual se estimó el comportamiento de los flujos sub-superficiales, en base al tipo de suelo y las precipitaciones en una sección promedio de la zona en estudio.

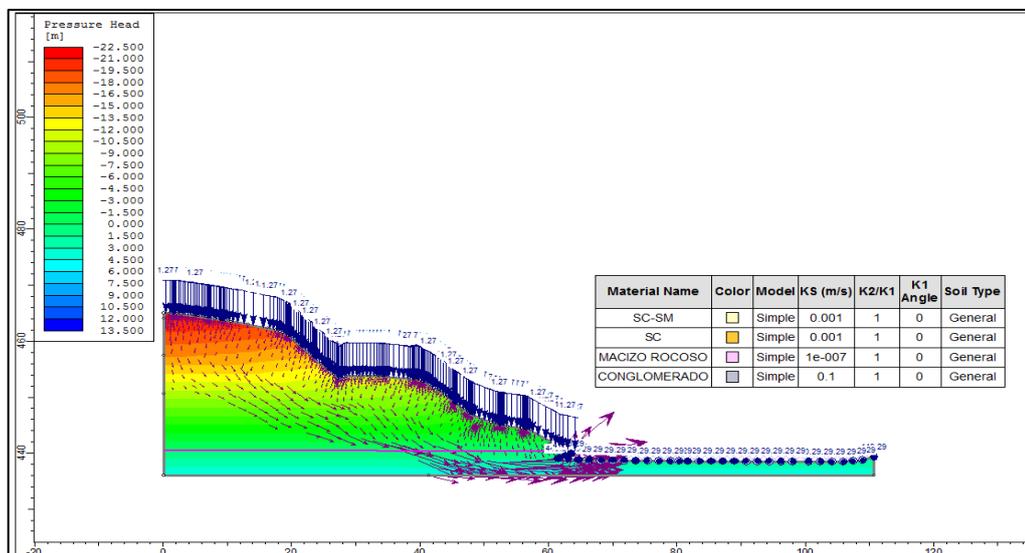


Figura 5.19: Análisis de filtraciones sin proyecto.

En la Figura 5.20 se observa el sector con las obras de drenaje proyectadas, el flujo infiltra en el talud superior e inferior, originando el drenaje superficial y sub superficial del agua proveniente de las lluvias. En la Figura 5.21 se presentan el análisis de las filtraciones con los drenes proyectados.

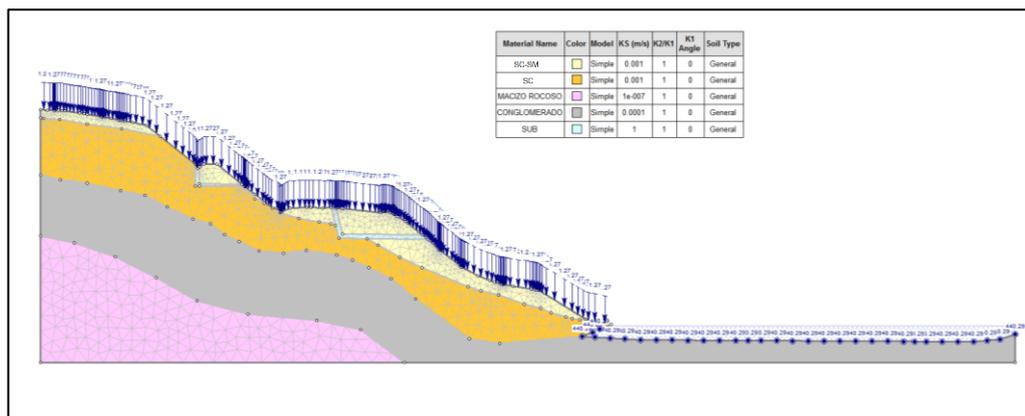


Figura 5.20: Obras de subdrenaje.

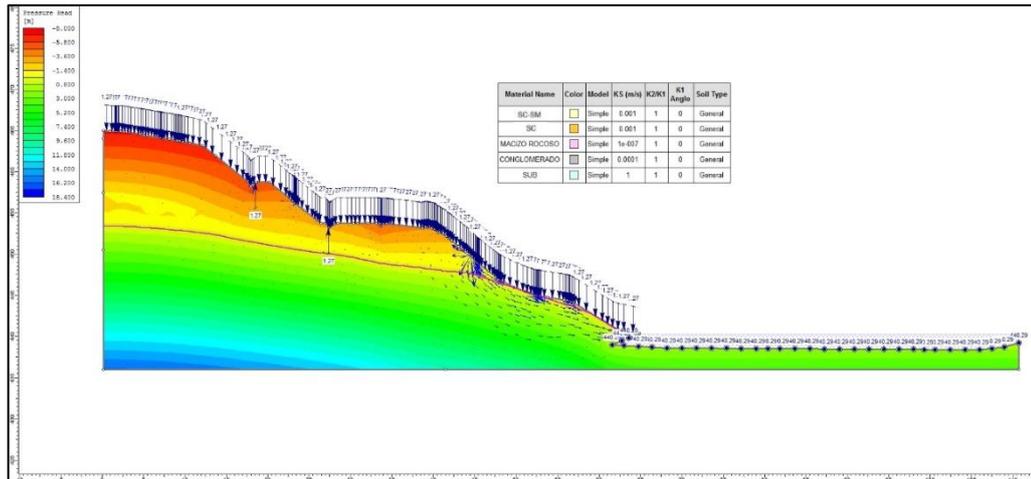


Figura 5.21: Análisis de filtraciones con proyecto.

CAPÍTULO VI. ESTUDIO DE LA SOLUCIONES

6.1 INTRODUCCIÓN

En el área de estudio km 234+345 - km 234+380, se proyectaron obras para el control del problema y obras de remediación, para habilitar el normal tránsito. Las obras proyectadas para habilitar el sector son:

Obras para el control del problema

- Bordillo de descarga exterior km 234+310 al km 234+390.
- Descarga a la salida de la alcantarilla km 234+307.50
- Subdrenaje en el talud superior e inferior.

Obras de remediación

- Demolición y reposición de estructura del pavimento en zonas afectadas del km 234+320 al km 234+390.
- Barreras de Seguridad km 234+310 al km 234+400.
- Reconformación de la plataforma (terraplén con dren) km 234+330 al km 234+370.
- Perfilado y desquinche del talud superior del km 234+325 al km 234+380.
- Reposición de cunetas y paños fallados km 234+325 al km 234+380.

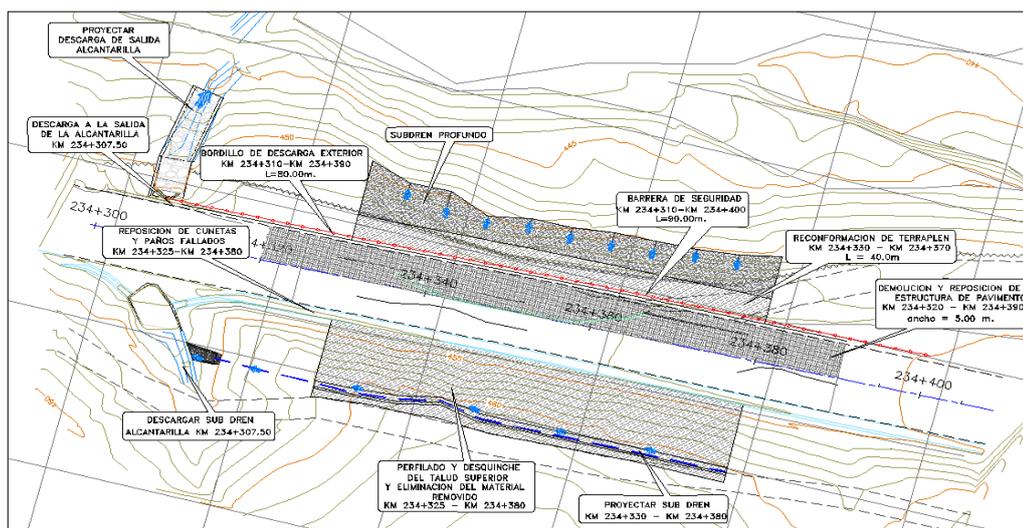


Figura 6.1: Disposición de obras proyectadas en el sector.

En los siguientes párrafos se presentan los detalles de las obras implementadas para el sector.

6.2 DESCRIPCIÓN DE OBRAS PROPUESTAS

6.2.1 Reconformación de la plataforma (terraplén) km 234+330 al km 234+370

Reconformación de terraplén de la progresiva km 234+330 a km 234+370 como se indica detalladamente en la Figura 6.3, ya que dicho sector se observa el fenómeno de deslizamiento y hundimiento de plataforma, el cual fue explicada en la descripción del problema.

En la Figura 6.2 se observa todas las obra que se proyectan para dejar estable y transitable el sector.

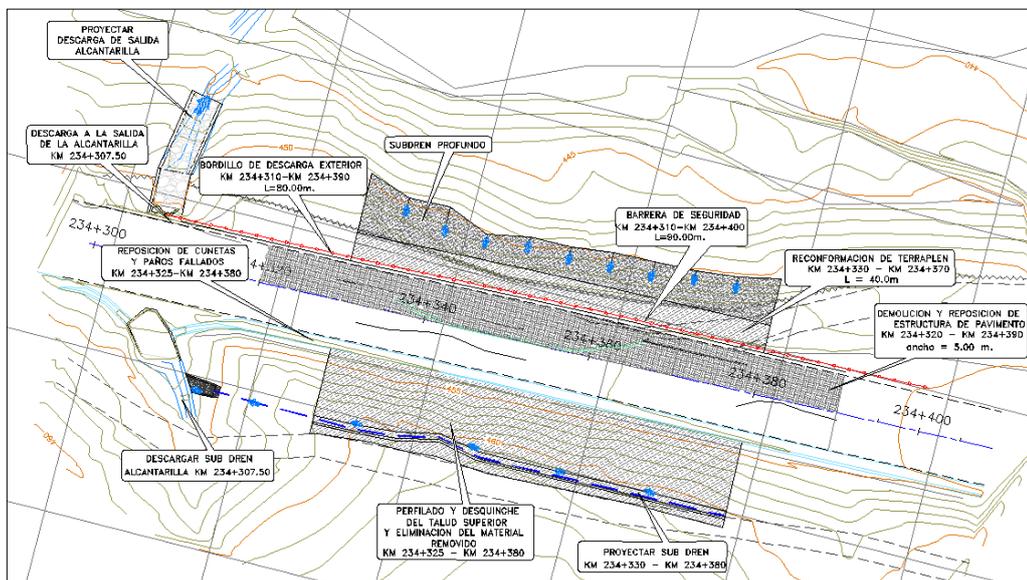


Figura 6.2: Disposición de obra proyectada.

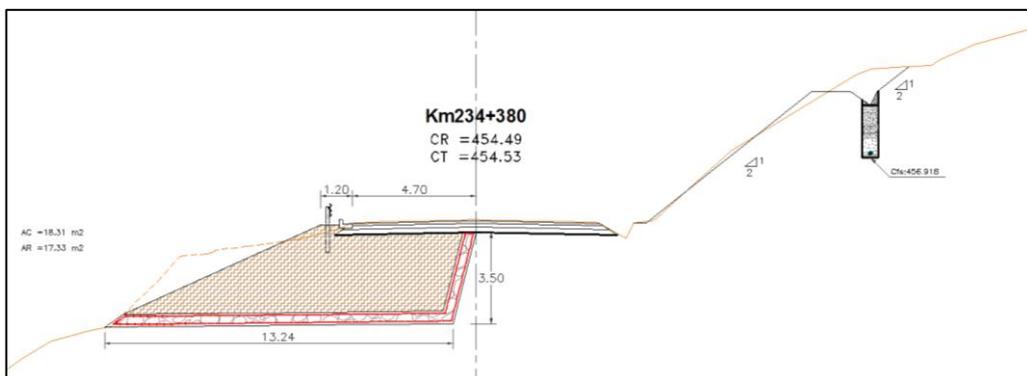


Figura 6.3: Sección Típica de Reconformación.

6.2.2 Bordillo de descarga exterior km 234+310 al km 234+390

Se proyecta bordillo lado izquierdo de la vía desde la progresiva 234+310 hasta 234+390, con una longitud de 80.00 m con el fin de captar, conducir y descargar las aguas superficiales de la vía como se presenta en la Figura 6.4.

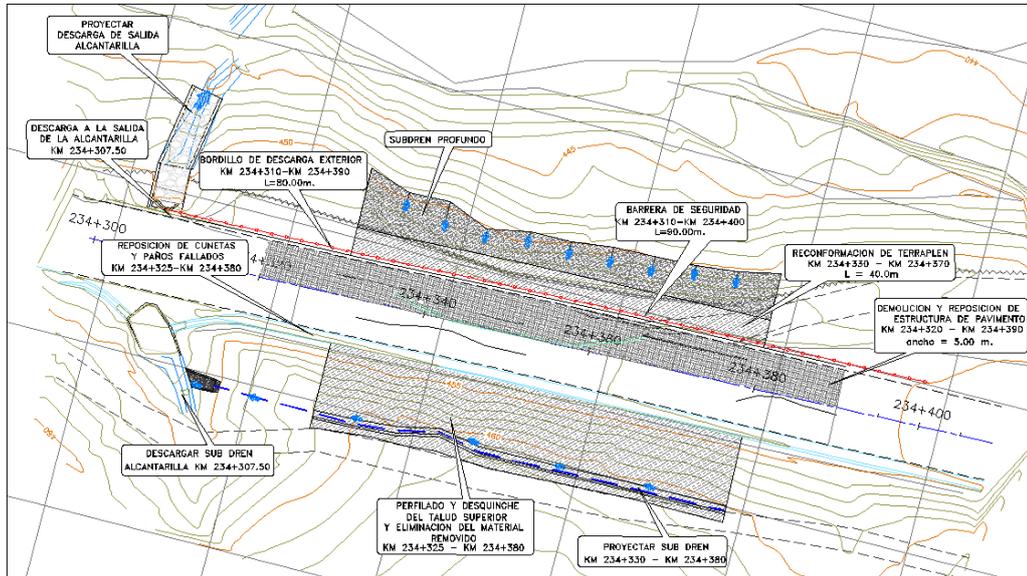


Figura 6.4: Disposición de obra proyectada.

En la Figura 6.5 se presenta el detalle del bordillo proyectado.

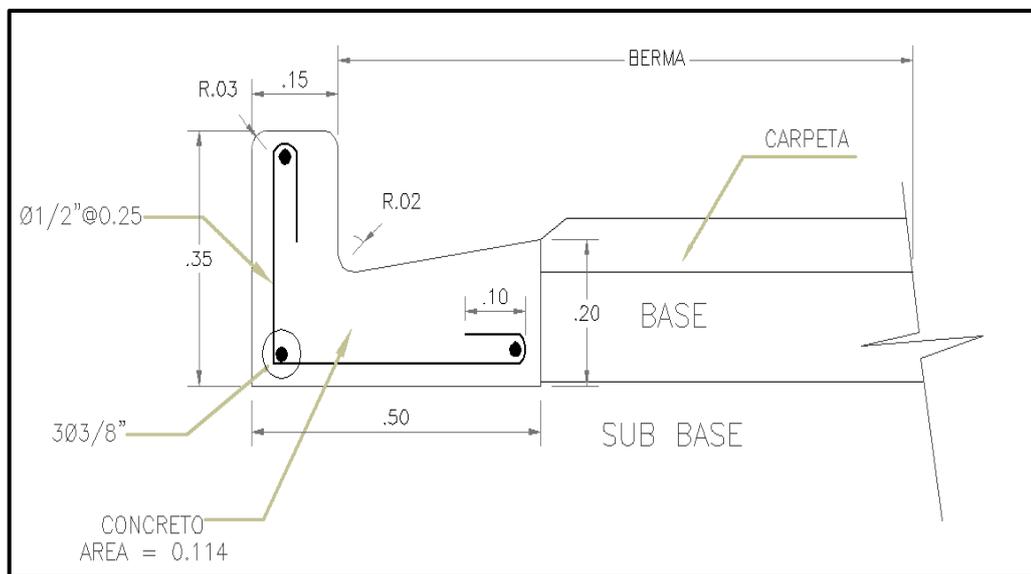


Figura 6.5: Sección Típica de Bordillo.

6.2.3 Descarga a la salida de la alcantarilla km 234+307.50

Se proyecta una descarga a la salida de la alcantarilla existente para que el agua fluya y no afecte ni erosione al pie del talud inferior Figura 6.6 y Figura 6.7. La descarga será de concreto simple de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$

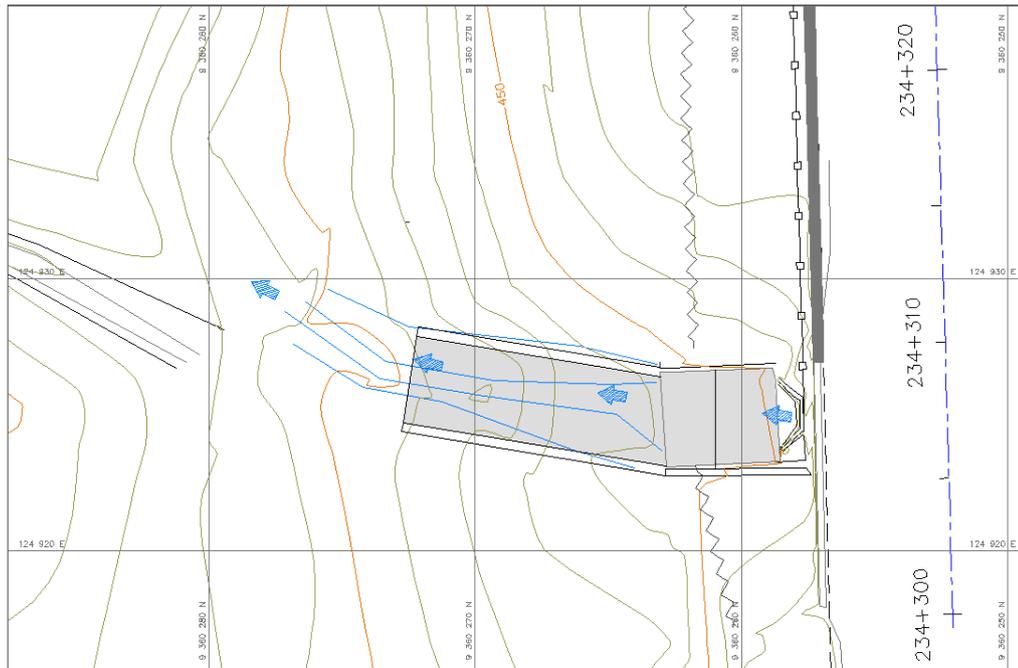


Figura 6.6: Vista en planta de la descarga a la salida de la alcantarilla existente.

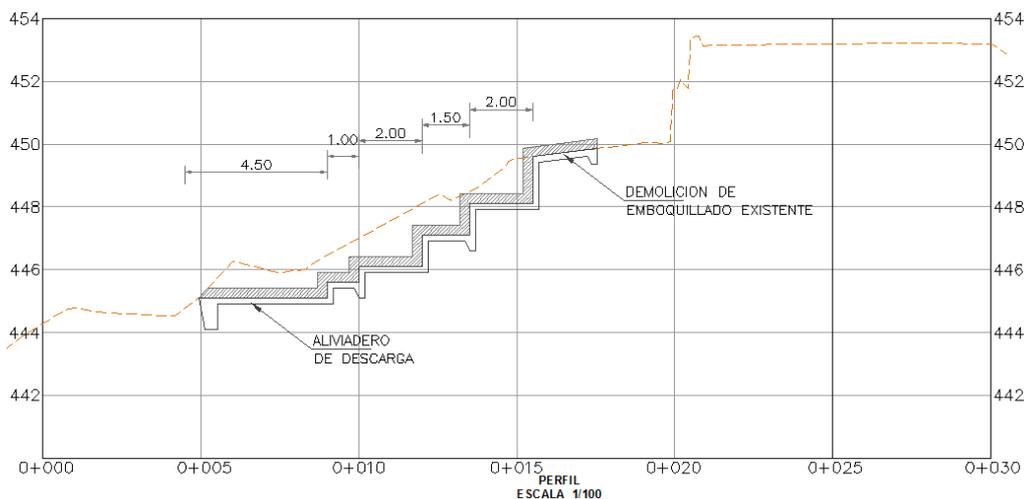


Figura 6.7: Perfil de la descarga proyectada.

6.2.4 Reposición de cunetas y paños fallados km 234+325 al km 234+380

En el presente sector se han encontrado cunetas en el carril derecho de la vía, los cuales debido a los fenómenos de deslizamientos se encuentran colapsadas o en mal estado presentando deformaciones y fisuras. Es por ello que deberán realizarse trabajos de reparación de cunetas afectadas, manteniendo su sección hidráulica actual.

Características las cunetas a reparar:

- ✓ Ubicación (km) : km 234+325 – km 234+380
- ✓ Longitud Total (m) : 55.00

6.2.5 Perfilado y desquinche del talud superior y eliminación del material removido. km 234+325 al km 234+380.

Como se analizó, la situación actual nos muestra que el talud presenta material suelto deslizable y algunos bloques propensos a caer. Para poder mitigar estos efectos se realizaran trabajos de corte, perfilado y desquinche en el talud superior tratando de mantener su geometría actual en las ares que indica la Figura 6.8. El perfilado abarcará el talud ubicado entre las progresivas km 234+325 – km 234+380.

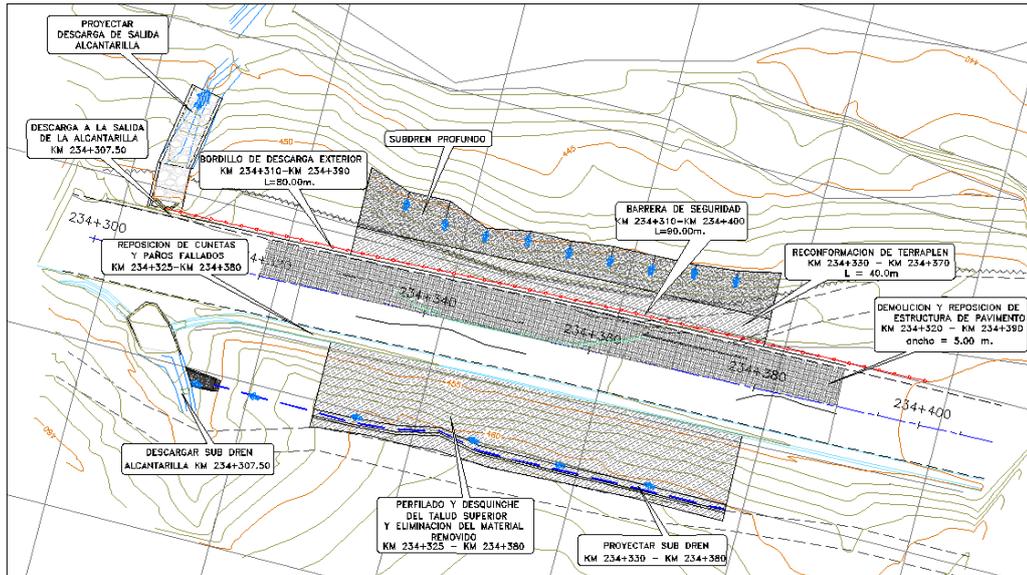


Figura 6.8: Vista en planta de Obras a proyectarse.

6.2.6 Demolición y reposición de estructura del pavimento en zonas afectadas por las obras proyectadas km 234+320 al km 234+390.

En las zonas donde las obras proyectadas involucren al pavimento, se deberá reconstruir la estructura con los espesores con las cuales fue diseñada Figura 6.9, ya que los problemas presentados se deben a condiciones ajenas al diseño estructural.

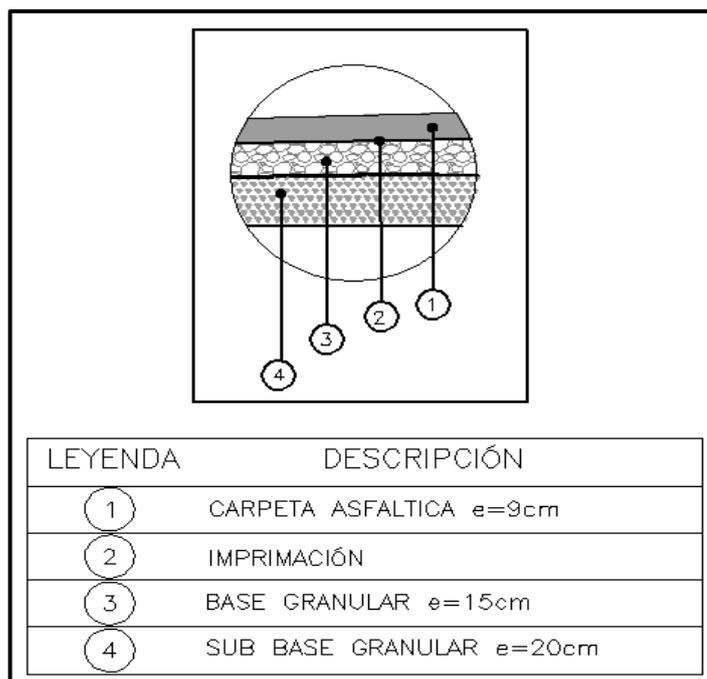


Figura 6.9: Detalle de la estructura del pavimento.

Los espesores de la estructura del pavimento a utilizar son:

- Carpeta asfáltica : 9.00 cm,
- Base granular : 15.00 cm,
- Sub base granular : 20.00 cm.

6.2.7 Barreras de Seguridad km 234+310 al km 234+400.

Se implementará el adecuado sistema de señalización horizontal y vertical así como se instalarán elementos de seguridad vial (barreras de seguridad) de manera a garantizar el tráfico seguro y preventivo. Las barreras de seguridad estarán ubicadas entre las progresivas km 234+310 – km 234+400. La altura que presenta el terraplén es superior a 4m y con una pendiente mayor a 1:4 (V:H) por lo que se incluirá barrera de seguridad o guardavía en la zona. En la Figura 6.10 se muestra la ubicación y en la Figura 6.11 se muestra el detalle.

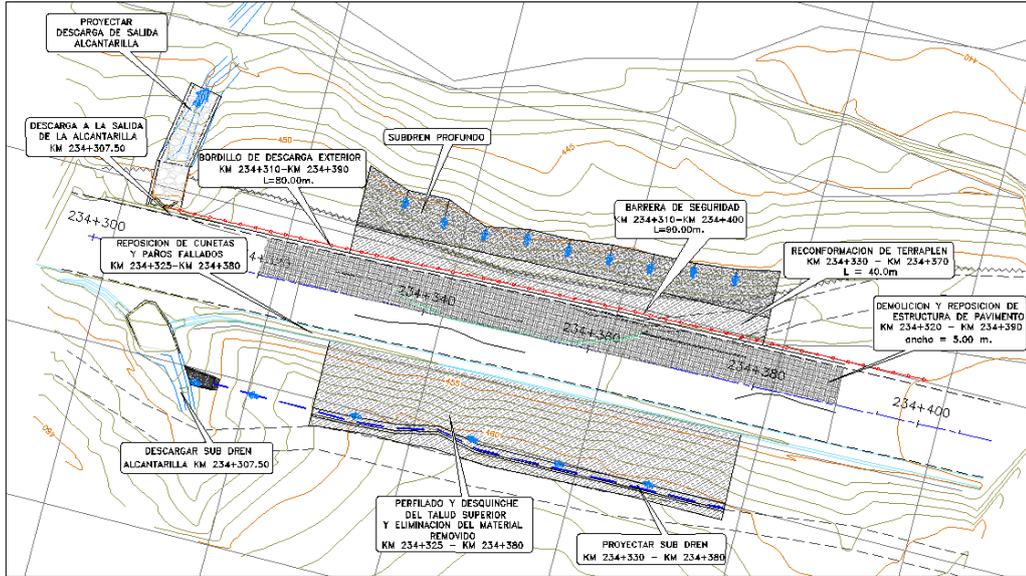


Figura 6.10: Vista en planta de Obras a proyectarse.

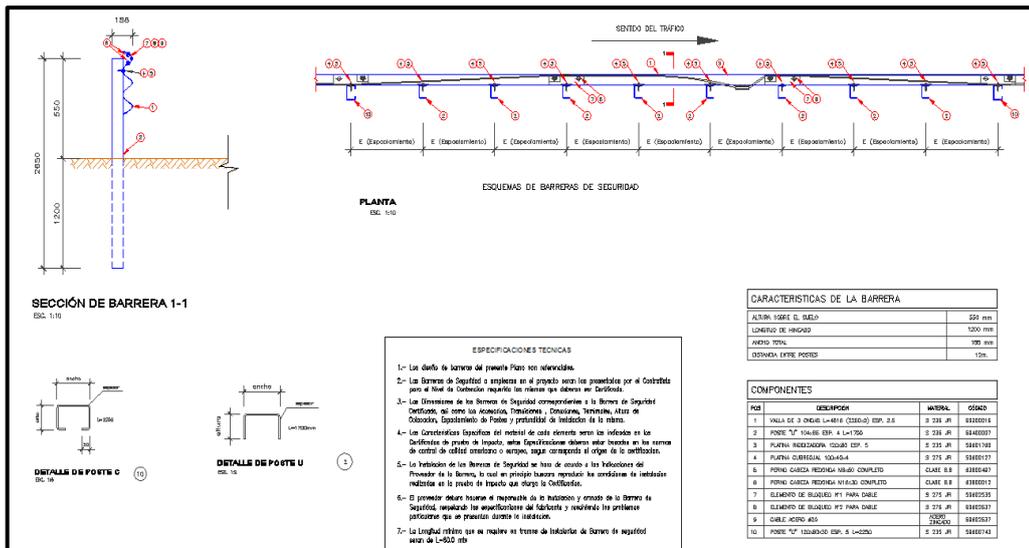


Figura 6.11: Detalle de los Guardavías.

6.2.8 Subdrenaje en el talud superior e inferior

En el talud superior se proyecta la colocación de un subdren en las banquetas, con el fin de captar las filtraciones que se producen. Se colocara un subdren de 1.00m de ancho y 1.50m de altura, con una capa de filtro y una tubería PVC de 4" ranurada.

En el talud inferior, se proyecta un subdren profundo, debajo de la conformación del terraplén, después de remover los suelos sueltos. Los

colchones consisten de una capa de material grueso permeable (filtro de grava entre 1" a 2"), de aproximadamente 50cm de espesor, envueltas por dos mantos de geotextil.

En la Figura 6.12 se presenta la ubicación de las obras de subdrenaje.

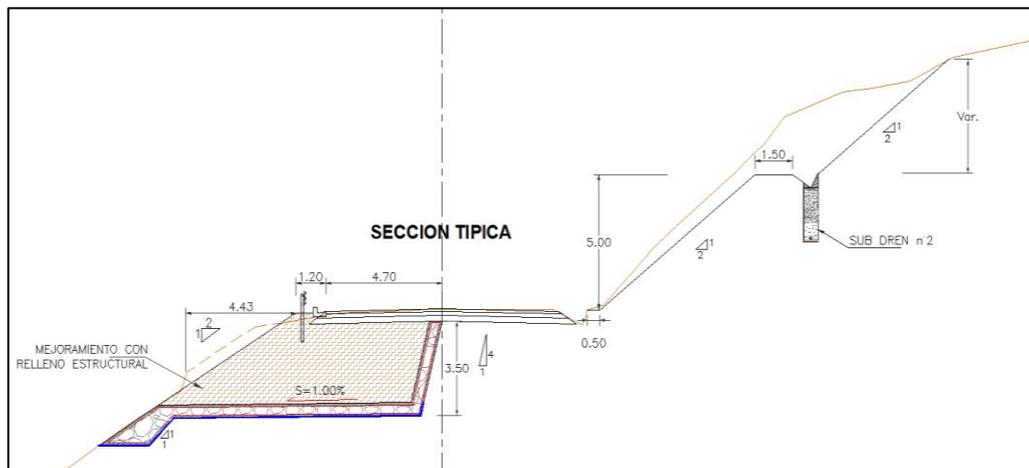


Figura 6.12: Subdrenaje.

Las progresivas de inicio y fin se mencionan en la descripción y los planos de obra. En el Anexo VII – Planos, se adjunta los detalles de cada una de las obras proyectadas para el presente sector.

CAPÍTULO VII. SUGERENCIAS POST CONSTRUCCIÓN

- Para el análisis de estabilidad de taludes en los términos de referencia se indican un método de análisis de equilibrio límite, para los próximos análisis se sugiere analizar también por otros métodos de equilibrio límite para poder hacer una comparación de los valores de los factores de seguridad y poder realizar un análisis con el método que da como resultado el menor factor de seguridad.
- En la reconfiguración de terraplén de la mitad de la vía del km 234+330 al km 234+370 como se indica detalladamente en la Figura 0.3, se sugiere la reconfiguración del terraplén en todo el ancho de calzada.
- Para los cálculos de intensidad máxima de lluvias se debe de realizar los cálculos para un periodo de retorno $T_r = 150$ años, ya que en la actualización de la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones ahora exige en sus estudios.
- Para el informe se opta por utilizar un coeficiente de aceleración sísmica de 0.15 g correspondiente al 50% de la aceleración de la zona de estudio (0.30 g), sugerido por los especialistas de Naylamp Ingenieros y (Abramson, 2002). Al respecto la CE 020 Estabilización de Suelos y Taludes del RNE menciona que “El coeficiente sísmico para el análisis pseudo estático corresponderá a un sismo de 475 años de periodo de retorno”, por lo cual se sugiere para los nuevos proyectos realizar los análisis con estas aceleraciones sísmicas.
- La visita de campo para la evaluación de los daños del sector fueron realizados entre Junio y Agosto, se sugiere realizar las visitas de campo en las épocas de mayor precipitación, para poder observar mejor los daños que se presentan por la presencia de fuertes lluvias, las que se presentan entre los meses de Octubre a Marzo según los registros de precipitaciones pluviales mensuales de la estación pluviométrica Jamalca del Senamhi.

CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El tramo km 234+345 al km 234+380, presenta problemas de inestabilidad en el talud superior e inferior, debido a las lluvias que se presentan en el sector, las cuales presentan hundimiento de la plataforma en el carril interno, contigüo al talud superior y empuje lateral del talud superior sobre la cuneta, indicativa de flujo sub superficial que debe ser crítico en temporada de fuertes precipitaciones (meses de diciembre a marzo), lo que ha originado la desestabilización de los taludes.
- Con base en las investigaciones de campo, levantamientos topográficos y evaluación geotécnica del sector se determinó la magnitud de la intervención y las obras a proyectar para la rehabilitación del sector.
- Las obras proyectadas para la estabilización del sector fueron:
 - ✓ Reconformación de la plataforma (terraplén) km 234+330 al km 234+370.
 - ✓ Bordillo de descarga exterior km 234+310 al km 234+390.
 - ✓ Descarga a la salida de la alcantarilla km 234+307.50
 - ✓ Reposición de cunetas y paños fallados km 234+325 al km 234+380.
 - ✓ Perfilado y desquinche del talud superior y eliminación del material removido, km 234+325 al km 234+380.
 - ✓ Demolición y reposición de estructura del pavimento en zonas afectadas por las obras a realizar km 234+320 al km 234+390.
 - ✓ Barreras de Seguridad km 234+310 al km 234+400.
 - ✓ Subdrenaje en el talud superior e inferior.
- Para las obras de concreto se recomienda el uso del cemento portland tipo I y tipo V, de acuerdo con los ensayos de sales adjuntado en el Anexo IV.
- Los estudios realizados, serán utilizados exclusivamente en el kilometraje indicado del sector en estudio.
- En la reconformación de la vía, el material de sub base es reutilizable al 100%, el material de base en un 80%. En cuanto al material de terraplén proveniente de excavación y el existente en el sector podría ser reutilizables.

Recomendaciones

- Para un buen control de ahuellamiento se deberá realizar la Prueba Hamburgo Wheel Track Testing (AASHTO T 324-04) (Ensayo de Rueda Cargada).

BIBLIOGRAFÍA

- Abramson, L.W. Lee, T.S., Sharma, S., and Boyce, G.M. Slope Stability and Stabilization Methods by, John Wiley & Sons, Inc, New York. 2002.
- Clough, R. W.; Woodward, R. J, Analysis of Embankment Stresses and Deformations. Revista of the Soil Mechanics and Foundations Division. pp. 529 – 549 1967.
- Cundall, P. A.; Strack, O. D. L. A discrete numerical model for granular assemblies. Géotechnique, v. 29, n. 1, p. 47–65, 1979.
- Ferrás Ferreira J. L., “Análise de estabilidade de taludes pelos métodos de Janbu e Spencer”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- Fredlund D.G., Krahn J. Comparison of slope stability methods of analysis. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 14, pp.429-439, 1977.
- Gerscovich D. M. S., Notas de aula de estabilidade de taludes, UERJ. 2009.
- Highland Lynn N., “O Manual de Deslizamento – Um Guia para a Compreensão de Deslizamentos”, Serviço Geológica dos Estados Unidos, 2008.
- Iñiguez J. I., “Métodos para el análisis de la estabilidad de pendientes”, Universidad de Cuenca, 2011.
- Jimenez P. “Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un sig en la cuenca vertiente al embalse de rules, granada” Universidad de Granada, 2005.
- Krahn J., The 2001 R.M. Hardy lecture: The limits of limit equilibrium analyses. Canadian Geotechnical Journal, Vol.40, pp. 643-660, 2003.

- Manual teórico do DEMOOP – Versão 1.0. Laboratório de Computação Científica e Visualização – LCCV, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, 2009.
- Mendoza Pacheco P. G., “Análise Numérica do Fluxo e da Estabilidade de uma Pilha de Lixiviação de Minério de Cobre” PUC-Rio, 2005.
- Moreira Da Silva J. P., “Os métodos de equilíbrio limite e dos elementos finitos na análise de estabilidade de taludes” Facultad de Ingeniería Universidad de Porto, 2011.
- Naylamp Ingenieros, “Estudio de suelos, ensayos de laboratorio, topografía, fuentes de agua del sector km 234+345 – km 234+380 del tramo III de la carretera interoceánica norte”, 2014.
- Oded Katz, Julia K. Morgan, Einat Aharonov, Brandon Dugan, “Controls on the size and geometry of landslides: Insights from discrete element numerical simulations”. *Geomorphology* 220 pp.104-113, 2014.
- Prado da Silva J. A.; “Estudo da influência da perda de coesão na estabilidade de taludes utilizando o método dos elementos discretos”. CTEC/UFAL, 2014.
- Sanabria S. “Simulação numérica do comportamento ao arrancamento de estacas tubulares vazadas”, LECIV- Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2015.
- Senami, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Oficina General de Estadística e Informática, 2014.
- Tominaga, L. K., Santoro J., Amaral R, “Desastres naturais: conhecer para prevenir”, Instituto Geológico, São Paulo. 2009.
- Zienkiewicz, O. C.; TAYLOR, R. L, *The Finite Element Method*. Vol.1, McGraw-Hill, 1975.

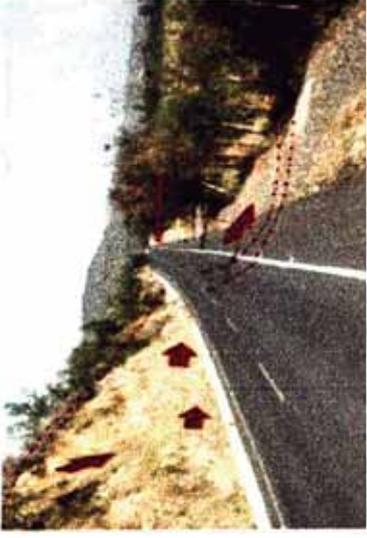
Anexos

- I.- Monografía del Sector
- II.- Información Pluviométrica
- III.- Registro de Investigaciones de Campo.
- IV.- Ensayos de Campo y Laboratorio.
- V.- Memorias de Cálculo.
- VI.- Ensayos de canteras.
- VII.- Planos.

Anexo I

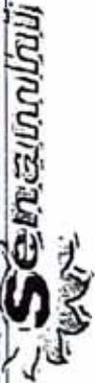
Monografía del Sector.

Monografía

Sector Crítico	Fotografía	Progresiva Km	Estudios e Investigaciones	Descripción del Problema	Medidas Correctivas				
KM 234+345 al KM 234+380	 <p>VISTA GENERAL DEL PROBLEMA</p>	KM 234+345 al KM 234+380	<ul style="list-style-type: none"> Levantamiento Topográfico. Mapeo geológico y geotécnico. Líneas de refracción sísmica. Excavación de 2 calicatas y 2 trincheras, con ensayos de laboratorio y Corte directo. 	<p>El sector ubicado en la progresiva km 234+345 presenta problemas de inestabilidad en el talud superior e inferior por el fenómeno de saturación del estrato que conforma la plataforma, generando pérdida en sus parámetros de resistencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Reconformación de la plataforma (terraplén) km 234+330 al km 234+370. Bordillo de descarga exterior km 234+310 al km 234+390. Descarga a la salida de la alcantarilla km 234+307.50 Reposición de cunetas y paños fallados km 234+325 al km 234+380. Perfilado y desquinche del talud superior y eliminación del material removido. Km 234+325 al km 234+380. Demolición y reposición de estructura del pavimento en zonas afectadas por las obras a realizar km 234+320 al km 234+390. Barreras de Seguridad km 234+310 al km 234+400. Subdrenaje en el talud superior e inferior. 				
									
RIESGO	AA	MUY ALTA	A	ALTA	M	MEDIA	B	BAJA	MUY BAJA

Anexo II

Información Pluviométrica



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : JAMALCA / 152206 / DRE-02

LAT. : 5 ° 53' "S" DPTO. : AMAZONAS
LONG. : 78 ° 14' "W" PROV. : UTCUBAMBA
ALT. : 1189 msnm DIST. : JAMALCA

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

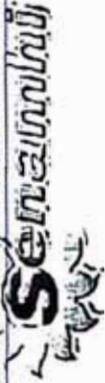
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1964	19.0	24.0	34.0	27.0	28.0	10.0	30.0	20.0	7.0	15.0	34.0	9.0
1965	10.0	16.0	34.0	24.0	34.0	15.0	37.0	6.0	11.0	12.0	48.0	50.0
1966	27.0	5.0	45.0	18.0	37.2	29.7	5.0	12.8	6.4	57.9	18.9	9.2
1967	29.9	26.5	40.0	28.5	9.5	29.0	10.0	3.0	27.0	18.5	12.0	46.5
1968	6.0	37.0	26.0	18.5	35.0	5.9	6.0	8.5	36.0	35.0	20.6	9.0
1969	15.3	49.0	48.0	25.0	15.0	14.0	9.5	10.0	10.1	0.0	23.0	51.5
1970	30.0	19.1	19.8	26.0	38.0	S/D	25.0	4.0	24.0	16.0	20.0	15.2
1971	18.0	26.3	28.0	46.8	59.5	15.1	28.5	12.0	15.1	49.8	20.8	23.5
1972	27.1	24.3	86.9	30.2	20.2	5.2	8.1	8.2	9.5	15.3	25.2	43.5
1973	33.0	18.2	25.6	21.2	8.5	23.2	12.1	15.3	28.1	21.2	12.5	25.7
1974	22.8	15.3	45.2	55.1	12.1	26.3	0.0	8.3	75.2	12.1	18.1	23.3
1975	13.1	23.4	16.5	58.2	25.3	18.5	12.8	15.2	8.9	29.1	21.2	0.0
1976	8.1	18.3	22.5	12.2	25.1	12.1	0.0	15.1	15.6	15.2	15.6	12.1
1977	21.3	29.3	25.3	8.1	12.3	5.0	13.1	12.1	12.4	33.5	17.4	8.1
1978	8.1	12.2	14.3	12.1	9.2	12.1	12.5	8.1	15.6	9.4	22.1	22.1

S/D= Sin Dato
T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : NAYLAMP INGENIEROS SAC
LIMA, 16 DE ENERO DEL 2014

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
TOTAL O PARCIAL**

Ing. Oswaldo Nique Asmat
Cefeor de la Oficina de Servicio al Cliente
SENAMHI



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : JAMALCA / 152206 / DRE-02

LAT. : 5 ° 53' "S" DPTO. : AMAZONAS

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LONG. : 78 ° 14' "W" PROV. : UTCUBAMBA

ALT. : 1189 msnm DIST. : JAMALCA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1979	30.3	8.1	9.2	8.1	9.2	9.1	12.3	15.2	12.2	0.0	19.3	8.4
1980	9.5	16.6	12.3	10.2	16.3	20.2	9.2	0.0	9.1	19.0	8.1	12.1
1981	18.3	28.5	47.5	12.1	30.2	15.5	2.1	14.1	5.2	47.5	12.8	15.3
1982	32.2	22.2	21.2	14.9	27.3	15.3	0.0	0.0	S/D	80.8	29.2	93.0
1983	27.6	119.5	105.5	59.2	12.3	12.2	13.4	21.2	14.2	104.2	19.4	34.4

Ing. Oswaldo Nique Asmat
Director de la Oficina de Servicio al Cliente
SENAMHI

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
TOTAL O PARCIAL

S/D= Sin Dato
T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : NAYLAMP INGENIEROS SAC
LIMA , 16 DE ENERO DEL 2014



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ESTACION : JAMALCA / 152206 / DRE-02 LAT. : 5 ° 53' "S" DPTO. : AMAZONAS
 PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) LONG. : 78 ° 14' "W" PROV. : UTCUBAMBA
 ALT. : 1189 msnm DIST. : JAMALCA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1986	S/D	S/D	S/D	S/D	36.8	29.5	4.3	17.9	68.8	32.2	12.1	14.1
1987	12.1	9.3	12.1	26.3	14.5	0.0	16.3	12.1	0.0	9.1	12.0	9.5
1988	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	12.5	60.3	16.7	19.2
1989	10.6	15.1	12.1	11.1	9.2	12.1	8.2	36.2	23.2	37.8	9.1	0.0
1990	19.2	12.1	20.5	12.1	9.2	11.4	7.2	8.1	12.2	16.2	9.1	9.1
1991	12.1	12.1	0.0	23.1	12.1	12.2	0.0	0.0	9.1	51.2	33.8	47.2
1992	21.4	0.0	20.5	33.2	8.2	9.2	0.0	8.2	18.8	33.7	22.5	33.9
1993	22.3	31.7	46.6	38.0	13.9	18.2	15.0	10.3	8.4	24.2	52.2	33.4
1994	27.5	18.7	27.4	38.6	14.1	17.7	22.3	6.2	17.9	3.5	13.0	37.8
1995	14.2	30.3	31.9	25.9	12.3	27.5	8.5	3.8	3.8	38.5	53.2	56.3
1996	48.2	30.2	51.3	26.5	16.7	28.7	8.9	4.6	11.9	19.6	45.3	21.5
1997	16.0	32.8	59.1	74.0	21.8	33.9	16.6	8.2	39.0	42.2	30.3	45.2
1998	121.5	111.8	88.4	90.5	39.5	24.5	12.3	31.2	38.2	72.0	166.4	43.0
1999	95.9	72.2	149.9	90.5	34.8	36.2	11.9	24.2	58.8	81.0	92.5	106.5
2000	83.5	69.2	96.8	64.8	109.8	37.5	11.9	28.9	98.5	15.5	15.2	47.7

S/D= Sin Dato
 T = Traza

PROHIBIDA SU REPRODUCCION
TOTAL O PARCIAL

INFORMACION PREPARADA PARA : NAYLAMP INGENIEROS SAC
 LIMA , 16 DE ENERO DEL 2014

Ing. Oswaldo Nique Asmat
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente
 SENAMI



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : JAMALCA / 152206 / DRE-02

LAT. : 5 ° 53 ' "S" DPTO. : AMAZONAS

PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LONG. : 78 ° 14 ' "W" PROV. : UTCUBAMBA

ALT. : 1189 msnm DIST. : JAMALCA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2001	79.7	21.2	76.2	46.5	51.2	23.8	16.7	10.2	40.9	40.5	46.8	67.5
2002	36.2	25.5	63.8	71.8	105.5	0.0	45.1	18.8	9.0	77.7	32.5	25.1
2003	38.4	12.6	30.5	26.8	26.9	22.5	4.4	7.9	13.3	31.1	20.4	35.5
2004	34.8	34.8	56.9	38.5	12.8	6.8	4.7	10.4	42.9	27.6	46.6	48.5
2005	53.9	48.0	30.3	35.7	5.4	28.6	6.5	20.1	39.4	82.2	37.9	70.6
2006	37.7	51.4	66.8	45.8	10.8	13.5	39.9	6.1	8.3	52.8	72.8	47.1
2007	41.5	62.3	29.7	13.2	26.0	5.2	14.7	16.8	2.9	32.0	47.4	39.1
2008	47.2	101.9	44.9	49.1	62.7	11.8	13.6	4.6	9.3	28.1	21.6	35.9
2009	56.8	27.2	67.5	45.9	15.9	17.0	9.2	10.9	27.5	7.4	44.0	41.7
2010	18.0	58.1	19.5	18.0	21.0	5.0	25.8	6.0	7.9	31.7	30.8	62.0
2011	42.2	83.9	63.8	25.9	29.3	9.8	7.0	2.0	8.2	33.4	62.3	50.8
2012	62.3	21.0	49.7	18.2	12.6	7.0	4.2	4.2	8.5	23.1	49.8	17.4

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

TOTAL O PARCIAL

.....
 Ing. Oswaldo Nique Asmal
 Director de la Oficina de Servicio al Cliente
 SENAMHI

S/D= Sin Dato
 T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : NAYLAMP INGENIEROS SAC
 LIMA , 16 DE ENERO DEL 2014

Anexo III
Registro de
Investigaciones de
Campo.

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 1

PROYECTO : SECTORES CRITICOS IIRSA NORTE, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO
SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS S.A.C
UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380 DE LA CARRETERA RIOJA - CORRAL QUEMADO
COORDENADAS : E: 0124978 N: 9360273
REVISADO : L.J.V.D.
FECHA DE EXCAVACIÓN : 02/09/2013
PROFUNDIDAD (m) : 2.20
PROF. N. FREÁTICO (m) : NP

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia			Nº DE MUESTRA
				humedad natural			
				LL %	LP %	HM %	
0.10 0.50 1.00 1.10	Arena limo arcillosa con grava, de forma sub angular, color marrón claro, húmeda, finos plásticos.	SC - SM	A-1-b (0)	17.28	10.53	10.40	M1
1.50 2.00 2.50 3.00 3.50 4.00	Arena arcillosa, color marrón claro, húmeda, finos plásticos.	SC	A-2-4 (0)	22.75	13.83	13.90	M2




Referencias :
 NTP 339 150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
 NTP 339 136 (1999) "SUELOS Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 2

PROYECTO : SECTORES CRITICOS IIRSA NORTE, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS S.A.C

REVISADO : L.J.V.D.

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380 DE LA CARRETERA RIOJA - CORRAL QUEMADO

FECHA DE EXCAVACIÓN : 02/09/2013

COORDENADAS : E: 0124955 N: 9360279

PROFUNDIDAD (m) : 2.20
PROF. N. FREÁTICO (m) : NP

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia humedad natural			Nº DE MUESTRA
					LL %	LP %	H.N. %	
0.10		Arena limo arcillosa con grava, de forma sub angular, color gris oscuro, húmeda, finos plásticos.	SC - SM	A-1-b (0)	20.69	15.21	17.10	M1
1.10								
1.50		Arena arcillosa con grava, de forma sub angular, color marrón claro, húmeda, finos plásticos.	SC	A-2-4 (0)	22.82	12.88	13.40	M2
2.20								
2.30								
3.00								




Referencias :

- NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

TRINCHERA : T - 1

PROYECTO : SECTORES CRITICOS IIRSA NORTE, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS S.A.C

REVISADO : L.J.V.D.

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380 DE LA CARRETERA RIOJA - CORRAL QUEMADO

FECHA DE EXCAVACIÓN : 02/09/2013

COORDENADAS : E: 0124976 N: 9360225

PROFUNDIDAD (m) : 2.10
PROF. N. FREÁTICO (m) : NP

GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia humedad natural			Nº DE MUESTRA
				LL %	LP %	HR %	
0.10 0.50 1.00 1.10	Arena limosa con grava, de forma sub angular, color gris oscuro, húmeda, finos no plásticos.	SM	A-1-b (0)	N.P.	N.P.	12.40	M1
1.30 2.00 2.10	Arena limo arcillosa, color plomo oscuro, húmeda, finos plásticos.	SC - SM	A-2-4 (0)	16.56	11.54	11.54	M2
2.50 3.00							

Referencias

- NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

TRINCHERA : T - 2

PROYECTO : SECTORES CRITICOS IIRSA NORTE, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS S.A.C

REVISADO : L.J.V.D.

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380 DE LA CARRETERA RIOJA - CORRAL QUEMADO

FECHA DE EXCAVACIÓN : 02/09/2013

COORDENADAS : E: 0124974 N: 9360243

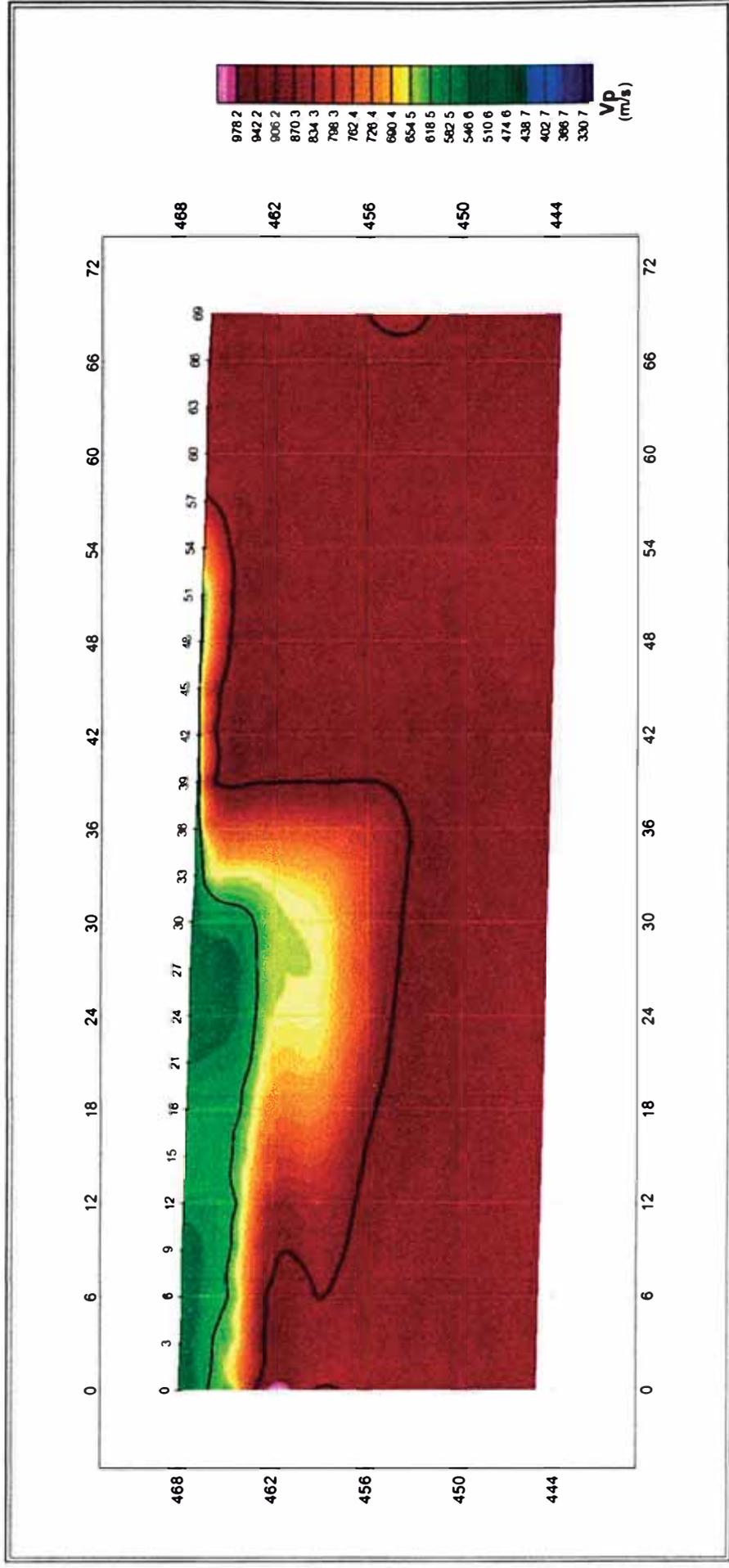
PROFUNDIDAD (m) : 2.10
PROF. N. FREÁTICO (m) : NP

PROF. (m)	GR A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolos / cantos, etc.	SUCS	AASHTO	Límites de consistencia			N° DE MUESTRA
					humedad natural			
					LL %	LP %	HM %	
0.10		Arena limosa con grava, de forma angular, color plomo oscuro, húmeda, finos no plásticos.	SM	A-1-a (0)	N.P.	N.P.	11.20	M1
0.50								
1.00		Arena limo arcillosa con grava, de forma angular, color marrón oscuro, húmeda, finos plásticos.	SC - SM	A-1-a (0)	19.61	15.93	14.40	M2
1.10								
1.50								
2.00								
2.10								
2.50								
3.00								

Referencias :

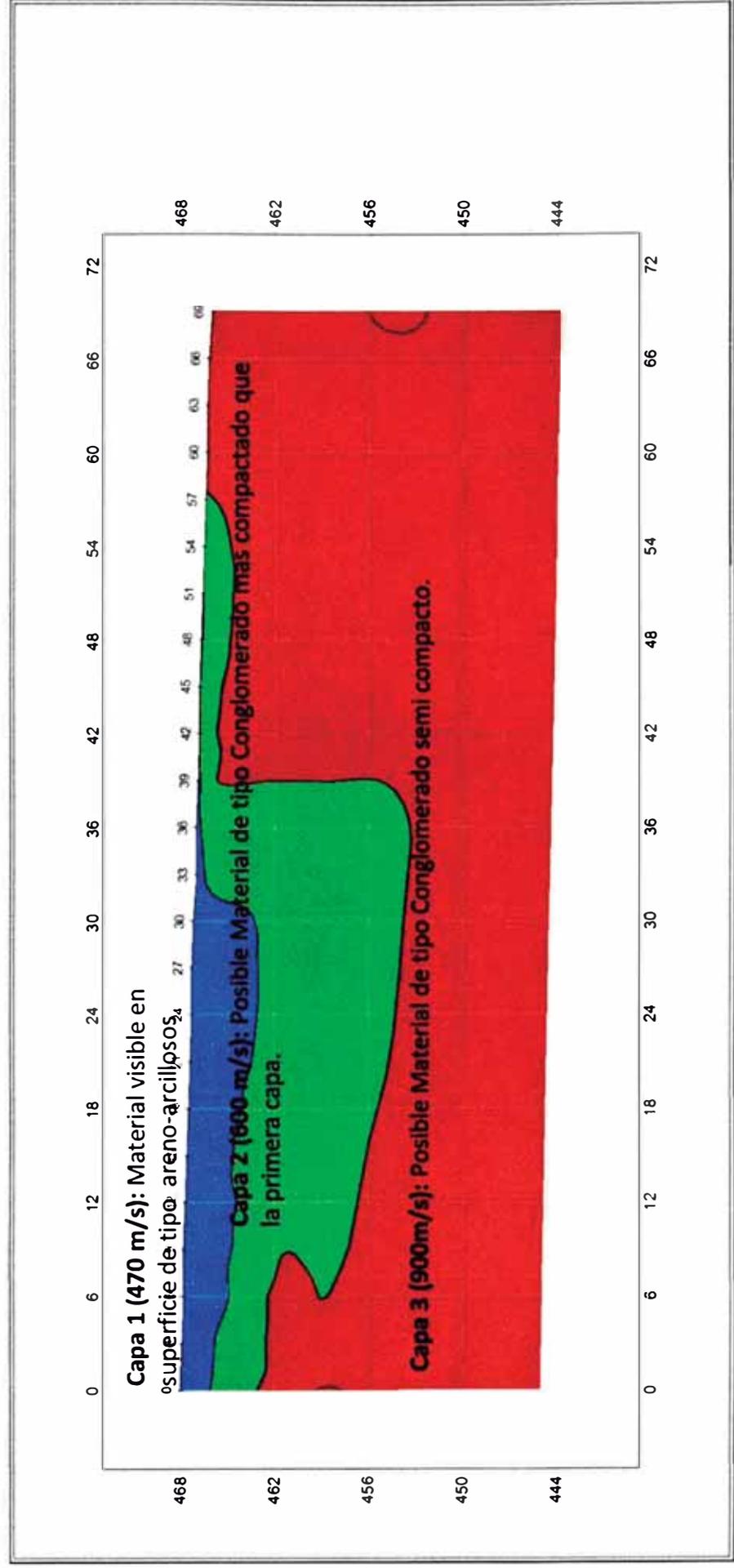
- NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual"
- NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"

LINEA DE REFRACCION SISMICA LRS-01 PERFIL SISMICO

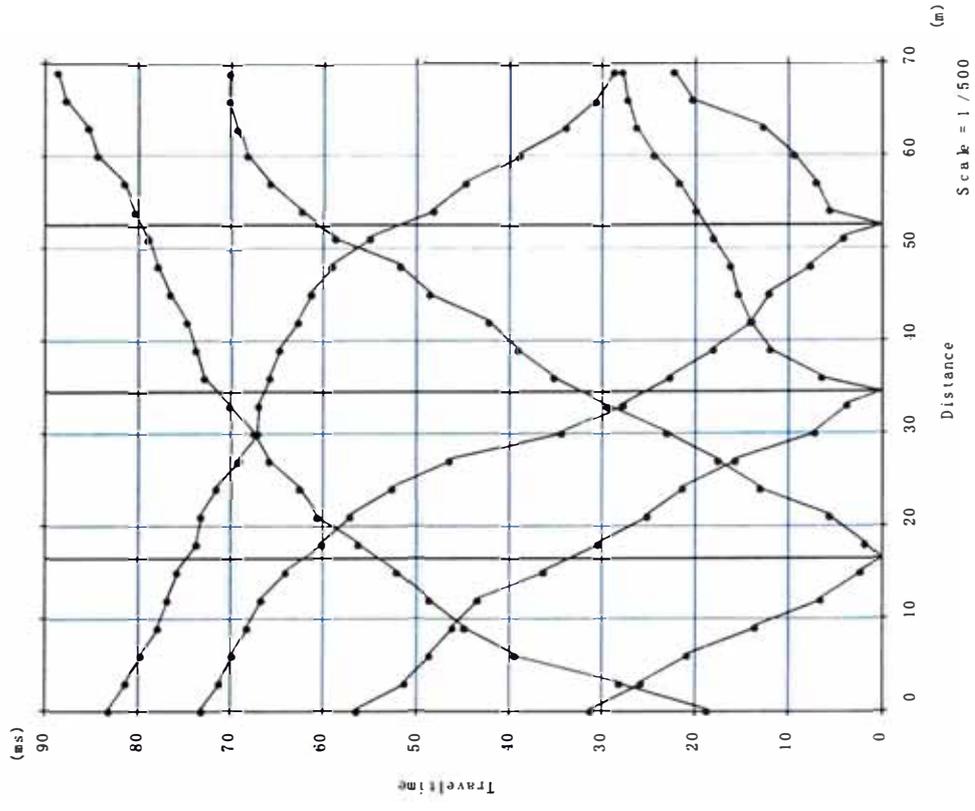


LINEA DE REFRACCION SISMICA LRS-01

INTERPRETACION



LINEA DE REFRACCION SISMICA LRS-01 DOMOCRONA



Anexo IV
Ensayos de Campo y
Laboratorio.

**CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.127 / ASTM D-2216**

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC
PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA
UBICACIÓN : NORTE
: KM 234 + 345 AL 234 + 380

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013
FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

MUESTRA	C1 - M1
PROFUNDIDAD	0.00 - 1,10

Tamaño máximo	N°4"
---------------	------

Peso de tara	(g)	29,5		
Peso tara + muestra húmeda	(g)	229,5		
Peso tara + muestra seca	(g)	210,7		
Peso de agua	(g)	18,8		
Peso de suelo seco	(g)	181,2		
Contenido de humedad	(%)	10,4		
Contenido de humedad Promedio	(%)		10,4	

Comentarios del Ensayo:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma

Observaciones:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 ASTM D 422-63(2002)

SOLICITANTE **NAYLAMP INGENIEROS SAC**

PROYECTO **SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE**

UBICACIÓN **KM 234 + 345 AL 234 + 380**

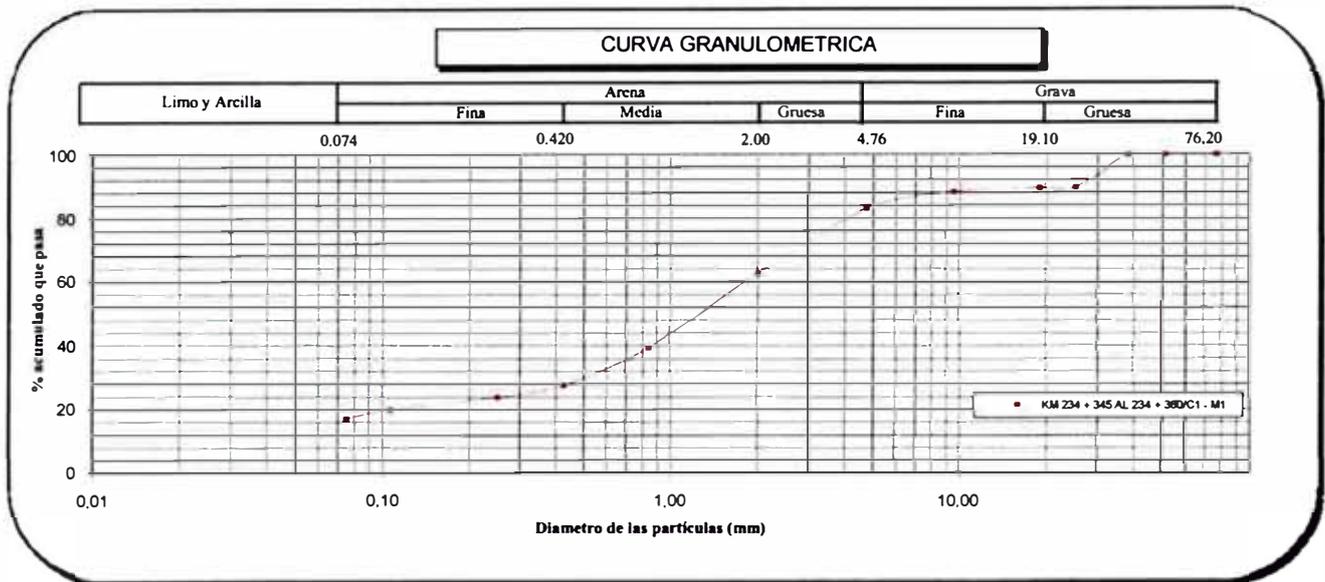
F. de Recepción : 10/09/2013

F. de Ejecución : 16/09/2013

MUESTRA	CI - MI								
PROFUNDIDAD (m)	0.00 - 1,10								
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D422	Malla		% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
	N°	Abertura (mm)				Límite Líquido (LL) ASTM-D4318 (%)	Límite Plástico (LP) ASTM-D4318 (%)	Índice Plástico (IP) (%)	Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487
	3 "	76,200	100,0	0,0	0,0	17	11	6	SC - SM
	2 "	50,800	100,0	0,0	0,0				
	1 1/2 "	38,100	100,0	0,0	0,0				
	1 "	25,400	89,5	10,5	10,5				
	3/4"	19,100	89,5	0,0	10,5				
	3/8"	9,520	88,3	1,2	11,7				
	N° 4	4,760	83,1	5,3	16,9	Descripción de muestra: Arena limo arcillosa con grava			
	N° 10	2,000	62,6	20,4	37,4				
	N° 20	0,840	39,3	23,4	60,7				
	N° 40	0,425	27,6	11,7	72,4				
	N° 60	0,250	24,1	3,5	75,9				
	N° 140	0,106	20,0	4,1	80,0				
N° 200	0,075	17,1	2,9	82,9					
< 200	ASTM D 1140:00	0,0	17,1	100,0					

Observaciones:

- El peso de la muestra es menor al especificado en la Norma



Referencias :

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve



INGENIERIA GEOTECNICA

MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

PROFUNDIDAD 0.00 - 1,10

MUESTRA: C1 - M1

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

HECHO POR : L.A.M.S

FECHA : 24/09/2013

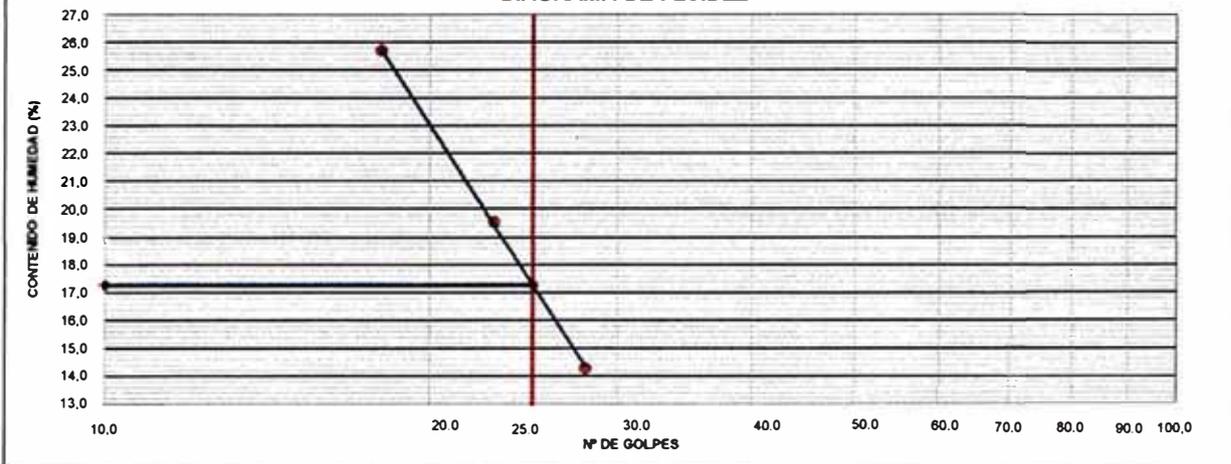
LÍMITE LÍQUIDO

Nº TARRO	V1	V2	V3
TARRO + SUELO HÚMEDO	30,30	35,20	34,00
TARRO + SUELO SECO	29,90	34,30	33,10
AGUA	0,40	0,90	0,90
PESO DEL TARRO	27,10	29,70	29,60
PESO DEL SUELO SECO	2,80	4,60	3,50
% DE HUMEDAD	14,29	19,57	25,71
Nº DE GOLPES	28	23	18

LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO	V4	V5	V6
TARRO + SUELO HÚMEDO	33,20	34,90	35,4
TARRO + SUELO SECO	33,00	34,40	35
AGUA	0,20	0,50	0,4
PESO DEL TARRO	30,10	29,60	32,2
PESO DEL SUELO SECO	2,90	4,80	2,8
% DE HUMEDAD	6,90	10,42	14,29

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	17,28
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	10,53
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	6,75

OBSERVACIONES

La muestra fue proporcionada por el solicitante.
 Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

GEONAYLAMP

S.A.C.



INGENIERIA GEOTECNICA

MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Fecha de emisión : 24/09/2013

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200
NTP 400.018 / ASTM C 117-04

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO,
IIRSA NORTE

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013

FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA : C1 - M1

PROF. (m) : 0.00 - 1, 10

METODOLOGIA : A

DATOS	1	2	3	4	5
Tamaño nominal máximo (mm)	0,45				
Cantidad mínima requerida (g)	300,0				
Peso inicial (g)	319,0				
Verificación de la cantidad mínima	Ok				
Peso inicial (verificado) (g)	319,0				
Peso lavado (g)	257,0				
Pasante la malla N° 200 (g)	62,0				
Pasante la malla N° 200 (%)	19				

Porcentaje del material mas fino que pasa la malla N° 200 (promedio) : 19

Número de ensayos válidos : 1

Observaciones :

- El lavado de la muestra por la malla N° 200 se realizó con agua.

Referencia :

ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve.

Realizado : L.A.M.S

Revisado : L.J.V.D

**CONTENIDO DE HUMEDAD**
NTP 339.127 / ASTM D-2216

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC
PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA
UBICACIÓN : NORTE
: KM 234 + 345 AL 234 + 380

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013
FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

MUESTRA	C1 - M2
PROFUNDIDAD	1,10 - 4,10

Tamaño máximo	N°4"
---------------	------

Peso de tara	(g)	28,9		
Peso tara + muestra húmeda	(g)	179,5		
Peso tara + muestra seca	(g)	161,1		
Peso de agua	(g)	18,4		
Peso de suelo seco	(g)	132,2		
Contenido de humedad	(%)	13,9		
Contenido de humedad Promedio	(%)		13,9	

Comentarios del Ensayo:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma

Observaciones:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM D 422-63(2002)

SOLICITANTE NAYLAMP INGENIEROS SAC

PROYECTO SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

UBICACIÓN KM 234 + 345 AL 234 + 380

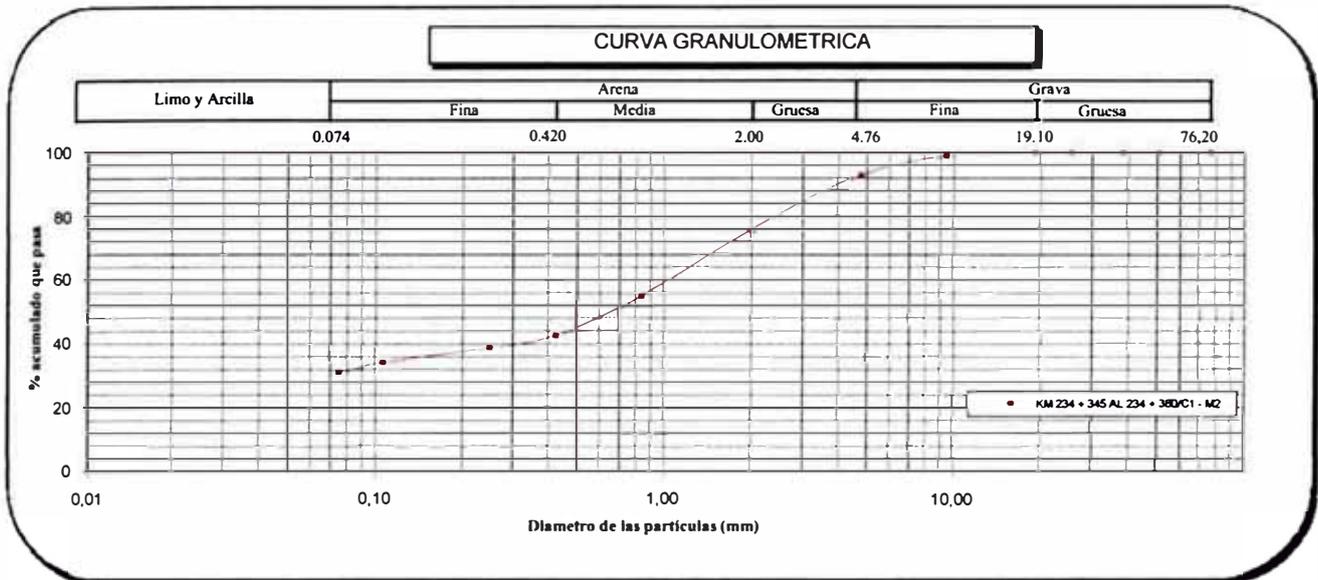
F. de Recepción : 10/09/2013

F. de Ejecución : 16/09/2013

MUESTRA	CI - M2							
PROFUNDIDAD (m)	1,10 - 4,10							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D422	Malla		% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO		
	Nº	Abertura (mm)				Límite Líquido (LL) ASTM-D4318 (%)	Límite Plástico (LP) ASTM-D4318 (%)	Indice Plástico (IP) (%)
	3 "	76,200	100,0	0,0	0,0	23	14	9
	2 "	50,800	100,0	0,0	0,0	SC	A-2-4	0
	1 1/2 "	38,100	100,0	0,0	0,0	Descripción de muestra: Arena arcillosa		
	1 "	25,400	100,0	0,0	0,0			
	3/4"	19,100	100,0	0,0	0,0			
	3/8"	9,520	98,7	1,3	1,3			
	Nº 4	4,760	92,9	5,8	7,1			
	Nº 10	2,000	75,7	17,2	24,3			
	Nº 20	0,840	54,9	20,8	45,2			
	Nº 40	0,425	42,6	12,2	57,4			
	Nº 60	0,250	38,7	3,9	61,3			
	Nº 140	0,106	34,2	4,5	65,8			
Nº 200	0,075	31,0	3,2	69,0				
< 200	ASTM D 1140:00	0,0	31,0	100,0				

Observaciones:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma



Referencias :

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve



LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

PROFUNDIDAD 1,10 - 4,10

MUESTRA: C1 - M2

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

HECHO POR : L.A.M.S

FECHA : 24/09/2013

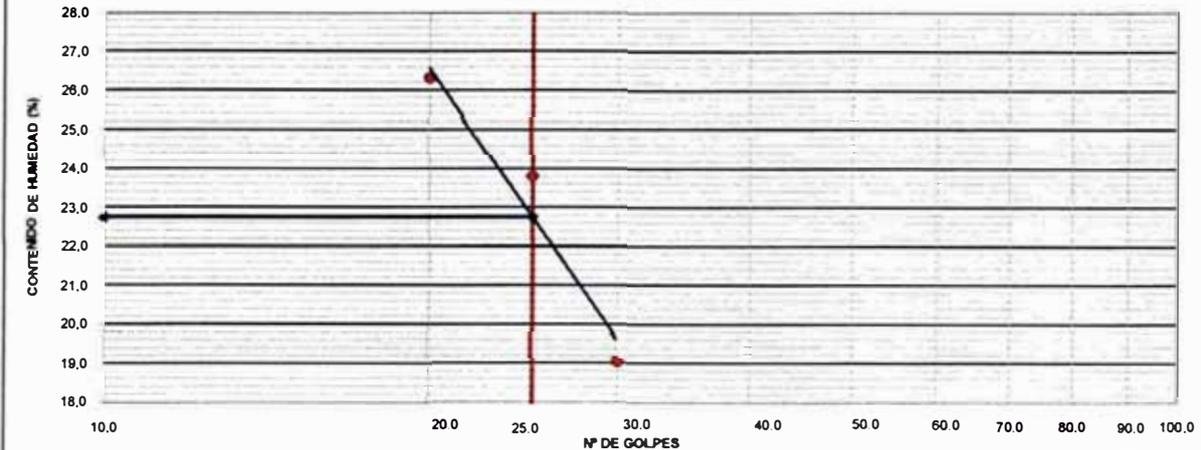
LÍMITE LÍQUIDO

Nº TARRO	C7	C8	C9
TARRO + SUELO HÚMEDO	40,30	41,20	40,10
TARRO + SUELO SECO	39,50	40,20	39,60
AGUA	0,80	1,00	0,50
PESO DEL TARRO	35,30	36,00	37,70
PESO DEL SUELO SECO	4,20	4,20	1,90
% DE HUMEDAD	19,05	23,81	26,32
Nº DE GOLPES	30	25	20

LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO	C10	C11	C12
TARRO + SUELO HÚMEDO	39,90	36,10	40,2
TARRO + SUELO SECO	39,50	35,80	39,7
AGUA	0,40	0,30	0,5
PESO DEL TARRO	36,00	33,20	37
PESO DEL SUELO SECO	3,50	2,60	2,7
% DE HUMEDAD	11,43	11,54	18,52

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	22,75
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	13,83
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	8,92

OBSERVACIONES

La muestra fue proporcionada por el solicitante.
 Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.



Fecha de emisión : 24/09/2013

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200
NTP 400.018 / ASTM C 117-04

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO,
IIRSA NORTE

FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA : C1 - M2

PROF. (m) : 1,10 - 4,10

METODOLOGIA : A

DATOS	1	2	3	4	5
Tamaño nominal máximo (mm)	0,45				
Cantidad mínima requerida (g)	300,0				
Peso inicial (g)	302,0				
Verificación de la cantidad mínima	Ok				
Peso inicial (verificado) (g)	302,0				
Peso lavado (g)	228,0				
Pasante la malla N° 200 (g)	74,0				
Pasante la malla N° 200 (%)	25				

Porcentaje del material mas fino que pasa la malla N° 200 (promedio) : 25

Número de ensayos válidos : 1

Observaciones :

- El lavado de la muestra por la malla N° 200 se realizó con agua.

Referencia :

ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve.

Realizado : L.A.M.S

Revisado : L.J.V.D

**CONTENIDO DE HUMEDAD**
NTP 339.127 / ASTM D-2216

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC
PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA
UBICACIÓN : NORTE
: KM 234 + 345 AL 234 + 380

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013
FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

MUESTRA	C2 - M1
PROFUNDIDAD	0.00 - 1,10

Tamaño máximo	N°4"
---------------	------

Peso de tara	(g)	31,4		
Peso tara + muestra húmeda	(g)	196,1		
Peso tara + muestra seca	(g)	172,1		
Peso de agua	(g)	24		
Peso de suelo seco	(g)	140,7		
Contenido de humedad	(%)	17,1		
Contenido de humedad Promedio	(%)		17,1	

Comentarios del Ensayo:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma

Observaciones:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.



FECHA DE EMISIÓN 24/09/2013

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM D 422-63(2002)

SOLICITANTE NAYLAMP INGENIEROS SAC

PROYECTO SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

UBICACIÓN KM 234 + 345 AL 234 + 380

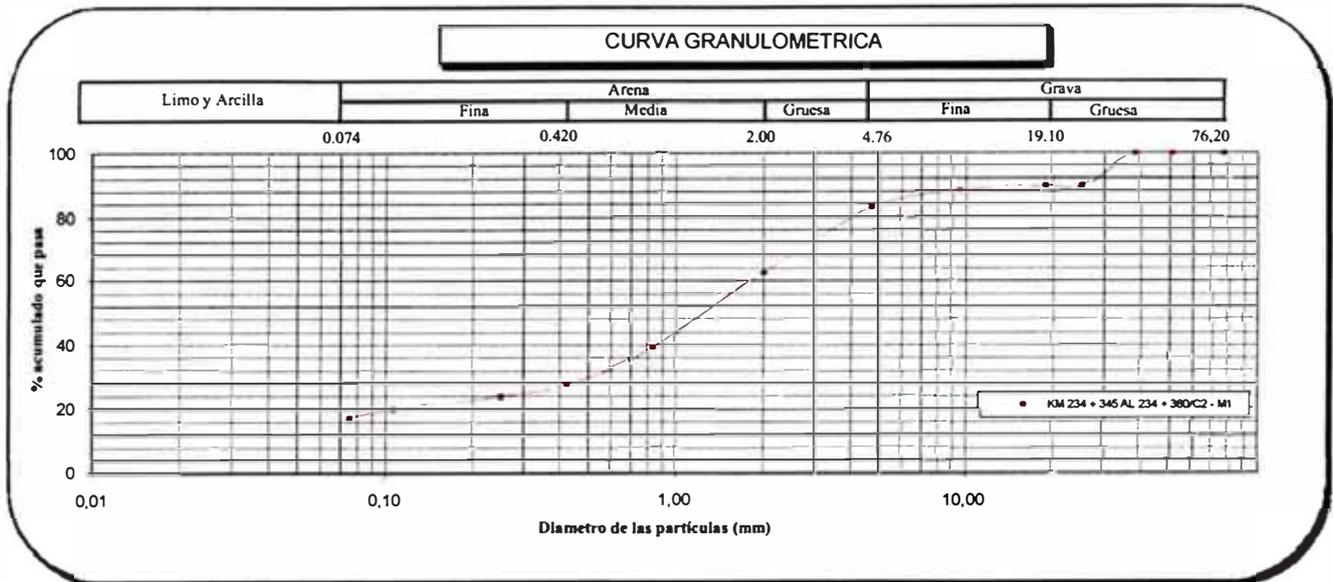
F. de Recepción : 10/09/2013

F. de Ejecución : 16/09/2013

MUESTRA	C2 - MI						
PROFUNDIDAD (m)	0.00 - 1,10						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D422	Malla		% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
	Nº	Abertura (mm)				Límite Líquido (LL) ASTM-D4318 (%)	21
	3 "	76,200	100,0	0,0	0,0	Límite Plástico (LP) ASTM-D4318 (%)	15
	2 "	50,800	100,0	0,0	0,0	Índice Plástico (IP) (%)	6
	1 1/2 "	38,100	100,0	0,0	0,0	Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	SC - SM
	1 "	25,400	89,5	10,5	10,5	Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282	A-1-b
	3/4"	19,100	89,5	0,0	10,5	Índice de Grupo	0
	3/8"	9,520	88,3	1,2	11,7	Descripción de muestra: Arena limo arcillosa con grava	
	Nº 4	4,760	83,1	5,3	16,9		
	Nº 10	2,000	62,6	20,4	37,4		
	Nº 20	0,840	39,3	23,4	60,7		
	Nº 40	0,425	27,6	11,7	72,4		
	Nº 60	0,250	24,1	3,5	75,9		
	Nº 140	0,106	20,0	4,1	80,0		
Nº 200	0,075	17,1	2,9	82,9			
< 200	ASTM D 1140:00	0,0	17,1	100,0			

Observaciones:

- El peso de la muestra es menor al especificado en la Norma



Referencias :

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 µm) sieve



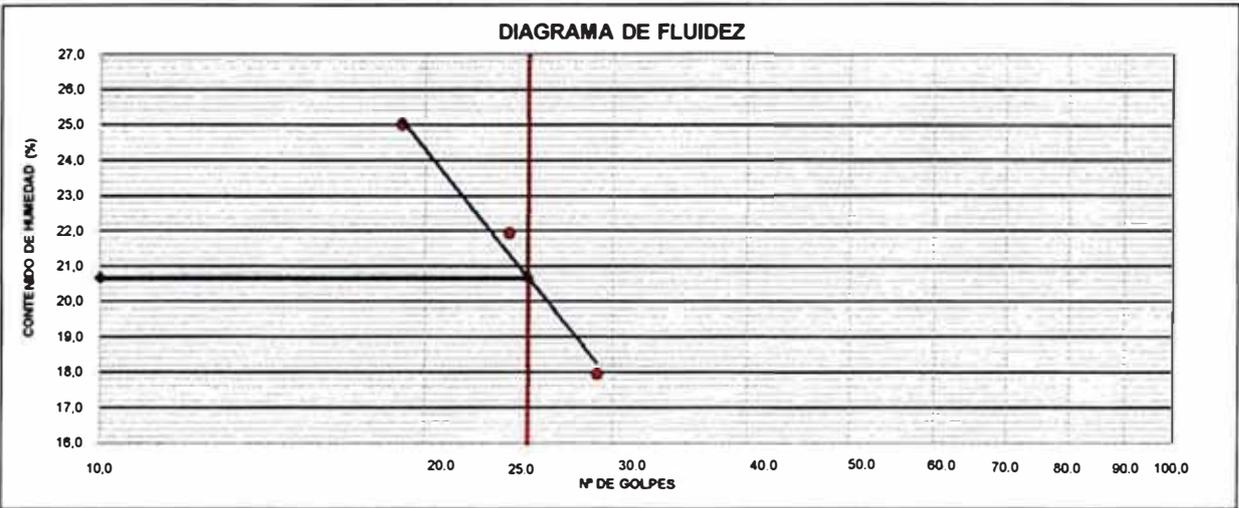
INGENIERIA GEOTECNICA
 MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

LIMITES DE ATTERBERG
 MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC	HECHO POR : L.A.M.S
PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE	FECHA : 24/09/2013
PROFUNDIDAD 0.00 - 1,10	MUESTRA: C2 - M1
UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380	

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO	E4	E5	E6	
TARRO + SUELO HÚMEDO	40,20	39,50	37,60	
TARRO + SUELO SECO	39,50	38,60	38,80	
AGUA	0,70	0,90	0,80	
PESO DEL TARRO	35,60	34,50	33,60	
PESO DEL SUELO SECO	3,90	4,10	3,20	
% DE HUMEDAD	17,95	21,95	25,00	
Nº DE GOLPES	29	24	19	

LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO	E1	E2	E3	
TARRO + SUELO HÚMEDO	39,30	41,10	38,8	
TARRO + SUELO SECO	39,00	40,20	38,4	
AGUA	0,30	0,90	0,4	
PESO DEL TARRO	38,30	35,50	35,8	
PESO DEL SUELO SECO	2,70	4,70	2,6	
% DE HUMEDAD	11,11	19,15	15,38	



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	20,69
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	15,21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	5,48

OBSERVACIONES
La muestra fue proporcionada por el solicitante.
Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia: ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200
NTP 400.018 / ASTM C 117-04**

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO,
IIRSA NORTE

FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA : C2 - M1

PROF. (m) : 0.00 - 1,10

METODOLOGIA : A

DATOS	1	2	3	4	5
Tamaño nominal máximo (mm)	0,45				
Cantidad mínima requerida (g)	300,0				
Peso inicial (g)	452,0				
Verificación de la cantidad mínima	Ok				
Peso inicial (verificado) (g)	452,0				
Peso lavado (g)	366,0				
Pasante la malla N° 200 (g)	86,0				
Pasante la malla N° 200 (%)	19				

Porcentaje del material mas fino que pasa la malla N° 200 (promedio) : 19

Número de ensayos válidos : 1

Observaciones :

- El lavado de la muestra por la malla N° 200 se realizó con agua.

Referencia :

ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve.

Realizado : **L.A.M.S**Revisado : **L.J.V.D**

CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.127 / ASTM D-2216

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC
PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA
UBICACIÓN : NORTE
: KM 234 + 345 AL 234 + 380

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013
FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

MUESTRA	C2 - M2
PROFUNDIDAD	1,10 - 2,20

Tamaño máximo	N°4"
---------------	------

Peso de tara	(g)	30,6		
Peso tara + muestra húmeda	(g)	252,3		
Peso tara + muestra seca	(g)	226,1		
Peso de agua	(g)	26,2		
Peso de suelo seco	(g)	195,5		
Contenido de humedad	(%)	13,4		
Contenido de humedad Promedio	(%)		13,4	

Comentarios del Ensayo:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma

Observaciones:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.



MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM D 422-63(2002)

SOLICITANTE **NAYLAMP INGENIEROS SAC**

PROYECTO **SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE**

UBICACIÓN **KM 234 + 345 AL 234 + 380**

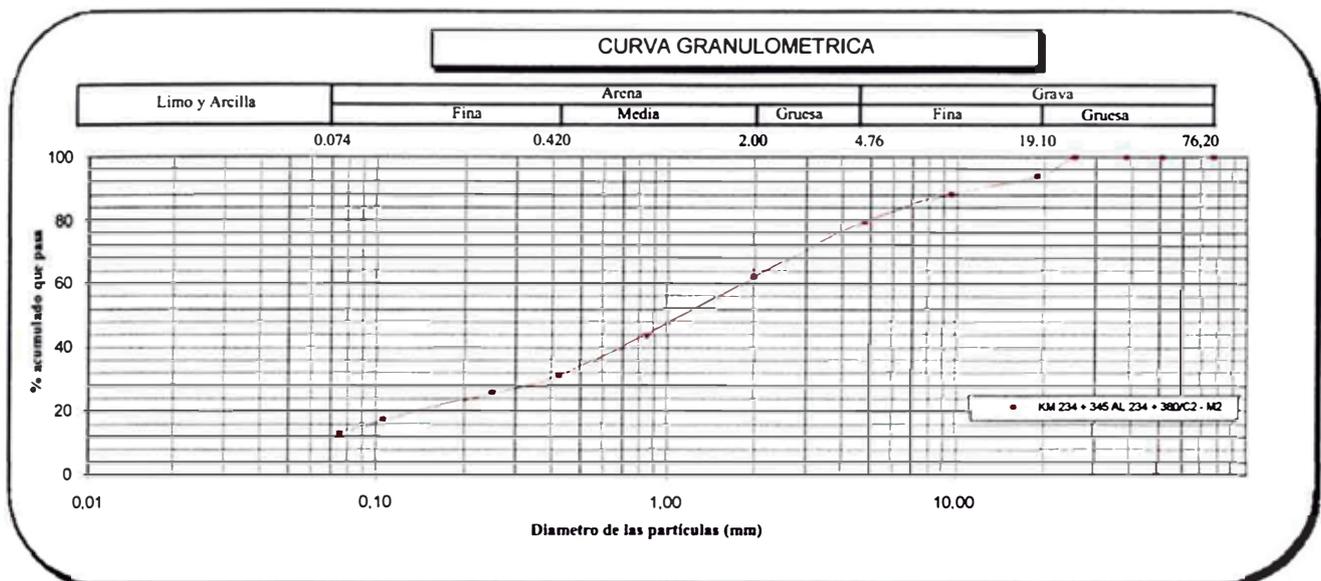
F. de Recepción : 10/09/2013

F. de Ejecución : 16/09/2013

MUESTRA	C2 - M2						
PROFUNDIDAD (m)	1,10 - 2,20						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D422	Malla		% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
	Nº	Abertura (mm)				Límite Líquido (LL) ASTM-D4318 (%)	23
	3 "	76,200	100,0	0,0	0,0	Límite Plástico (LP) ASTM-D4318 (%)	13
	2 "	50,800	100,0	0,0	0,0	Índice Plástico (IP) (%)	10
	1 1/2 "	38,100	100,0	0,0	0,0	Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	SC
	1 "	25,400	100,0	0,0	0,0	Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282	A-2-4
	3/4"	19,100	93,7	6,3	6,3	Índice de Grupo	0
	3/8"	9,520	88,3	5,4	11,7	Descripción de muestra: Arena arcillosa con grava	
	Nº 4	4,760	79,5	8,8	20,5		
	Nº 10	2,000	62,1	17,4	38,0		
	Nº 20	0,840	43,7	18,4	56,4		
	Nº 40	0,425	31,2	12,5	68,8		
	Nº 60	0,250	25,7	5,5	74,3		
	Nº 140	0,106	17,5	8,2	82,5		
Nº 200	0,075	13,2	4,3	86,9			
< 200	ASTM D 1140:00	0,0	13,2	100,0			

Observaciones:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma



Referencias :

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve



LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

HECHO POR : L.A.M.S

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

FECHA : 24/09/2013

PROFUNDIDAD 1,10 - 2,20

MUESTRA: C2 - M2

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

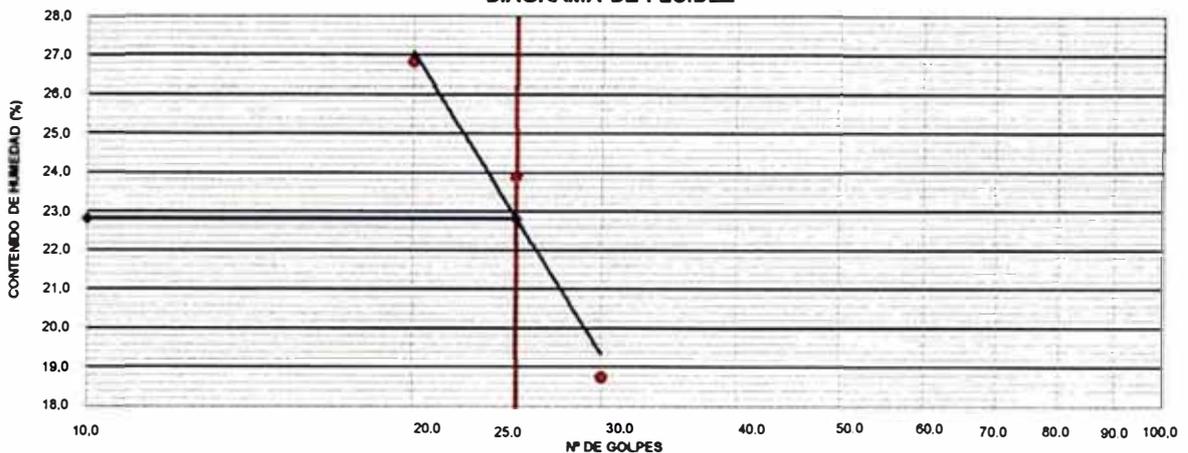
LÍMITE LÍQUIDO

Nº TARRO	11	12	13
TARRO + SUELO HÚMEDO	38,90	41,00	42,20
TARRO + SUELO SECO	38,00	39,90	41,10
AGUA	0,90	1,10	1,10
PESO DEL TARRO	33,20	35,30	37,00
PESO DEL SUELO SECO	4,80	4,60	4,10
% DE HUMEDAD	18,75	23,91	26,83
Nº DE GOLPES	30	25	20

LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO	14	15	16
TARRO + SUELO HÚMEDO	41,30	39,20	39,9
TARRO + SUELO SECO	40,80	38,90	39,4
AGUA	0,50	0,30	0,5
PESO DEL TARRO	37,00	35,50	36,4
PESO DEL SUELO SECO	3,80	3,40	3
% DE HUMEDAD	13,16	8,82	16,67

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	22,82
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	12,88
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	9,94

OBSERVACIONES

La muestra fue proporcionada por el solicitante.
 Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.



Fecha de emisión : 24/09/2013

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200
NTP 400.018 / ASTM C 117-04

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO,
IIRSA NORTE

FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA : C2 - M2

PROF. (m) : 1,10 - 2,20

METODOLOGIA : A

DATOS		1	2	3	4	5
Tamaño nominal máximo (mm)		0,45				
Cantidad mínima requerida (g)		300,0				
Peso inicial (g)		397,0				
Verificación de la cantidad mínima		Ok				
Peso inicial (verificado) (g)		397,0				
Peso lavado (g)		292,0				
Pasante la malla N° 200 (g)		105,0				
Pasante la malla N° 200 (%)		26				

Porcentaje del material mas fino que pasa la malla N° 200 (promedio) : 26

Número de ensayos válidos : 1

Observaciones :

- El lavado de la muestra por la malla N° 200 se realizó con agua.

Referencia :

ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve.

Realizado : **L.A.M.S**Revisado : **L.J.V.D**

**CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.127 / ASTM D-2216**

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC
PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA
UBICACIÓN : NORTE
: KM 234 + 345 AL 234 + 380

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013
FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

MUESTRA	T1 - M1
PROFUNDIDAD	0.00 - 1,10

Tamaño máximo	N°4"
---------------	------

Peso de tara (g)	29,5		
Peso tara + muestra húmeda (g)	249,7		
Peso tara + muestra seca (g)	225,4		
Peso de agua (g)	24,3		
Peso de suelo seco (g)	195,9		
Contenido de humedad (%)	12,4		
Contenido de humedad Promedio (%)		12,4	

Comentarios del Ensayo:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma

Observaciones:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.



FECHA DE EMISIÓN 24/09/2013

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM D 422-63(2002)

SOLICITANTE NAYLAMP INGENIEROS SAC

PROYECTO SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

UBICACIÓN KM 234 + 345 AL 234 + 380

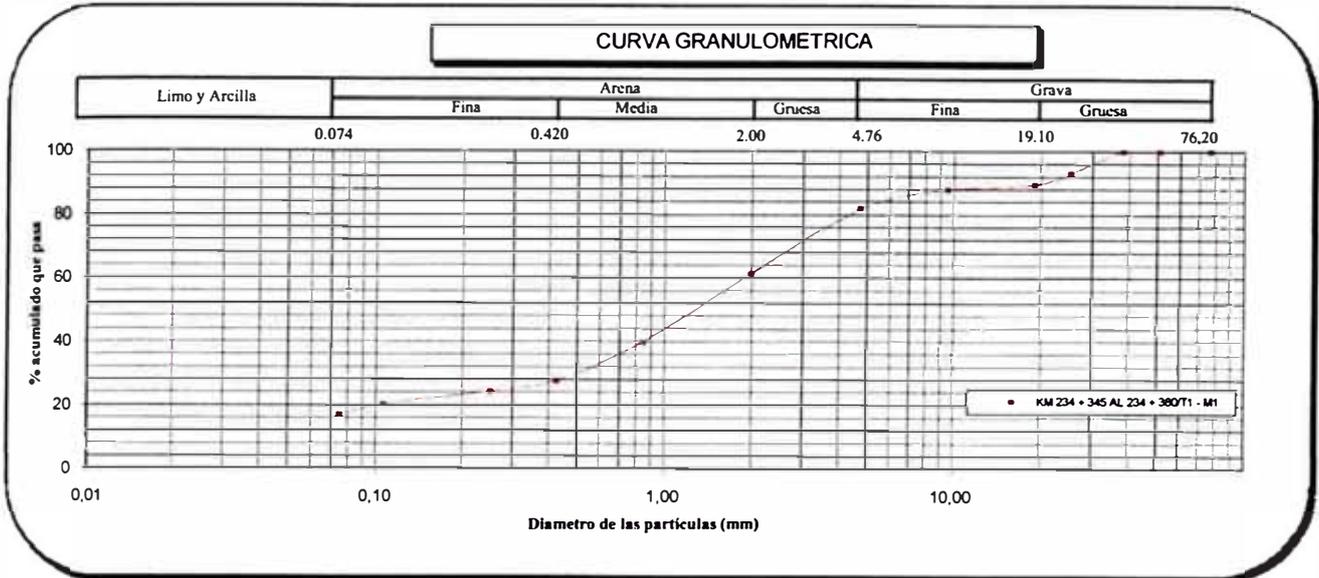
F. de Recepción 10/09/2013

F. de Ejecución 16/09/2013

MUESTRA	T1 - M1						
PROFUNDIDAD (m)	0,00 - 1,10						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D422	Malla		% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
	Nº	Abertura (mm)				Límite Líquido (LL) ASTM-D4318 (%)	Límite Plástico (LP) ASTM-D4318 (%)
	3 "	76,200	100,0	0,0	0,0	-	-
	2 "	50,800	100,0	0,0	0,0	NP	-
	1 1/2 "	38,100	100,0	0,0	0,0	-	-
	1 "	25,400	93,0	7,0	7,0	SM	-
	3/4"	19,100	89,3	3,7	10,7	A-1-b	-
	3/8"	9,520	87,9	1,4	12,1	0	-
	Nº 4	4,760	81,8	6,1	18,2	Descripción d muestra: Arena limosa con grava	
	Nº 10	2,000	61,4	20,4	38,6		
	Nº 20	0,840	39,6	21,8	60,5		
	Nº 40	0,425	27,7	11,9	72,3		
	Nº 60	0,250	24,2	3,5	75,8		
	Nº 140	0,106	20,2	4,0	79,8		
Nº 200	0,075	16,8	3,4	83,2			
< 200	ASTM D 1140:00	0,0	16,8	100,0			

Observaciones:

- El peso de la muestra es menor al especificado en la Norma



Referencias :

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve



INGENIERIA GEOTECNICA

MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

PROFUNDIDAD 0,00 - 1,10

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA: T1 - M1

HECHO POR : L.A.M.S

FECHA : 24/09/2013

LÍMITE LÍQUIDO

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
Nº DE GOLPES				

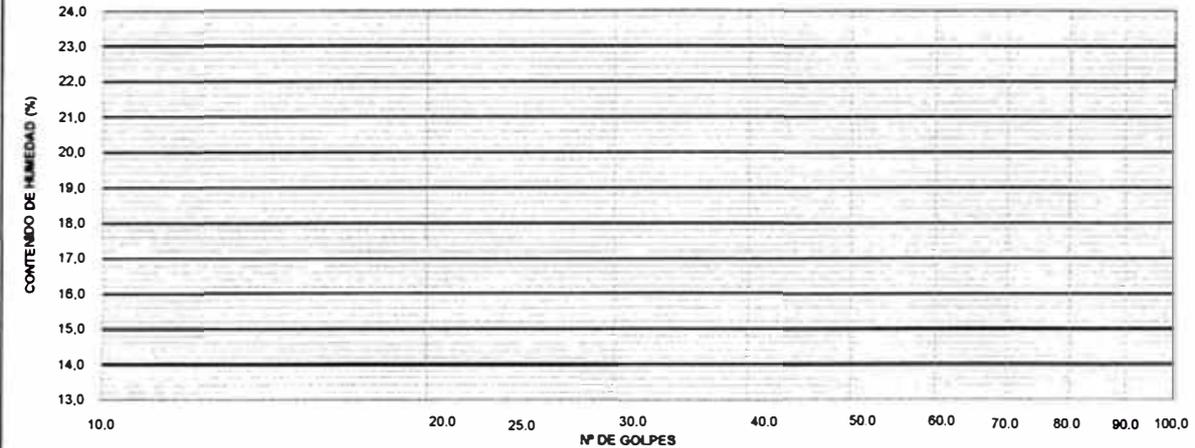
N.P.

LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

N.P.

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	N.P.

OBSERVACIONES

La muestra fue proporcionada por el solicitante.
 Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200
NTP 400.018 / ASTM C 117-04**

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO,
IIRSA NORTE

FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA : T1 - M1

PROF. (m) : 0.00 - 1,10

METODOLOGIA : A

DATOS	1	2	3	4	5
Tamaño nominal máximo (mm)	0,45				
Cantidad mínima requerida (g)	300,0				
Peso inicial (g)	451,0				
Verificación de la cantidad mínima	Ok				
Peso inicial (verificado) (g)	451,0				
Peso lavado (g)	366,0				
Pasante la malla N° 200 (g)	85,0				
Pasante la malla N° 200 (%)	19				

Porcentaje del material mas fino que pasa la malla N° 200 (promedio) : 19

Número de ensayos válidos : 1

Observaciones :

- El lavado de la muestra por la malla N° 200 se realizó con agua.

Referencia :

ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve.

Realizado : **L.A.M.S**Revisado : **L.J.V.D**

GEONAYLAMP

S.A.C.



INGENIERIA GEOTECNICA

MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Fecha de Emisión : 24/09/2013

**CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.127 / ASTM D-2216**

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC
PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA
UBICACIÓN : NORTE
: KM 234 + 345 AL 234 + 380

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013
FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

MUESTRA	T1 - M2
PROFUNDIDAD	1,10 - 2,10

Tamaño máximo	N°4"
---------------	------

Peso de tara	(g)	29,9		
Peso tara + muestra húmeda	(g)	278,4		
Peso tara + muestra seca	(g)	240,4		
Peso de agua	(g)	38		
Peso de suelo seco	(g)	210,5		
Contenido de humedad	(%)	18,1		
Contenido de humedad Promedio	(%)		18,1	

Comentarios del Ensayo:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma

Observaciones:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.



MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM D 422-63(2002)

SOLICITANTE **NAYLAMP INGENIEROS SAC**

PROYECTO **SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE**

UBICACIÓN **KM 234 + 345 AL 234 + 380**

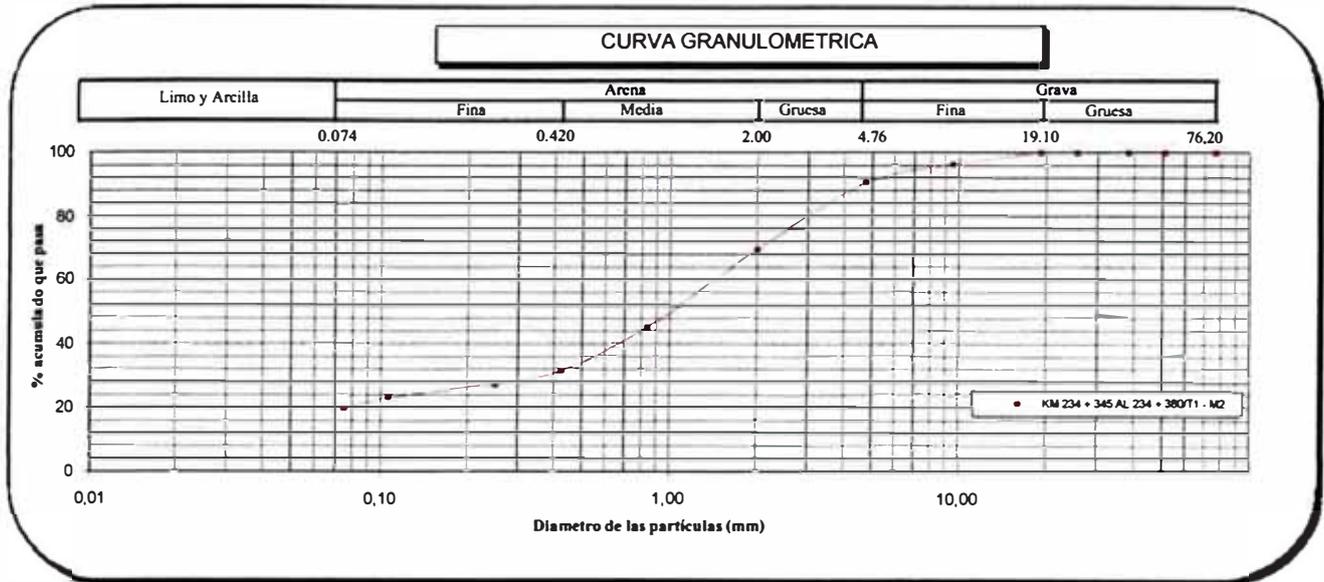
F. de Recepción 10/09/2013

F. de Ejecución 16/09/2013

MUESTRA	T1 - M2						
PROFUNDIDAD (m)	1,10 - 2,10						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D422	Malla		% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
	N°	Abertura (mm)				Límite Líquido (LL) ASTM-D4318 (%)	16
	3 "	76,200	100,0	0,0	0,0	Límite Plástico (LP) ASTM-D4318 (%)	12
	2 "	50,800	100,0	0,0	0,0	Índice Plástico (IP) (%)	4
	1 1/2 "	38,100	100,0	0,0	0,0	Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	SC - SM
	1 "	25,400	100,0	0,0	0,0	Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282	A-1-b
	3/4 "	19,100	100,0	0,0	0,0	Índice de Grupo	0
	3/8 "	9,520	96,4	3,6	3,6	Descripción de muestra:	Arena limo arcillosa
	N° 4	4,760	90,4	6,0	9,6		
	N° 10	2,000	69,6	20,8	30,4		
	N° 20	0,840	45,0	24,5	55,0		
	N° 40	0,425	31,2	13,9	68,9		
	N° 60	0,250	27,3	3,9	72,7		
	N° 140	0,106	23,1	4,2	77,0		
N° 200	0,075	19,5	3,5	80,5			
< 200	ASTM D 1140:00	0,0	19,5	100,0			

Observaciones:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma



Referencias :

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve

LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

HECHO POR : L.A.M.S

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

FECHA : 24/09/2013

PROFUNDIDAD 1,10 - 2,10

MUESTRA: T1 - M2

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

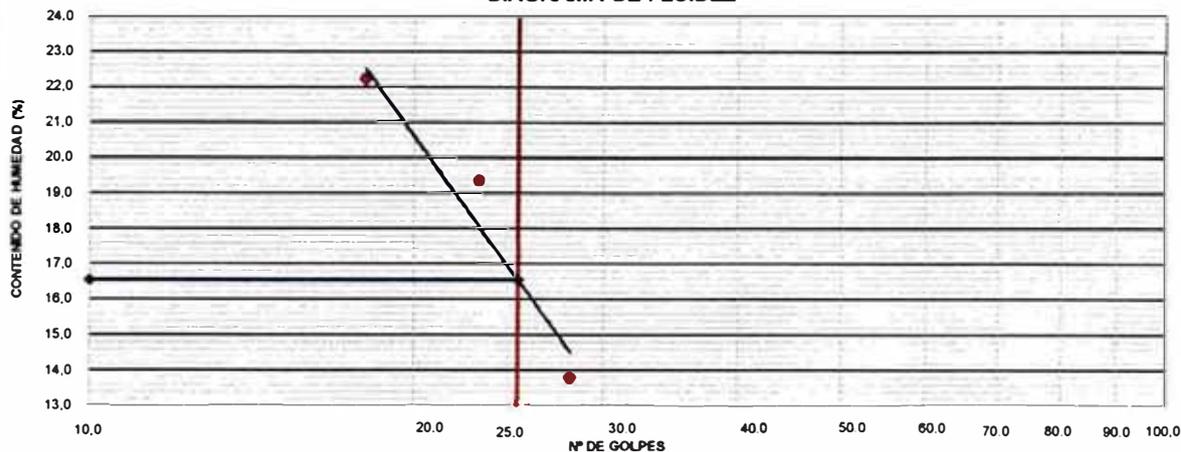
LÍMITE LÍQUIDO

Nº TARRO	E6	E7	E8
TARRO + SUELO HÚMEDO	36,90	38,70	40,00
TARRO + SUELO SECO	36,50	38,10	39,20
AGUA	0,40	0,60	0,80
PESO DEL TARRO	33,60	35,00	35,60
PESO DEL SUELO SECO	2,90	3,10	3,60
% DE HUMEDAD	13,79	19,35	22,22
Nº DE GOLPES	28	23	18

LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO	E2	E3	E4
TARRO + SUELO HÚMEDO	38,40	38,00	37,7
TARRO + SUELO SECO	38,20	37,60	37,6
AGUA	0,20	0,40	0,1
PESO DEL TARRO	35,50	35,80	35,6
PESO DEL SUELO SECO	2,70	1,80	2
% DE HUMEDAD	7,41	22,22	5,00

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	16,56
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	11,54
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	5,02

OBSERVACIONES

La muestra fue proporcionada por el solicitante.
 Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200
NTP 400.018 / ASTM C 117-04**

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO,
IRSA NORTE

FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA : T1 - M2

PROF. (m) : 1,10 - 2,10

METODOLOGIA : A

DATOS	1	2	3	4	5
Tamaño nominal máximo (mm)	0,45				
Cantidad mínima requerida (g)	300,0				
Peso inicial (g)	336,0				
Verificación de la cantidad mínima	Ok				
Peso inicial (verificado) (g)	336,0				
Peso lavado (g)	255,0				
Pasante la malla N° 200 (g)	81,0				
Pasante la malla N° 200 (%)	24				

Porcentaje del material mas fino que pasa la malla N° 200 (promedio) : 24

Número de ensayos válidos : 1

Observaciones :

- El lavado de la muestra por la malla N° 200 se realizó con agua.

Referencia :

ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve.

Realizado : **L.A.M.S**Revisado : **L.J.V.D**

**CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.127 / ASTM D-2216**

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC
PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA
UBICACIÓN : NORTE
: KM 234 + 345 AL 234 + 380

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013
FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

MUESTRA	T2 - M1
PROFUNDIDAD	0.00 - 1,10

Tamaño máximo	N°4"
---------------	------

Peso de tara	(g)	29,7		
Peso tara + muestra húmeda	(g)	243,8		
Peso tara + muestra seca	(g)	222,1		
Peso de agua	(g)	21,5		
Peso de suelo seco	(g)	192,4		
Contenido de humedad	(%)	11,2		
Contenido de humedad Promedio	(%)		11,2	

Comentarios del Ensayo:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma

Observaciones:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.



FECHA DE EMISIÓN 24/09/2013

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM D 422-63(2002)

SOLICITANTE NAYLAMP INGENIEROS SAC

PROYECTO SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

UBICACIÓN KM 234 + 345 AL 234 + 380

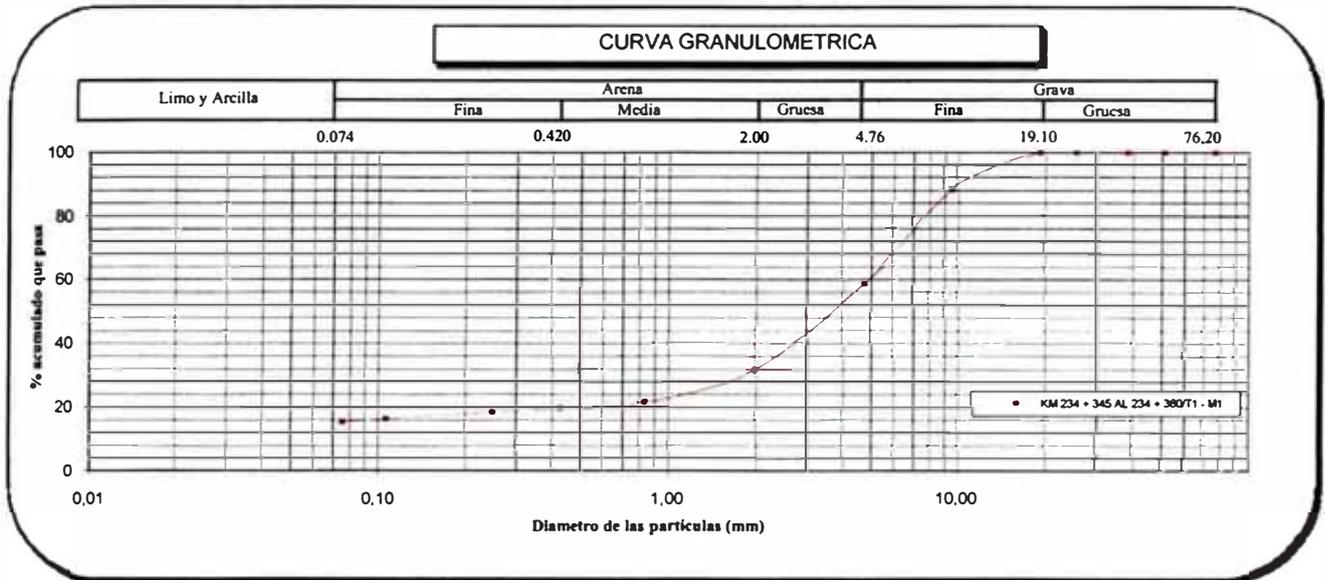
F. de Recepción : 10/09/2013

F. de Ejecución : 16/09/2013

MUESTRA	T2 - M1						
PROFUNDIDAD (m)	0,00 - 1,10						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D422	Malla		% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
	Nº	Abertura (mm)					
	3 "	76,200	100,0	0,0	0,0	Límite Líquido (LL) ASTM-D4318 (%)	-
	2 "	50,800	100,0	0,0	0,0	Límite Plástico (LP) ASTM-D4318 (%)	NP
	1 1/2 "	38,100	100,0	0,0	0,0	Índice Plástico (IP) (%)	-
	1 "	25,400	100,0	0,0	0,0	Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	SM
	3/4 "	19,100	100,0	0,0	0,0	Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282	A-1-a
	3/8 "	9,520	88,2	11,8	11,8	Índice de Grupo	0
	Nº 4	4,760	58,8	29,4	41,2	Descripción de muestra: Arena limosa con grava	
	Nº 10	2,000	31,8	27,0	68,2		
	Nº 20	0,840	21,5	10,3	78,5		
	Nº 40	0,425	19,9	1,6	80,1		
	Nº 60	0,250	18,4	1,5	81,6		
	Nº 140	0,106	16,4	2,0	83,6		
	Nº 200	0,075	15,5	1,0	84,5		
< 200	ASTM D 1140:00	0,0	15,5	100,0			

Observaciones:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma



Referencias :

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 µm) sieve



LIMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

HECHO POR : L.A.M.S

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

FECHA : 24/09/2013

PROFUNDIDAD 0,00 - 1,10

MUESTRA: T2 - M1

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

LÍMITE LÍQUIDO

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
Nº DE GOLPES				

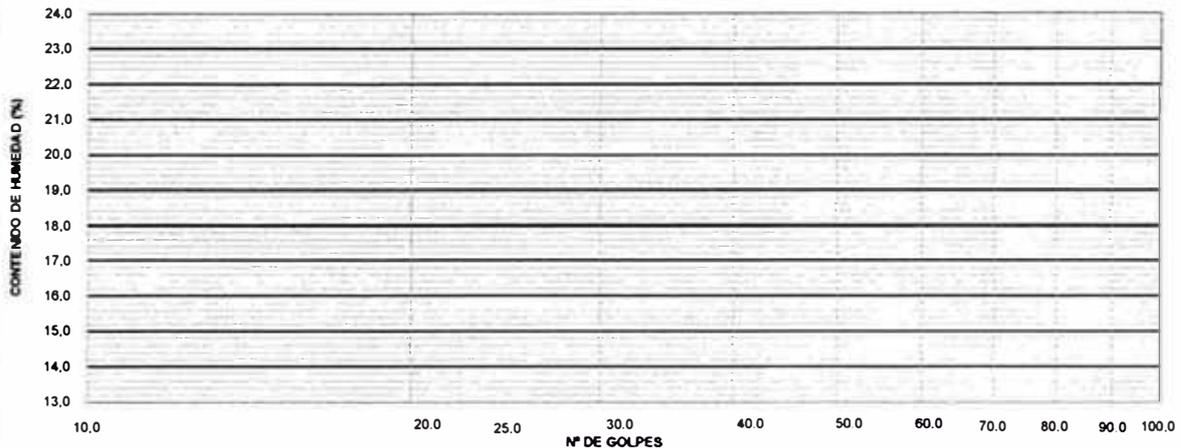
N.P.

LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

N.P.

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	N.P.

OBSERVACIONES

La muestra fue proporcionada por el solicitante.
Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200
NTP 400.018 / ASTM C 117-04**

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO,
IIRSA NORTE

FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA : T2 - M1

PROF. (m) : 0.00 - 1,10

METODOLOGIA : A

DATOS	1	2	3	4	5
Tamaño nominal máximo (mm)	0,45				
Cantidad mínima requerida (g)	300,0				
Peso inicial (g)	302,0				
Verificación de la cantidad mínima	Ok				
Peso inicial (verificado) (g)	302,0				
Peso lavado (g)	242,0				
Pasante la malla N° 200 (g)	60,0				
Pasante la malla N° 200 (%)	20				

Porcentaje del material mas fino que pasa la malla N° 200 (promedio) : 20

Número de ensayos válidos : 1

Observaciones :

- El lavado de la muestra por la malla N° 200 se realizó con agua.

Referencia :

ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve.

Realizado : L.A.M.S

Revisado : L.J.V.D

CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.127 / ASTM D-2216

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC
PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA
UBICACIÓN : NORTE
: KM 234 + 345 AL 234 + 380

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013
FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

MUESTRA	T2 - M2
PROFUNDIDAD	1,10 - 2,10

Tamaño máximo	N°4"
---------------	------

Peso de tara	(g)	29,7		
Peso tara + muestra húmeda	(g)	225,5		
Peso tara + muestra seca	(g)	200,8		
Peso de agua	(g)	24,7		
Peso de suelo seco	(g)	171,1		
Contenido de humedad	(%)	14,4		
Contenido de humedad Promedio	(%)		14,4	

Comentarios del Ensayo:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma

Observaciones:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.

FECHA DE EMISIÓN 24/09/2013

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM D 422-63(2002)

SOLICITANTE NAYLAMP INGENIEROS SAC

PROYECTO SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

F. de Recepción 10/09/2013

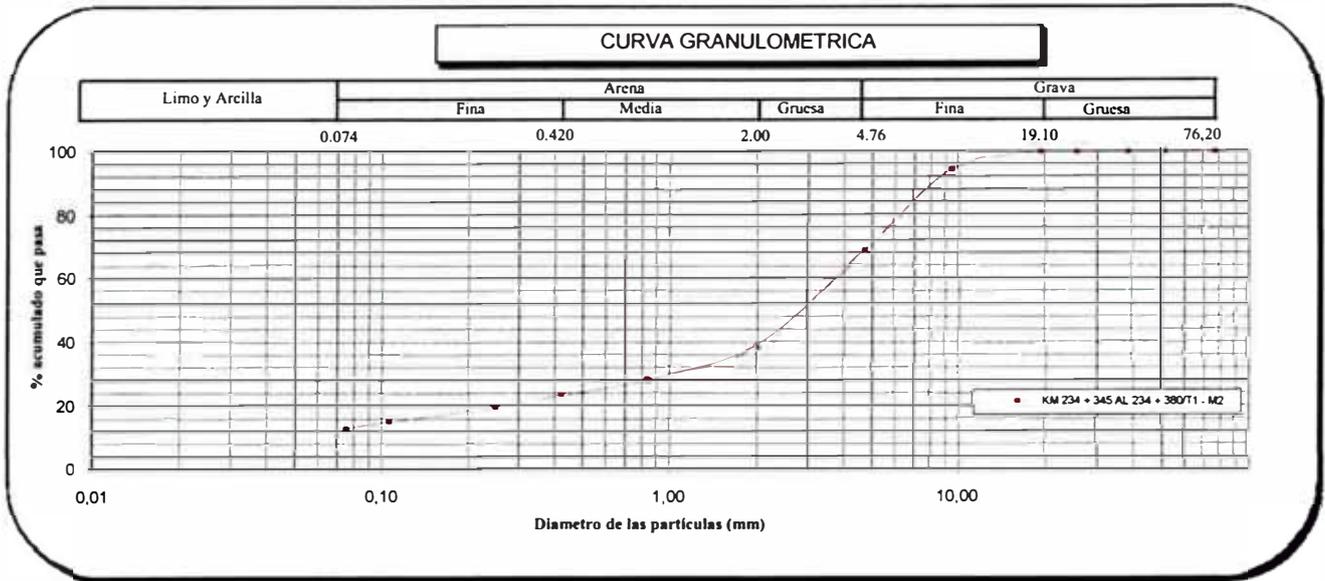
UBICACIÓN KM 234 + 345 AL 234 + 380

F. de Ejecución 16/09/2013

MUESTRA	T1 - M2						
PROFUNDIDAD (m)	1,10 - 2,10						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM-D422	Malla		% que pasa	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
	N°	Abertura (mm)				Límite Líquido (LL) ASTM-D4318 (%)	Límite Plástico (LP) ASTM-D4318 (%)
	3 "	76,200	100,0	0,0	0,0	20	
	2 "	50,800	100,0	0,0	0,0	16	
	1 1/2 "	38,100	100,0	0,0	0,0	4	
	1 "	25,400	100,0	0,0	0,0	SC - SM	
	3/4"	19,100	100,0	0,0	0,0	A-1-a	
	3/8"	9,520	94,1	5,9	5,9	0	
	N° 4	4,760	68,8	25,3	31,2	Descripción de muestra: Arena limo arcillosa con grava	
	N° 10	2,000	38,8	30,0	61,2		
	N° 20	0,840	28,2	10,6	71,8		
	N° 40	0,425	23,4	4,8	76,6		
	N° 60	0,250	19,6	3,8	80,5		
	N° 140	0,106	15,1	4,5	84,9		
N° 200	0,075	12,8	2,3	87,2			
< 200	ASTM D 1140:00	0,0	12,8	100,0			

Observaciones:

- El peso de la muestra cumple con lo especificado en la Norma



Referencias :

- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
- ASTM D 2216-05 Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 µm) sieve

LIMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

HECHO POR : L.A.M.S

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

FECHA : 24/09/2013

PROFUNDIDAD : 1,10 - 2,10

MUESTRA: T2 - M2

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

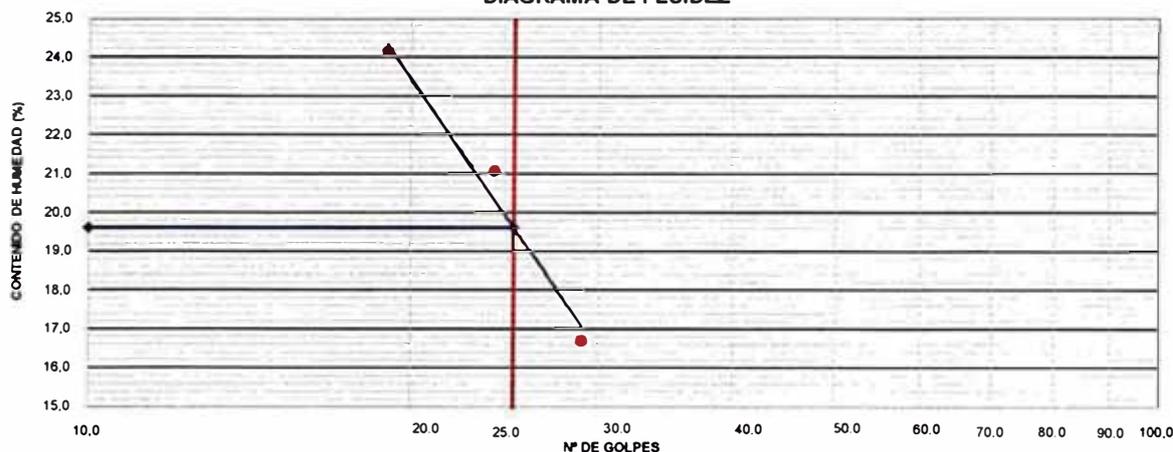
LÍMITE LÍQUIDO

Nº TARRO	E7	E8	E9
TARRO + SUELO HÚMEDO	41,30	40,20	39,40
TARRO + SUELO SECO	40,40	39,40	38,70
AGUA	0,90	0,80	0,70
PESO DEL TARRO	35,00	35,60	35,80
PESO DEL SUELO SECO	5,40	3,80	2,90
% DE HUMEDAD	16,67	21,05	24,14
Nº DE GOLPES	29	24	19

LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO	E10	E11	E12
TARRO + SUELO HÚMEDO	39,30	39,70	38,2
TARRO + SUELO SECO	39,00	39,30	37,5
AGUA	0,30	0,40	0,7
PESO DEL TARRO	36,10	35,50	34,9
PESO DEL SUELO SECO	2,90	3,80	2,6
% DE HUMEDAD	10,34	10,53	26,92

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	19,61
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	15,93
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	3,68

OBSERVACIONES

La muestra fue proporcionada por el solicitante.
 Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

Referencia:

ASTM D 4318-05 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.



Fecha de emisión : 24/09/2013

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200
NTP 400.018 / ASTM C 117-04

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

FECHA DE RECEPCIÓN : 10/09/2013

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO,
IIRSA NORTE

FECHA DE EJECUCIÓN : 16/09/2013

UBICACIÓN : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA : T2 - M2

PROF. (m) : 1,10 - 2,10

METODOLOGIA : A

DATOS	1	2	3	4	5
Tamaño nominal máximo (mm)	0,45				
Cantidad mínima requerida (g)	300,0				
Peso inicial (g)	463,0				
Verificación de la cantidad mínima	Ok				
Peso inicial (verificado) (g)	463,0				
Peso lavado (g)	341,0				
Pasante la malla N° 200 (g)	122,0				
Pasante la malla N° 200 (%)	26				

Porcentaje del material mas fino que pasa la malla N° 200 (promedio) : 26

Número de ensayos válidos : 1

Observaciones :

- El lavado de la muestra por la malla N° 200 se realizó con agua.

Referencia :

ASTM D 1140-00 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve.

Realizado : **L.A.M.S**Revisado : **L.J.V.D**

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

TECNICO : L.A.M.S.

LUGAR : KM 234 + 345 AL 234 + 380

ING. RESP. : L.J.V.D.

FECHA : 09/10/13

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080-04**

PROGRESIVA (km) : KM 234 + 345 AL 234 + 380

MUESTRA : C1 - M2

PROF. (m) : 4,00

CLASIF. SUCS : SC-SM

ESTADO : Muestra Remoldeada

VELOCIDAD DE CORTE : 0.5 mm/min

ESPECIMEN 1	
Altura Inicial:	22,0 mm
Lado de caja:	60,0 mm
Area Inicial:	36,0 cm ²
Densidad:	2,05 gr/cm ³
Humedad Inic.:	11,1 %
Humedad Fin.:	10,6 %
Esf. Normal:	0,56 kg/cm ²
Esf. Corte:	0,316 kg/cm ²

ESPECIMEN 2	
Altura Inicial:	22,0 mm
Lado de caja:	60,0 mm
Area Inicial:	36,0 cm ²
Densidad:	2,05 gr/cm ³
Humedad Inic.:	11,1 %
Humedad Fin.:	9,9 %
Esf. Normal:	1,11 kg/cm ²
Esf. Corte:	0,571 kg/cm ²

ESPECIMEN 3	
Altura Inicial:	22,0 mm
Lado de caja:	60,0 mm
Area Inicial:	36,0 cm ²
Densidad:	2,05 gr/cm ³
Humedad Inic.:	11,1 %
Humedad Fin.:	9,0 %
Esf. Normal:	2,22 kg/cm ²
Esf. Corte:	1,099 kg/cm ²

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/s)
0,00	0,000	0,00
0,13	0,026	0,05
0,25	0,044	0,08
0,38	0,062	0,11
0,51	0,070	0,13
0,64	0,079	0,14
0,76	0,097	0,17
0,89	0,105	0,19
1,02	0,114	0,20
1,14	0,132	0,23
1,27	0,141	0,25
1,48	0,149	0,26
1,69	0,158	0,28
1,91	0,167	0,29
2,12	0,176	0,31
2,33	0,193	0,34
2,54	0,202	0,35
2,96	0,211	0,37
3,39	0,220	0,38
3,81	0,229	0,40
4,23	0,237	0,41
5,08	0,246	0,42
5,93	0,255	0,43
6,77	0,264	0,44
7,62	0,272	0,45
8,47	0,281	0,46
10,16	0,290	0,47
11,85	0,299	0,47
13,55	0,308	0,48
15,24	0,316	0,48
0,00	0,000	0,00

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/s)
0,00	0,000	0,00
0,13	0,070	0,06
0,25	0,105	0,09
0,38	0,132	0,12
0,51	0,149	0,13
0,64	0,173	0,15
0,76	0,195	0,17
0,89	0,217	0,19
1,02	0,239	0,21
1,14	0,261	0,23
1,27	0,283	0,25
1,48	0,305	0,27
1,69	0,327	0,29
1,91	0,349	0,31
2,12	0,371	0,33
2,33	0,393	0,35
2,54	0,415	0,36
2,96	0,437	0,38
3,39	0,458	0,40
3,81	0,480	0,42
4,23	0,502	0,43
5,08	0,524	0,45
5,93	0,546	0,46
6,77	0,554	0,46
7,62	0,562	0,47
8,47	0,571	0,47
10,16	0,571	0,46
11,85	0,571	0,45
13,55	0,571	0,44
15,24	0,571	0,44
0,00	0,000	0,00

Deformacion horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/s)
0,00	0,000	0,00
0,13	0,114	0,05
0,25	0,176	0,08
0,38	0,229	0,10
0,51	0,281	0,13
0,64	0,334	0,15
0,76	0,378	0,17
0,89	0,431	0,19
1,02	0,457	0,20
1,14	0,501	0,22
1,27	0,536	0,24
1,48	0,571	0,25
1,69	0,615	0,27
1,91	0,642	0,28
2,12	0,686	0,30
2,33	0,721	0,32
2,54	0,756	0,33
2,96	0,791	0,35
3,39	0,817	0,36
3,81	0,853	0,37
4,23	0,923	0,40
5,08	0,958	0,41
5,93	1,002	0,42
6,77	1,037	0,44
7,62	1,055	0,44
8,47	1,063	0,44
10,16	1,072	0,43
11,85	1,081	0,43
13,55	1,090	0,42
15,24	1,099	0,42
0,00	0,000	0,00

OBSERVACIONES :

- La muestra fue tomada por el solicitante.
- La muestra fue remoldeada.

EQUIPO:

MARCA : PINZUAR
CERT. DE CALIBRACION : CFM-068-2013
SERIE : PS-107-C/131

PROYECTO : SECTORES CRITICOS, TRAMO 3: RIOJA - CORRAL QUEMADO, IIRSA NORTE

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

LUGAR : KM 234 + 345 AL 234 + 380

TECNICO : L.A.M.S.

ING. RESP. : L.J.V.D.

FECHA : 09/10/13

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080-04**

PROGRESIVA (km) : KM 234 + 345 AL 234 + 380

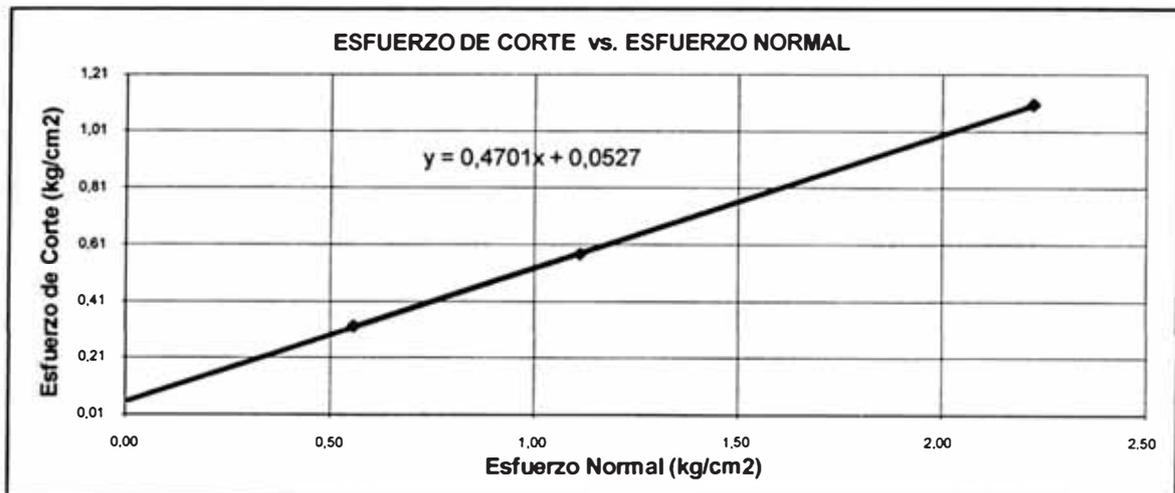
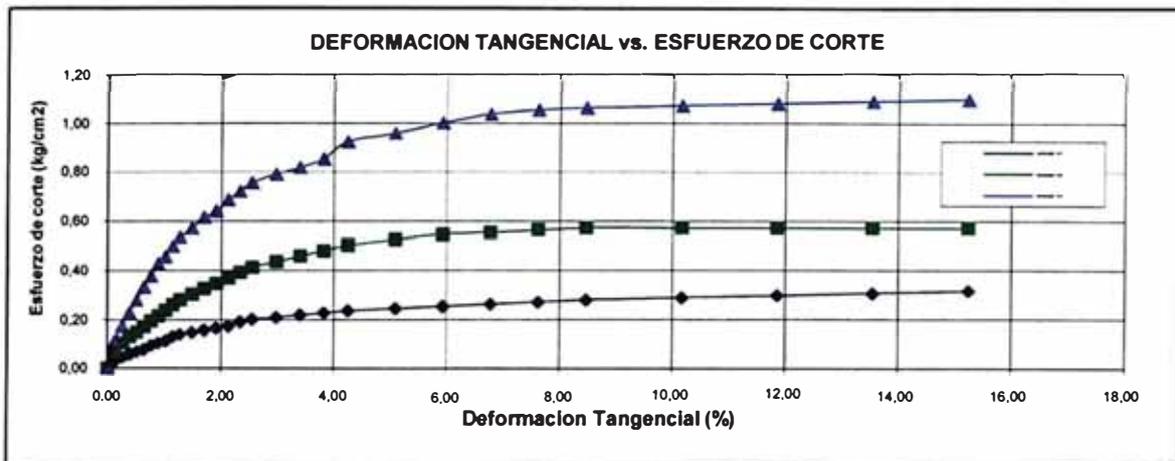
PROF. (m) : 4,00

ESTADO : Muestra Remoldeada

MUESTRA : C1 - M2

CLASIF. SUCS : SC-SM

VELOCIDAD DE CORTE : 0.5 mm/min



Resultados:

Cohesión c : 0,0527 Kg/cm²

Angulo de fricción ϕ : 25,18°

REFERENCIA:

- ASTM D 3080-04 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

GEONAYLAMP

S.A.C.



INGENIERIA GEOTÉCNICA

MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS DE SUELO SALES

PROYECTO : "SECTORES CRÍTICOS IIRSA NORTE, TRAMO 3: RIOJA-CORRAL QUEMADO"

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC

UBICACIÓN : KM 234+345 - KM 234+380

SONDAJE : C-1

MUESTRA : M-2

FECHA : Lima, Octubre del 2013

N° Material	N° Campo	S.S.T. (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	pH
Arena arcillosa con limo.	C-1 M-2	1,356.20	1,288.20	171.20	7.23

Métodos

- Sales Solubles Totales: Determ. de Sales Solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.152 - 2002
- Cloruro Soluble: Determ. de cloruros solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.117 - 2002
- Sulfato Soluble: Determ. de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.178 - 2002
- pH: Método Potenciométrico

Anexo V

Memorias de Calculo.

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL SUBDREN FRANCÉS - TALUD INFERIOR

CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_d = Q_i + Q_s + Q_h$$

Donde:

- Qd: Caudal de diseño.
- Qi: Caudal por infiltración.
- Qh: Caudal debido a filtraciones puntuales estimado en campo.
- Qs: Caudal sub superficial.

Caudal por Infiltración Directa

$$Q_i = I_R \times B \times L \times F_i \times F_r$$

Donde:

- Qi: Caudal por infiltración, cm³/s.
- IR: Intensidad de lluvia anual, para un Tr = 20 años, y tiempo de concentración de 0.5 horas, cm/s
- B: Ancho de infiltración (perpendicular al flujo del subdren), cm.
- L: Longitud del subdren, cm.
- Fi: Factor de infiltración. (Ver Cuadro Factores de infiltración).
- Fr: Factor de retención de la base (Ver Cuadro Factores de Retención de la Base).

En este caso para Tr = 20 años y t = 0.5 horas el valor de I es :

53.15 mm/h

Factores de Infiltración

Tipo de carpeta	Fi
Carpetas asfálticas muy bien conservadas	0.30
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0.40
Carpetas asfálticas pobremente conservadas	0.50
Carpeta de concreto de cemento Portland	0.67

Factores de Retención de la Base

Tipo de Base	Fr
Bases bien gradadas, en servicio 5 años o más	1/4
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases mal gradadas, en servicio 5 años o más	1/3
Bases mal gradadas, en servicio menos de 5 años.	1/2

Los valores de B, Fi y Fr, dependen de las características del pavimento y se mantienen constantes a lo largo de este tramo y son:

- IR = 0.001476389 cm/s
- B = 800 cm (10 metros de ancho total de plataforma)
- L = 5500 cm (Longitud mayor entre descargas de subdrenes)
- Fi = 0.85 (Factor de infiltración)
- Fr = 0.33 (Factor de retención de la base granular)

Reemplazando valores, se obtiene:

$$Q_i = 1822.16 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Caudal Sub - superficial

Para flujo sub - superficial, emplearemos la ecuación de Darcy

$$Q_s = K \times i \times A$$

Donde:

- K: Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente, cm/s.
- i: Gradiente hidráulico.
- A: Area efectiva para el caso del abatimiento del nivel freático, cm².

$$i = \frac{\Delta h}{x}$$

Donde:

- Δh : Pérdida de carga hidráulica, m
- x : Distancia en la dirección del flujo, m.

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL SUBDREN FRANCÉS - TALUD INFERIOR

Se tiene:

$K =$	1.00E-03	cm/s (promedio estimado)
$\Delta h =$	6.00	m
$B =$	5.00	m
$i =$	1.2	
$L =$	55.00	m (considerando subdren longitudinal de mayor longitud)
$A = \Delta h \times L =$	330.00	m ²
$A =$	3300000.00	cm ²

Reemplazando valores, se obtiene:

$$Q_s = 3960.00 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Dado que este sistema de drenaje afectará al nivel freático a ambos lados de la sección analizada, se considera el doble del caudal obtenido por la ley de Darcy

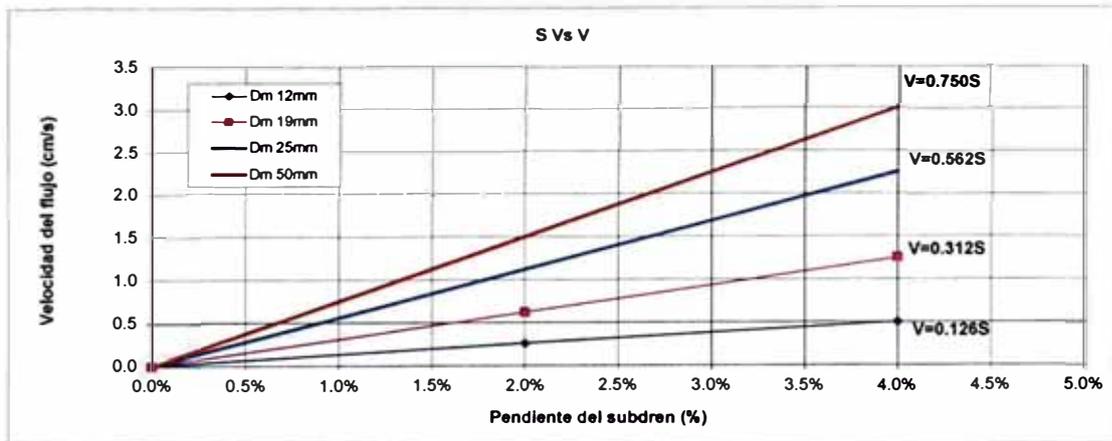
$$Q_d = 3960.00 \text{ cm}^3/\text{s}$$

CAUDAL TOTAL A ELIMINAR CON EL SUBDREN FRANCÉS (PARA UN APOORTE DE 8 LINEAS DE SUB DRENAJE)

$$Q_d = 5782.16 \text{ cm}^3/\text{s} = 0.0058 \text{ m}^3/\text{s} = 5.78 \text{ l/s}$$

CAPACIDAD DE CONDUCCION DEL SUBDREN

Pendiente (S%)	Velocidad (cm/s)			
	Dm 12mm	Dm 19mm	Dm 25mm	Dm 50mm
0%	0.00	0.00	0.00	0.00
2%	0.26	0.62	1.12	1.50
4%	0.50	1.25	2.25	3.00



Dimensionando Sección de Subdren

Ancho inferior=	2.50	m	
z=	0.20	m/m	
Altura=	2.50	m	(El material de filtro tiene 2.50 m de altura)
Area dren Francés=	6.25	m ²	
$Q_d =$	5782.16	cm ³ /s	
Factor de seguridad	1.00		
$Q_d =$	5782.16	cm ³ /s	

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL SUBDREN FRANCÉS - TALUD INFERIOR

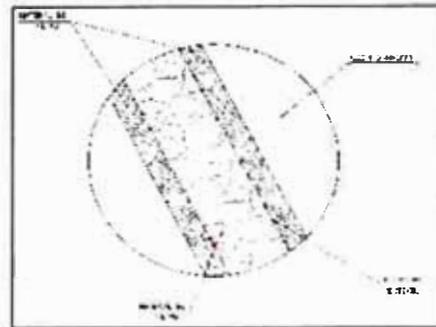
Para una Pendiente de 1% (min) Tenemos:

$$Q_r = V \times A$$

	Dm 12mm	Dm 19mm	Dm 25mm	Dm 50mm
V (cm/s)	0.126	0.312	0.562	0.750
Q (cm ³ /s)	7875	19500	35125	48875
	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple

Para una Pendiente de 5% Tenemos:

	Dm 12mm	Dm 19mm	Dm 25mm	Dm 50mm
V (cm/s)	0.630	1.560	2.810	3.750
Q (cm ³ /s)	39375	97500	175625	234375
	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple



Conclusion: Usar filtro de 25 mm de diametro medio d50 y una pendiente no menor a 1%

DISEÑO DEL GEOTEXTIL

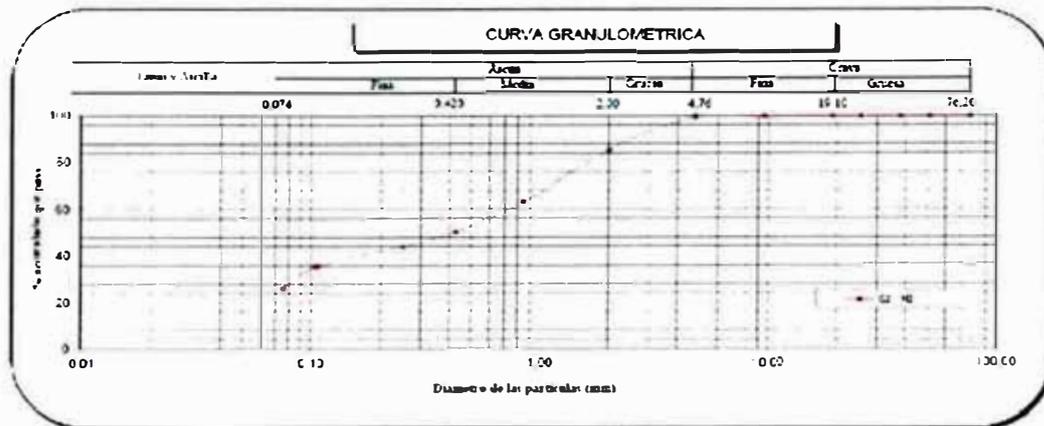
El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil debe tener una

Criterio de retención (TAA)

Este criterio asegura que las aberturas sean lo suficientemente pequeñas para evitar la migración del suelo hacia el medio drenante o hacia donde se dirige el

$$TAA < D_{85} \cdot B$$

TAA Tamaño de abertura aparente, dato suministrado por el fabricante. Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros). Se relaciona con partículas (en milímetros) que corresponden al 85% del suelo que pasa al ser tamizado. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.
D₈₅ Coeficiente que varía entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a filtrar, de las condiciones de flujo y del tipo del geotextil.
B



Parámetros	Tipo de suelo	
	Arena arcillosa	Capa de arena
B	1	1.8
D ₈₀	0.8	0.075
D ₁₀	0.075	0.075
Cu	10.7	1
D ₈₅	1.8	0.075
TAA	1.8	0.135

Se deberá colocar una capa de arena entre el suelo y geotextil, caso contrario algún material podría obstruir nuestro subdren

Criterio de permeabilidad

Se debe permitir un adecuado flujo del agua a través del geotextil considerando su habilidad para esto.

El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual el geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo, Para condiciones de flujo estable o flujo laminar y suelos no dispersivos, con porcentajes de finos no mayores al 50% y de acuerdo con el criterio de Schober y

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL SUBDREN FRANCÉS - TALUD INFERIOR

$$K_g > K_s$$

Donde:
 K_g = Permeabilidad del geotextil
 K_s = Permeabilidad del suelo

Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo riesgo, colmatación se recomienda

$$K_g > 10 \cdot K_s$$

$$K_g > 0.01 \text{ cm/s}$$

En estas condiciones también se recomienda colocar una capa de arena media a gruesa.

Criterio de colmatación

La porosidad de los geotextiles No Tejidos punzonados por agujas son superiores al 80%, por lo tanto este tipo de geotextiles cumplen con este criterio. Los geotextiles Tejidos y los No Tejidos termounidos o calandrados no cumplen este criterio.

Criterio de supervivencia

Cuando se presentan condiciones severas de instalación con esfuerzos de contacto altos. Se evalúan todas las características mecánicas que tienen los posibles geotextiles a usar frente las especificaciones según el artículo 673 del INVIAS o en su defecto la norma AASHTO M288-05. Con base en los criterios anteriores y comparando las especificaciones de los geotextiles, los geotextiles que cumplen estos criterios son: NT3000. Se selecciona el geotextil NT3000 por ser el técnico y económicamente más conveniente

PROPIEDADES		NORMA	UNIDAD	NT 1800	NT 1800	NT 2000	NT 2500	NT 3000	NT 3000	NT 3000	NT 4000	NT 7000	RECONV-04	RECONV-10	
PROPIEDADES MECÁNICAS	Módulo Gral. Resistencia a la Tracción Elongación	ASTM D-4532	N/mm ²	450(100)	525(120)	600(130)	750(160)	900(200)	900(200)	900(200)	1050(230)	1350(300)	540(120)	540(120)	
	Resistencia a Puncionamiento	ASTM D-4533	N/dm ²	250(50)	290(60)	330(70)	390(85)	450(100)	450(100)	450(100)	525(115)	675(150)	262(60)	262(60)	
	Resistencia a Rasgado Impulsivo	ASTM D-4533	N/dm	199(45)	231(50)	264(57)	306(65)	357(75)	357(75)	357(75)	408(90)	510(110)	212(50)	212(50)	
	Módulo Múltiple Burst Resistencia a Estiramiento UV 50hr (50% Transm.)	ASTM D-3763 ASTM D-4388	MPa (ksi) %	12(1000) 20	14(1000) 20	17(1000) 20	22(1000) 20	27(1000) 20	27(1000) 20	27(1000) 20	32(1000) 20	40(1000) 20	149(1000) 20	149(1000) 20	
PROPIEDADES HIDRÁULICAS	Tamaño de Abertura Apertura	ASTM D-4751	mm (No. Tamal)	0.18(60)	0.15(60)	0.15(60)	0.15(60)	0.15(60)	0.15(60)	0.15(60)	0.15(60)	0.15(60)	N.A.	N.A.	
	Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	42 x 10 ⁻⁷	36 x 10 ⁻⁷	27 x 10 ⁻⁷	26 x 10 ⁻⁷	20 x 10 ⁻⁷	27 x 10 ⁻⁷	N.A.	N.A.				
	Porosidad	ASTM D-4491	%	33	24	22	20	18	13	14	10	8	N.A.	N.A.	
	Espejor	ASTM D-517W	mm	1.8	1.5	1.2	1.8	2.0	2.6	2.5	3.0	3.3	1.1	1.5	
	Resistencia de Adhesión	ASTM D-614D	N/m ²	N.A.	1.0	1.1									
DIMENSIONES	Tipo de Polímero	Fabricante		PP	PP										
	Ratio Ancho	Medido	3:3:3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	
	Ratio Largo	Medido	3:3:3	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	180	150	
	Ratio Área	Calculado	3:3:3	500	521	555	670	820	820	820	820	1000	684	570	
	Ratio Ancho Máximo	Medido	3:3:3	4.1	4.1	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	-	-	
FUNCIONES DEL GEOTEXTIL	Francés			=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====			
	Densidad			=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====			
	Protección			=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====			
	Separación					=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====			
	Estabilización						=====	=====	=====	=====	=====	=====			
	Refuerzo								=====	=====	=====	=====			
Reparación												=====	=====		

Calculo hidráulico para la escogencia del geotextil

En el caso en donde los geotextiles sean usados como recubrimiento de tubos que a su vez se encuentran en un medio drenante en espaldones de estructuras

$$\psi = k / t$$

Donde:
 ψ = Permeabilidad. (s-1)
 k = Permeabilidad del geocompuesto. (m/s)
 t = Espesor del geotextil de una cara del geocompuesto. (m)

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL SUBDREN FRANCÉS - TALUD INFERIOR

Caudal que se requiere pasar por el filtro, el cual es el caudal calculado por metro lineal de subdrén, se calcula la permitividad requerida del geotextil, haciendo

$$\psi_{req} = 1.68E-05$$

Permeabilidad del geotextil fabricado

$$\psi_{ut} = 1.8$$

Permitividad admisible

$$\psi_{adm} = 0.31$$

FR _{SCB}	FR _{CR}	FR _N	FR _{CC}	FR _{BC}
2.00	1.10	1.10	1.20	2.00

Tabla 3.3 Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenajes

Area	Calmatación	Reducción de vacias por Creep	Intrusión en las vacias	Calmatación Química	Calmatación Biológica
	FR _{SCB}	FR _{CR}	FR _N	FR _{CC}	FR _{BC}
Filtros en el regulación de marea de conexión	2.0 a 4.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	1.0 a 1.3
Sistemas de subdrenaje	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0
Filtros de control de erosión	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	2.0 a 4.0
Filtros en rilleros seccionales	2.0 a 10.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 5.0
Drenaje por gravedad	2.0 a 4.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	1.2 a 1.5
Drenaje a presión	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3	1.1 a 1.3

Factor de seguridad global

$$FS_g = 1.84E+04$$

Por lo que el geotextil NT 3000 es apto como medio "filtrante" en el sistema.

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL SUBDREN FRANCÉS - SUBDREN TALUD SUPERIOR

CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_d = Q_i + Q_s + Q_h$$

Donde:

- Qd: Caudal de diseño.
- Qi: Caudal por infiltración.
- Qh: Caudal debido a filtraciones puntuales estimado en campo.
- Qs: Caudal sub superficial.

Caudal por Infiltración Directa

$$Q_i = I_R \times B \times L \times F_i \times F_r$$

Donde:

- Qi: Caudal por infiltración, cm³/s.
- IR: Intensidad de lluvia anual, para un Tr = 20 años, y tiempo de concentración de 0.5 horas, cm/s
- B: Ancho de infiltración (perpendicular al flujo del subdren), cm.
- L: Longitud del subdren, cm.
- Fi: Factor de infiltración. (Ver Cuadro Factores de infiltración).
- Fr: Factor de retención de la base (Ver Cuadro Factores de Retención de la Base).

En este caso para Tr = 20 años y t = 0.5 horas el valor de I es :

53.15 mm/h

Factores de Infiltración

Tipo de carpeta	Fi
Carpetas asfálticas muy bien conservadas	0.30
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0.40
Carpetas asfálticas pobremente conservadas	0.50
Carpeta de concreto de cemento Portland	0.67

Factores de Retención de la Base

Tipo de Base	Fr
Bases bien gradadas, en servicio 5 años o más	1/4
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	1/3
Bases mal gradadas, en servicio 5 años o más	1/3
Bases mal gradadas, en servicio menos de 5 años.	1/2

Los valores de B, Fi y Fr, dependen de las características del pavimento y se mantienen constantes a lo largo de este tramo y son:

IR =	0.001476389	cm/s	
B =	2000	cm	(10 metros de ancho total de plataforma)
L =	5500	cm	(Longitud mayor entre descargas de subdrenes)
Fi =	0.85	(Factor de infiltración)	
Fr =	0.33	(Factor de retención de la base granular)	

Reemplazando valores, se obtiene:

$$Q_i = 4555.40 \quad \text{cm}^3/\text{s}$$

Caudal Sub - superficial

Para flujo sub - superficial, emplearemos la ecuación de Darcy

$$Q_s = K \times i \times A$$

Donde:

- K: Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente, cm/s.
- i: Gradiente hidráulico.
- A: Area efectiva para el caso del abatimiento del nivel freático, cm².

$$i = \frac{\Delta h}{x}$$

Donde:

- Δh : Pérdida de carga hidráulica, m
- x : Distancia en la dirección del flujo, m.

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL SUBDREN FRANCÉS - SUBDREN TALUD SUPERIOR

Se tiene:

$K = 1.00E-03$ cm/s (promedio estimado)
 $\Delta h = 2.50$ m
 $B = 20.00$ m
 $i = 0.125$
 $L = 55.00$ m (considerando subdren longitudinal de mayor longitud)
 $A = \Delta h \times L = 137.50$ m²
 $A = 1375000.00$ cm²

Reemplazando valores, se obtiene:

$Q_{si} = 171.88$ cm³/s

Dado que este sistema de drenaje afectará al nivel freático a ambos lados de la sección analizada, se considera el doble del caudal obtenido por la ley de Darcy

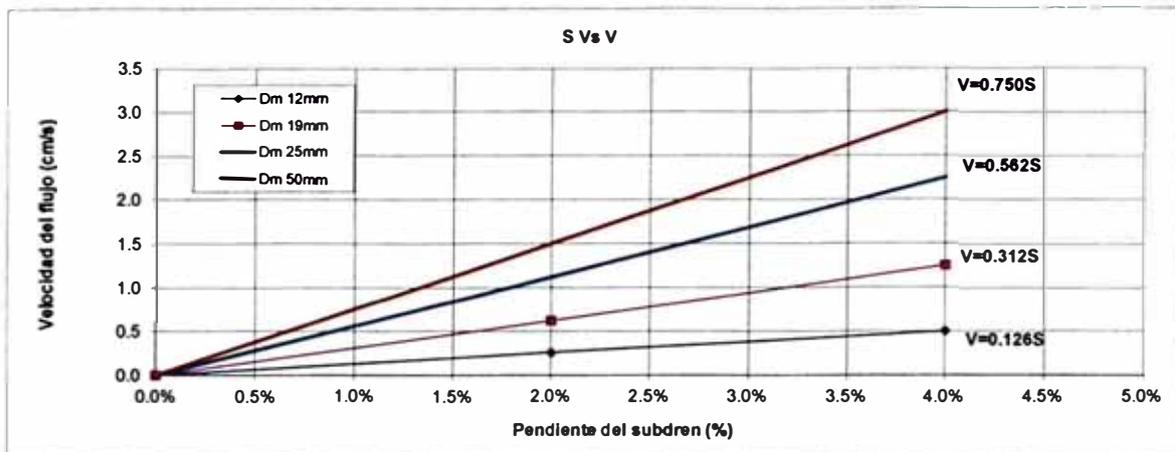
$Q_d = 171.88$ cm³/s

CAUDAL TOTAL A ELIMINAR CON EL SUBDREN FRANCÉS

$Q_d = 4727.27$ cm³/s = 0.0047 m³/s = 4.73 l/s

CAPACIDAD DE CONDUCCION DEL SUBDREN

Pendiente (S%)	Velocidad (cm/s)			
	Dm 12mm	Dm 19mm	Dm 25mm	Dm 50mm
0%	0.00	0.00	0.00	0.00
2%	0.26	0.62	1.12	1.50
4%	0.50	1.25	2.25	3.00



Dimensionando Sección de Subdren

Ancho inferior = 1.00 m
 $z = 0.00$ m/m
 Altura = 2.50 m (El material de filtro tiene 2.50 m de altura)
 Area dren Francés = 2.50 m²
 $Q_d = 4727.27$ cm³/s

Factor de seguridad = 1.50
 $Q_d = 7090.91$ cm³/s

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL SUBDREN FRANCÉS - SUBDREN TALUD SUPERIOR

Para una Pendiente de 1% (min) Tenemos:

	Dm 12mm	Dm 19mm	Dm 25mm	Dm 50mm
V (cm/s)	0.126	0.312	0.562	0.750
Q (cm ³ /s)	3150	7800	14050	18750
	No cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple

$$Q_f = V \times A$$

Para una Pendiente de 5% Tenemos:

	Dm 12mm	Dm 19mm	Dm 25mm	Dm 50mm
V (cm/s)	0.630	1.560	2.810	3.750
Q (cm ³ /s)	15750	39000	70250	93750
	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple

Conclusión: Usar filtro de 25 mm de diametro medio d50 y una pendiente no menor a 1%

DISEÑO DEL GEOTEXTIL

El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad, que permita el paso del flujo de una manera eficiente. Para llegar a la selección del geotextil no sólo hay que tener en cuenta lo anterior, sino además, la resistencia a la colmatación, supervivencia y durabilidad.

Criterio de retención (TAA)

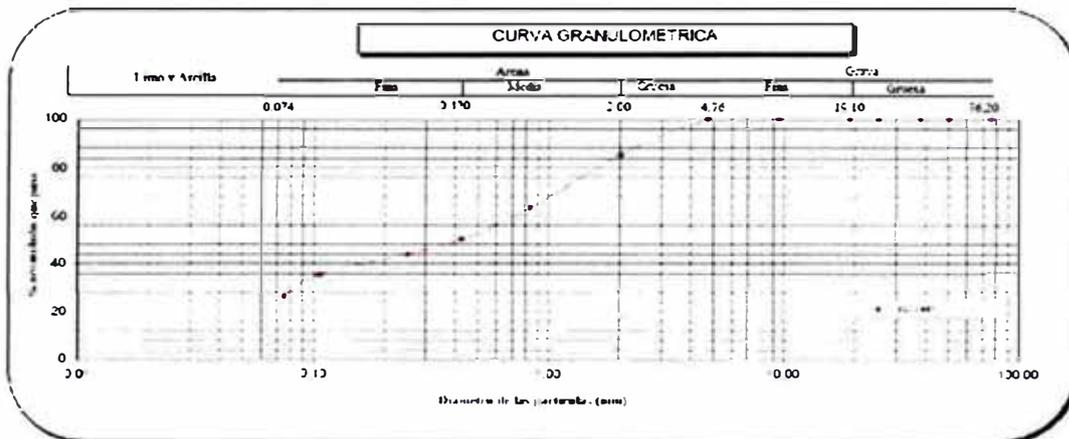
Este criterio asegura que las aberturas sean lo suficientemente pequeñas para evitar la migración del suelo hacia el medio drenante o hacia donde se dirige el flujo. De acuerdo con lo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en los criterios de retención de Christopher y Holtz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} \cdot B$$

TAA Tamaño de abertura aparente, dato suministrado por el fabricante. Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros). Se obtiene tamizando unas esferas de vidrio de diámetros conocidos, cuando el 5% de un tamaño determinado de esferas pasa a través del geotextil, se define el TAA. Ensayo ASTM D4751, INV E-907.

D₈₅ Tamaño de partículas (en milímetros) que corresponde al 85% del suelo que pasa al ser tamizado. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.

B Coeficiente que varía entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a filtrar, de las condiciones de flujo y del tipo del geotextil.



Parámetros	Tipo de suelo	
	Arena arcillosa	Capa de arena
B	1	1.8
D ₆₀	0.8	0.075
D ₁₀	0.075	0.075
Cu	10.7	1
D ₈₅	1.8	0.075
TAA	1.8	0.135

Se deberá colocar una capa de arena entre el suelo y geotextil, caso contrario algún material podría obstruir nuestro subdren

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL SUBDREN FRANCÉS - SUBDREN TALUD SUPERIOR

Calculo hidráulico para la escogencia del geotextil

En el caso en donde los geotextiles sean usados como recubrimiento de tubos que a su vez se encuentran en un medio drenante en espaldones de estructuras de contención que involucren suelos de alta permeabilidad o en general cuando se usan como medios filtrantes para grandes caudales, se debe revisar la cantidad de flujo volumétrico que puede pasar por unidad de área (tasa de flujo), en el plano normal al geotextil, frente a la cantidad de flujo volumétrico a evacuar por metro lineal. Para lo cual se realiza el siguiente procedimiento:

$$\psi = k / t$$

Donde:

ψ = Permitividad. (s-1)
 k = Permeabilidad del geocompuesto. (m/s)
 t = Espesor del geotextil de una cara del geocompuesto. (m)

Caudal que se requiere pasar por el filtro, el cual es el caudal calculado por metro lineal de subdrén, se calcula la permitividad requerida del geotextil, haciendo uso de la ecuación de Darcy.

$$\psi_{req} = 3.44E-05$$

Permeabilidad del geotextil fabricado

$$\psi_{fab} = 1.8$$

Permitividad admisible

$$\psi_{adm} = 0.31$$

FR _{SCB}	FR _{CB}	FR _{IN}	FR _{CC}	FR _{BC}
2.00	1.10	1.10	1.20	2.00

Tabla 3.3 Factores de reducción para geotextiles en aplicaciones de drenajes

Area	Colmatación	Reducción de vacíos por Creep	Intrusión en los vacíos	Colmatación Química	Colmatación Biológica
	FR _{SCB}	FR _{CB}	FR _{IN}	FR _{CC}	FR _{BC}
Filtros en el espaldón de muros de contención	2.0 a 4.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	1.0 a 1.3
Sistema de subdrenaje	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0
Filtros de control de erosión	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	2.0 a 4.0
Filtros en rellenos sanitarios	2.0 a 10.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 5.0
Drenaje por gravedad	2.0 a 4.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	1.2 a 1.5
Drenaje a presión	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3	1.1 a 1.3

Factor de seguridad global

$$FS_g = 9.01E+03$$

Por lo que el geotextil NT 3500 es apto como medio "filtrante" en el sistema.

Anexo VI

Ensayos de canteras.

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS S.A.C.

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SECTORES INESTABLES CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO NORTE - IIRSA NORTE
TRAMO Nº 3: CORRAL QUEMADO - RIOJA

UBICACIÓN : Cantera TUESTA (km 14+700 / Carretera Pedro Ruiz - Chachapoyas)

ESPECIFICACION			MUESTRA				
			BASE	SUB BASE	CONCRETO	ASFALTO	
E N S A Y O S E S T A N D A R	GRANULOMETRIA % QUE PASA		2"	100.00	100.00	100.00	100.00
			1 1/2"	98.00	95.00	100.00	100.00
			1"	85.00	86.00	100.00	96.00
			3/4"	72.00	75.00	100.00	58.00
			3/8"	60.00	56.00	100.00	19.00
			Nº 4	50.00	48.00	100.00	1.00
			Nº 10	40.00	38.00	81.00	0.00
			Nº 20	30.00	29.00	62.00	0.00
			Nº 40	20.00	19.00	41.00	0.00
			Nº 60	12.00	12.00	25.00	0.00
			Nº 140	4.00	4.00	8.00	0.00
	Nº 200	2.00	2.00	3.00	0.00		
	LIMITES DE ATTERBERG		L.L.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
			L.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
	PROCTOR		M.D.S (g/cm³)	2.225	2.216		
			O.C.H (%)	8.40	8.30		
	C B R	2.5 mm	100%	100.00	92.00		
95%			71.00	64.00			
5.0 mm		100%	100.00	111.00			
		95%	87.00	76.00			
F I N O A G	RIEDEL WEBER					GRADO 01	
	PARTICULAS LIVIANAS (%)					NT	
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)					7.11	
	INALTERABILIDAD (%)					5.20	
	PESO UNITARIO DE ARENA (g/cm³)	P.U.S				1.6980	
		P.U.V				1.8670	
	CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES	IÓN Cl - (%)				0.0016	
		SO4= (%)				0.0059	
	ÁNGULARIDAD Contenido de Vacíos (%)					41.40	
	TERRONES DE ARCILLA (%)					0.80	0.17
	ABRASIÓN (%)			23.00	19.00		22.00
	EQUIVALENTE DE ARENA (%)			77.00	72.00	71.00	
	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO (g/cm³)	Bulk Base Seca		2.69	2.69	2.60	
Bulk Base Sat.		2.70	2.71	2.62			
Aparente		2.72	2.73	2.64			

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS S.A.C.

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SECTORES INESTABLES CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO NORTE - IIRSA NORTE
TRAMO Nº 3: CORRAL QUEMADO - RIOJA

UBICACIÓN : Cantera TUESTA (km 14+700 / Carretera Pedro Ruiz - Chachapoyas)

ESPECIFICACION		MUESTRA				
		BASE	SUB BASE	CONCRETO	ASFALTO	
R E G A D O S	ABSORCIÓN (%)	0.40	0.40	0.60		
	IMPURESAS ORGÁNICAS	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE		
	ÍNDICE DE DURABILIDAD (%)	56.00		57.50		
	SALES EN AGREGADO FINO (%)	0.021	0.028	0.0187		
	CARAS FRACTURADAS (%)	UNA A MAS	92.00			97.00
		DOS A MAS	70.00			87.00
	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)				7.94	
	PARTICULAS LIVIANAS (%)				NT	
	INALTERABILIDAD (%)				3.30	
	PESO UNITARIO DE ARENA (g/cm³)	P.U.S				1.4210
P.U.V					1.5890	
CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES	IÓN Cl - (%)				0.0011	
	SO4= (%)				0.0030	
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO (g/cm³)	Bulk Base Seca	2.69	2.68		2.70	
	Bulk Base Sat	2.68	2.69		2.70	
	Aparente	2.69	2.70		2.71	
ABSORCIÓN (%)	0.29	0.21		0.24		
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	NT	NT		NT		
ADHERENCIA STRIPPING (PEN 60/70)				+95		
SALES EN AGREGADO GRUESO (%)	0.010	0.012		0.0157		

G
R
U
E
S
O

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : NAYLAMP INGENIEROS SAC PROYECTO : Sectores Críticos IIRSA Norte, Tramo 3: CORRAL
 DIRECCIÓN : Jr. Chamaya N° 145, Int. 101, San Miguel, Lima QUEMADO - RIOJA
 UBICACIÓN : Amazonas
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 05 de Octubre del 2013 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 17 de Octubre del 2013

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Carretera IIRSA NORTE, Km 256 + 500 PRESENTACIÓN : 1 Botella de plástico
 DESCRIPCIÓN : Agua CANTIDAD : 2. lt.

ENSAYOS DE CALIDAD DE AGUA PARA EL USO EN MEZCLAS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

ENSAYO	NORMA	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN (NTP 339.088)
Sales Solubles Totales Usada para la Elaboración de Hormigones y Morteros (p.p.m.)	ASTM D 5907	879.4	5,000 MÁX.
Sólidos en Suspensión (p.p.m)	ASTM D 5907	1239.7	1,500 MÁX.
Contenido de Sulfatos Solubles (p.p.m.)	ASTM D 516	57.5	600 MÁX.
Contenido de Cloruros Solubles (p.p.m.)	ASTM D 512	671.1	1,000 MÁX.
Contenido de Materia Orgánica (p.p.m.)	ASTM D 5907	2.7	3.0 MÁX.
Determinación del Potencial de Hidrógeno (pH) en el Agua Usada para la Elaboración de Hormigones y Morteros	ASTM D 1293-99	6.8	5.5 A 8.0
Alcalinidad (p.p.m)	ASTM D 5907	511.2	1,000 MÁX.

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

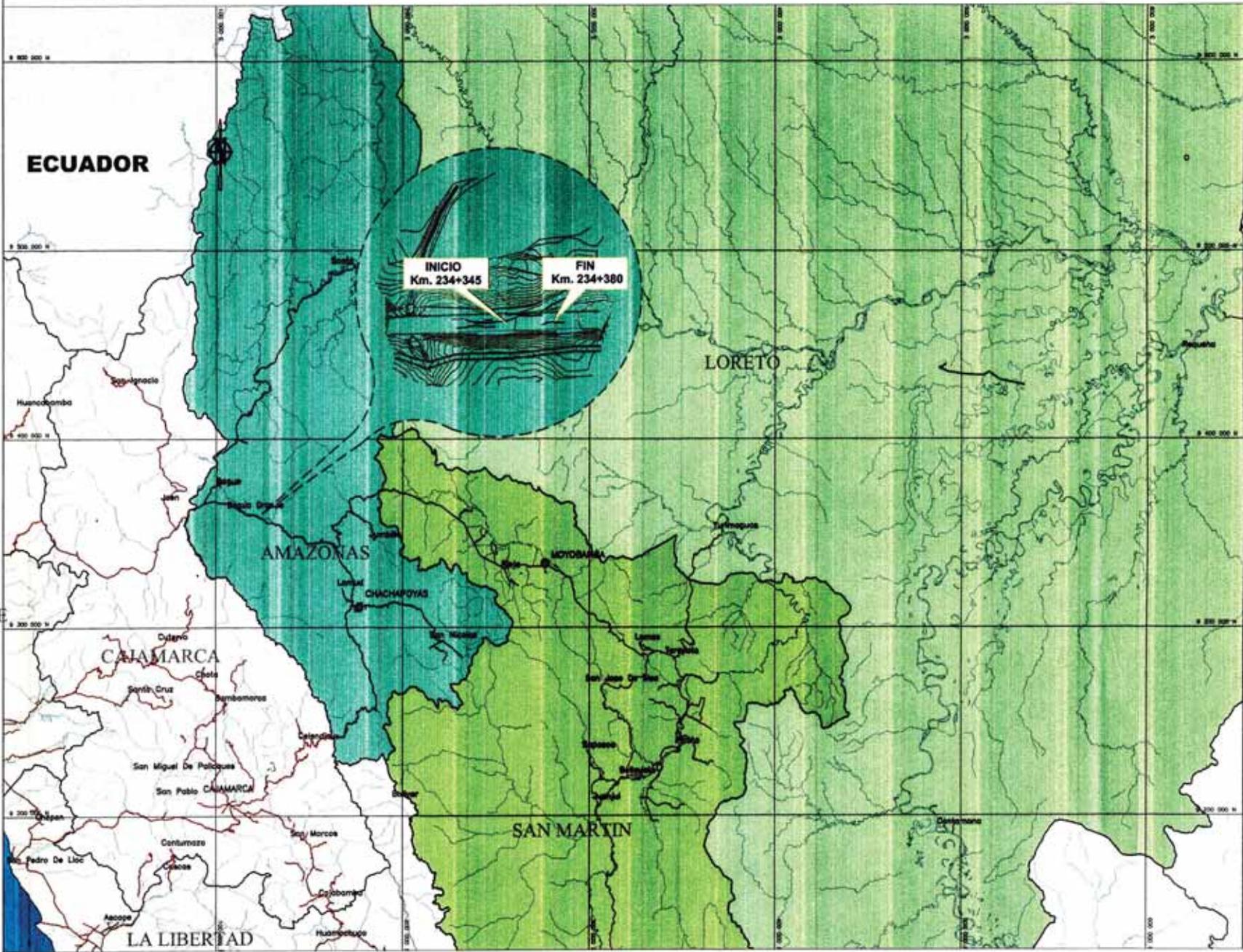
Referencia:

ASTM D5907-03 Standard test method for filterable and nonfilterable matter in water
 ASTM D516-02 Standard test method for sulfate ion in water
 ASTM D512-04 Standard test methods for chloride ion in water
 ASTM D5907 - 10 Standard Test Methods for Filterable Matter (Total Dissolved Solids) and Nonfilterable Matter (Total Suspended Solids) in Water
 ASTM D1293-99(2005) Standard test methods for pH of water
 MTC E 716 - 2000 Calidad de agua para concretos.

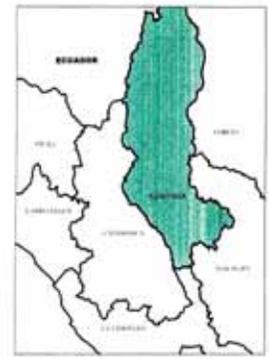
El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Anexo VII

Planos.



LOCALIZACION



1:1'000,000

DATUM : WGS-84
ZONA : 18

NOTA :
1.- LA ESCALA INDICADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL SOBRE



PROYECTISTA :

NAYLAMP
ING-RENDY S.A.C

DESEN: APO
REVIS: LTM
VERIFIC: JPD
FIRMADO: JPD

APROBADO :

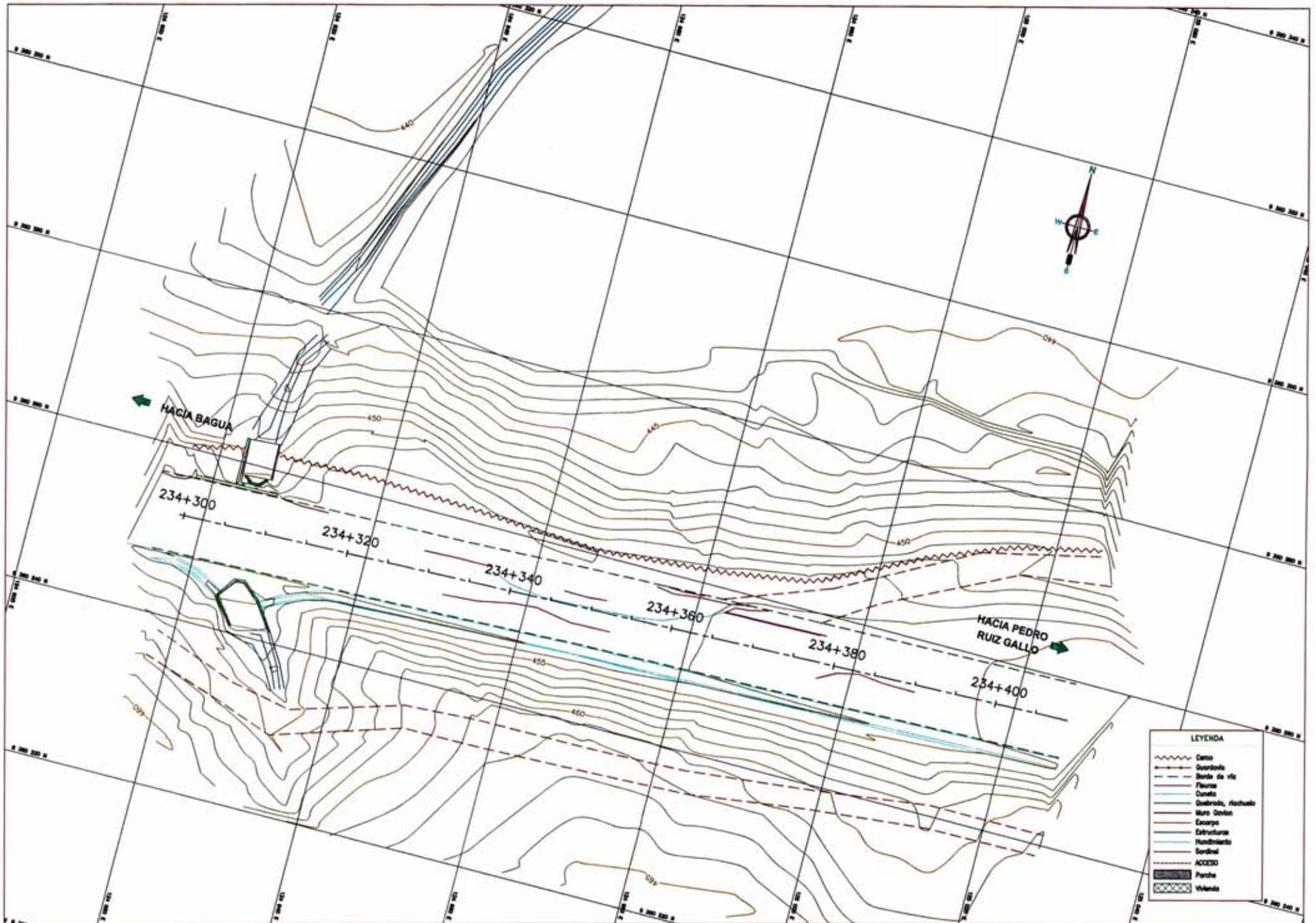
REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION

PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE
CARRETERA INTEROCEANICA NORTE

PLANO DE UBICACION
SECTOR CRITICO
Km. 234+345 - Km. 234+380

ESCALA: 1:1,000,000
FECHA:
CODIGO:
NºP-2014-PU-01

REV: 0



LEYENDA

	Camino
	Guardrails
	Señales de visibilidad
	Ferros
	Cortes
	Puentes, rickholes
	Muro de Contención
	Escarpe
	Estructuras
	Irrigación
	Serdal
	ACCESO
	Pavimento
	Wetlands



PROYECTISTA:
NAYLANP
 INGENIEROS S.A.C.

INGENIERO: JLR
 DISEÑO: JMC
 VERIFICADO: LYY
 APROBADO: LYY

APROBADO:

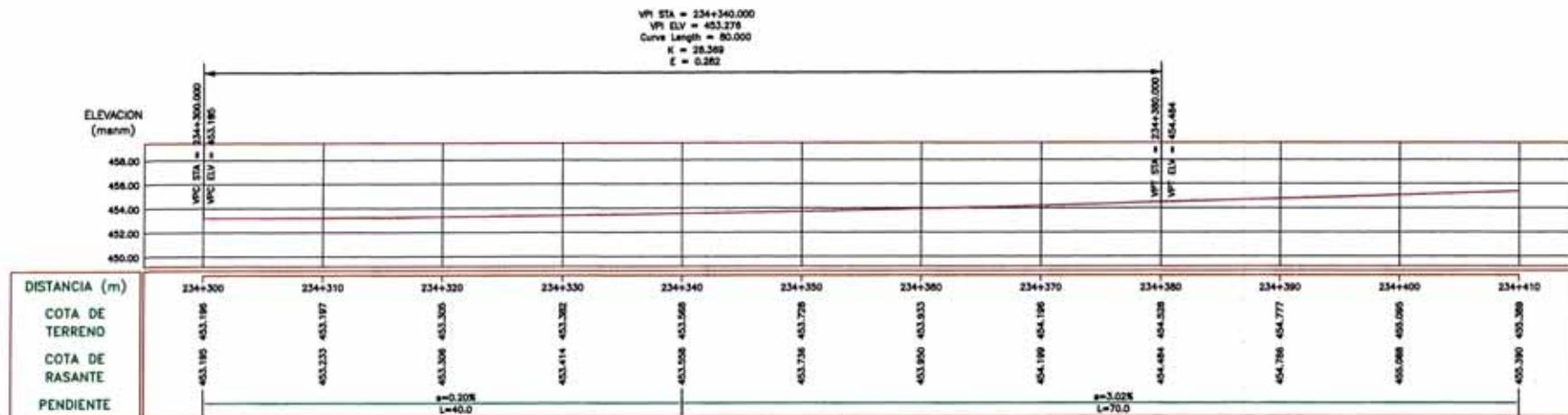
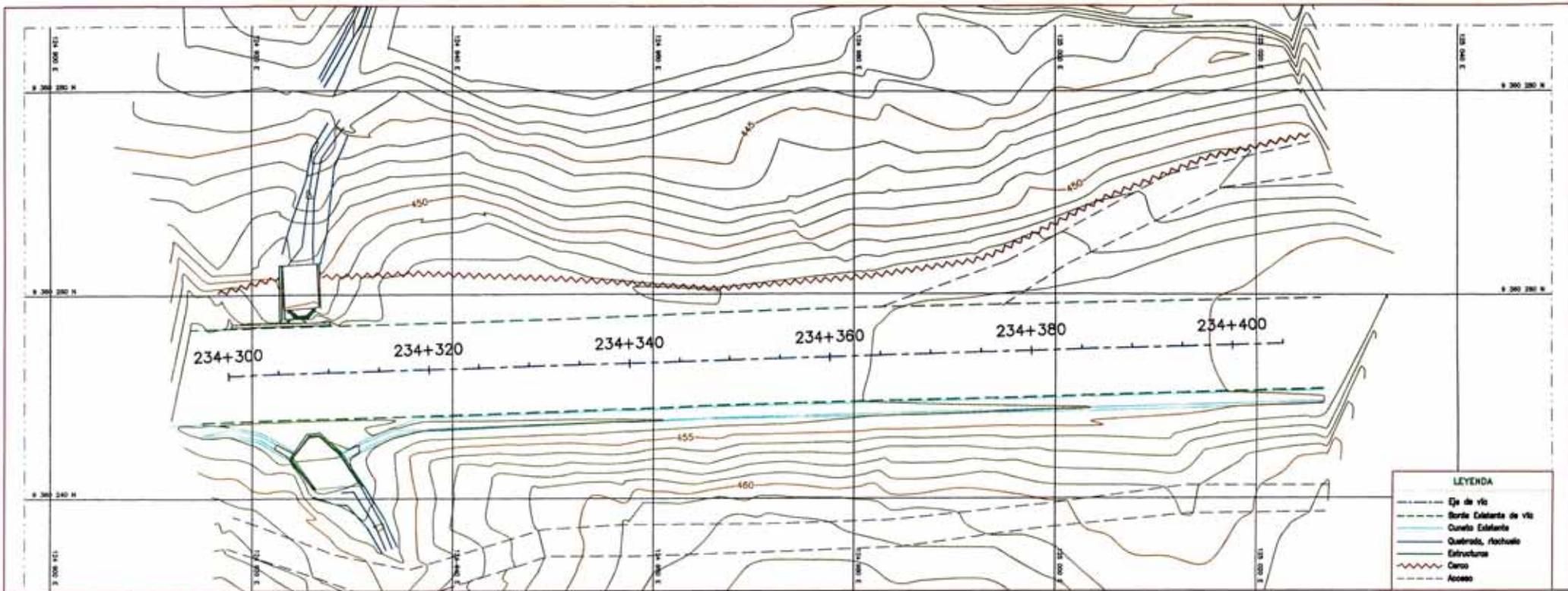
REVISIONES	
Nº	FECHA

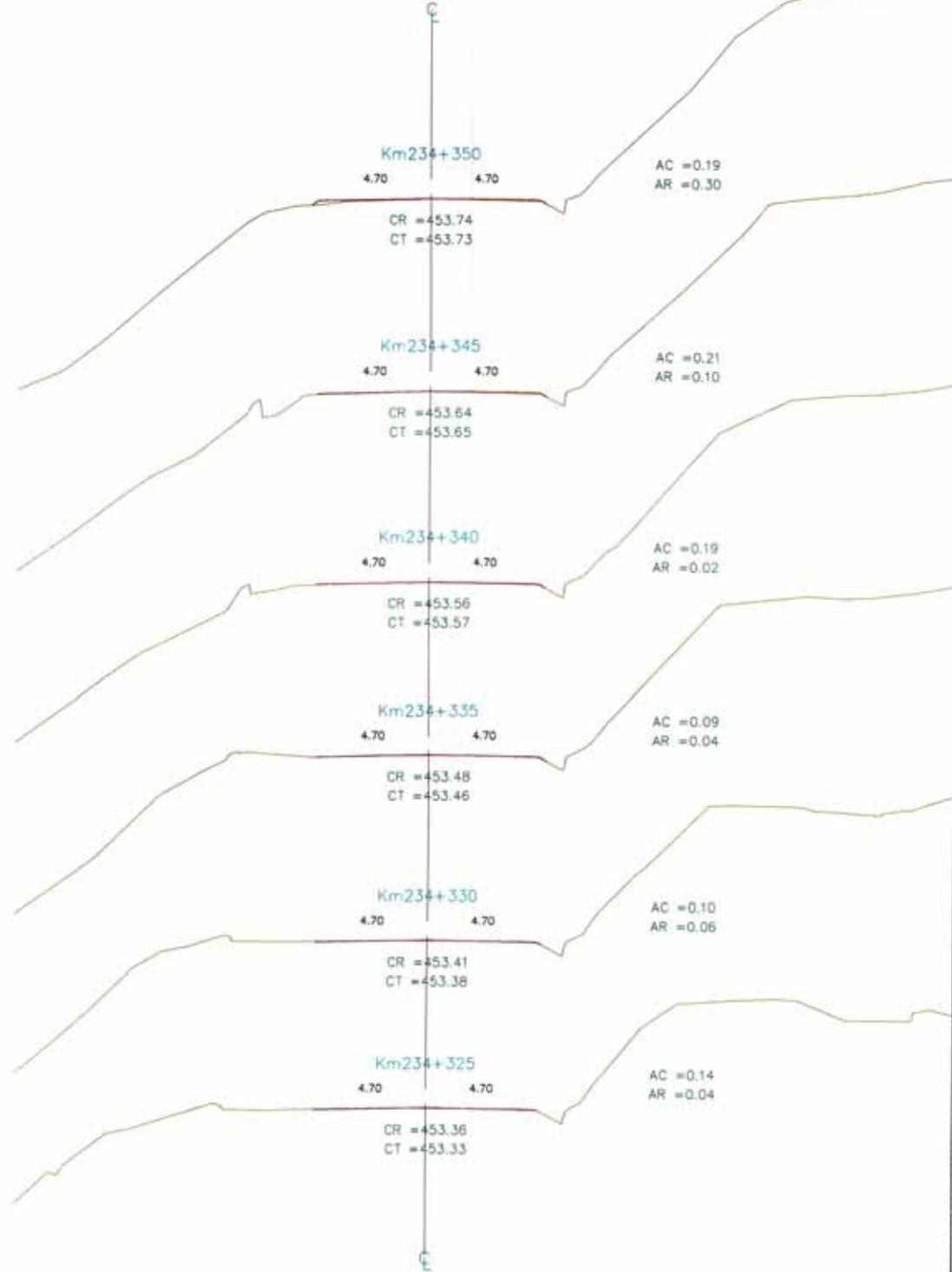
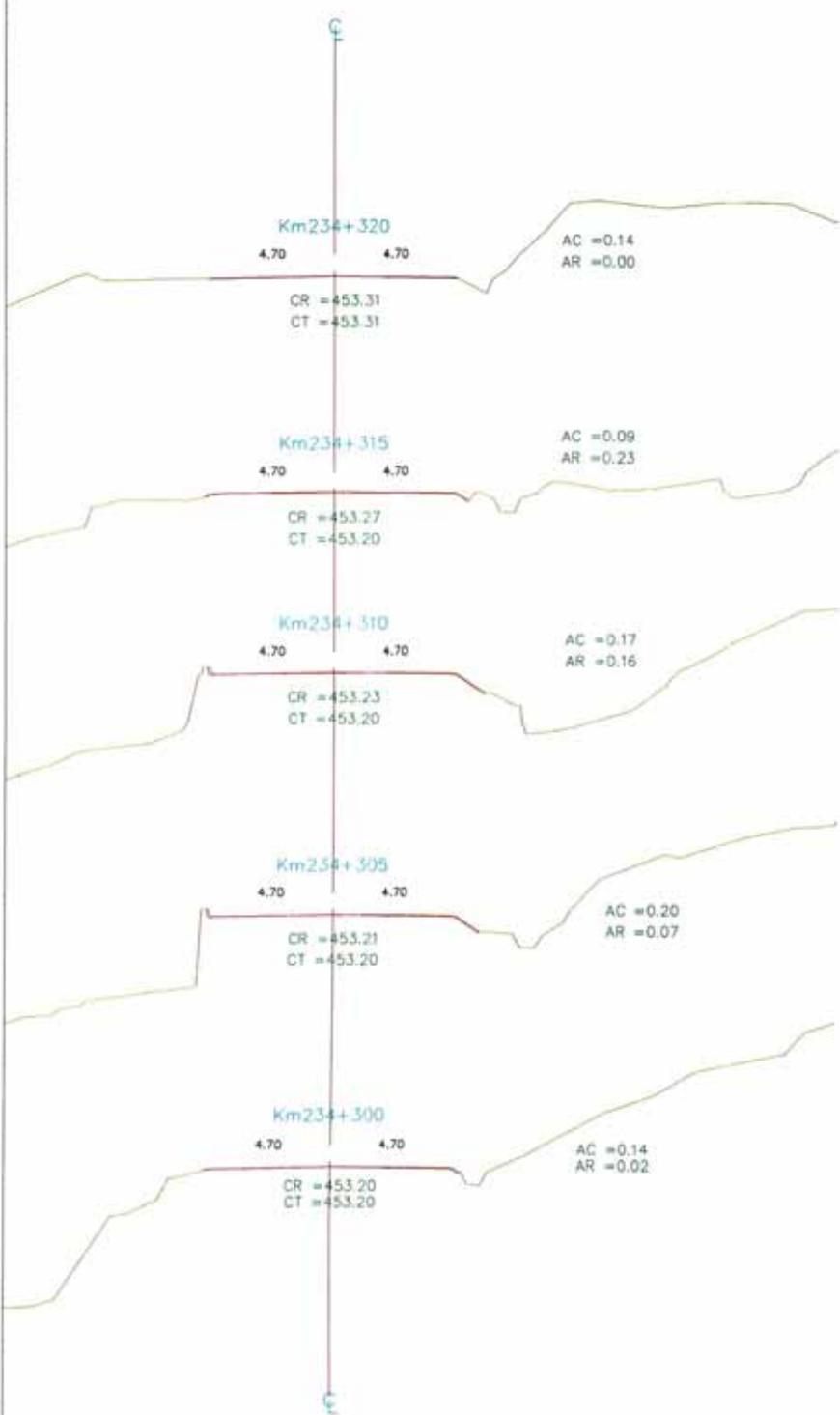
PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE
 CARRETERA INTEROCEANICA NORTE

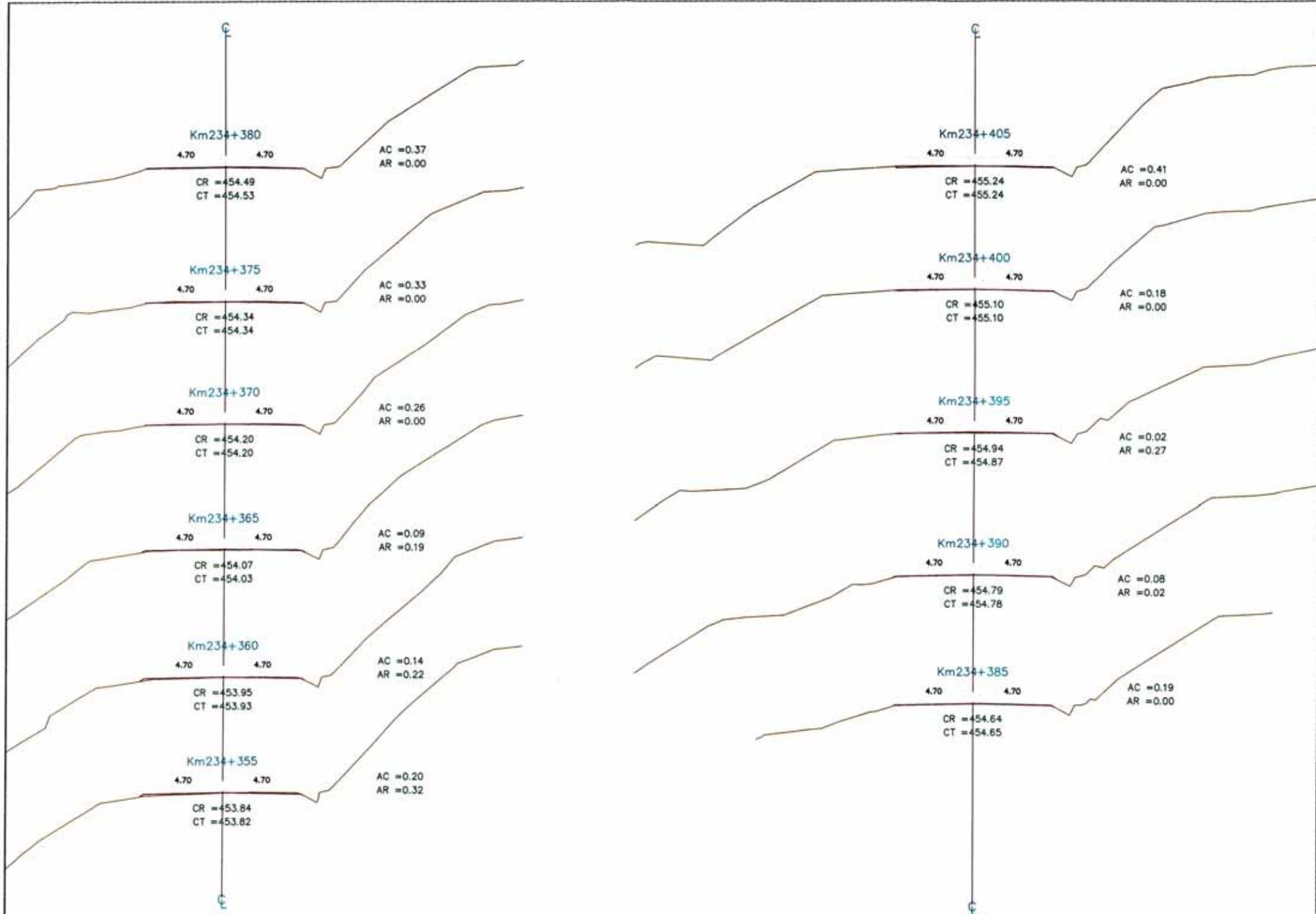
PLANO TOPOGRAFICO LOCAL
 SECTOR CRITICO
 Km. 234+345 - Km. 234+380

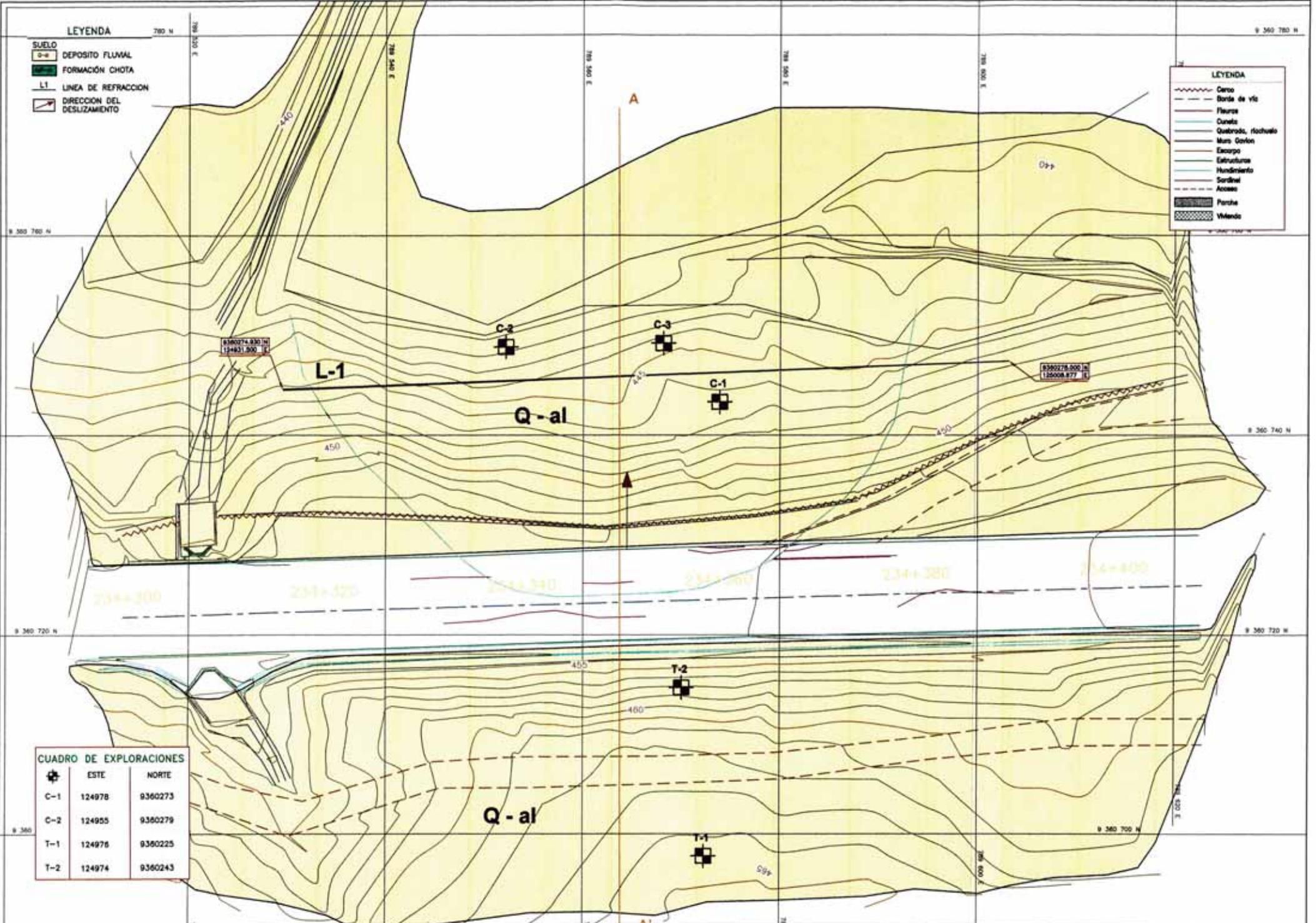
ESCALA: 1 / 250
 FECHA:
 COORDENADAS:
 1079-2014-PT-01

RED: **A**









- LEYENDA**
- SUELO
 - DEPOSITO FLUVIAL
 - FORMACION CHOTA
 - LINEA DE REFRACCION
 - DIRECCION DEL DESLIZAMIENTO

- LEYENDA**
- Cerco
 - Borda de vis
 - Fleura
 - Cuneta
 - Quedrozo, fochuelo
 - Muro Corlon
 - Escarpa
 - Estribadura
 - Handicrieto
 - Sordito
 - Acera
 - Pante
 - Vitrado

CUADRO DE EXPLORACIONES

	ESTE	NORTE
C-1	124978	9360273
C-2	124955	9360279
T-1	124976	9360225
T-2	124974	9360243



PROYECTISTA:
NAYLAMP
 INGENIEROS E.A.C.

DISEÑO: JLR/T
 DISEÑO: JMC
 VERIFIC: LJV
 FRESCO: LJV

APROBÓ:

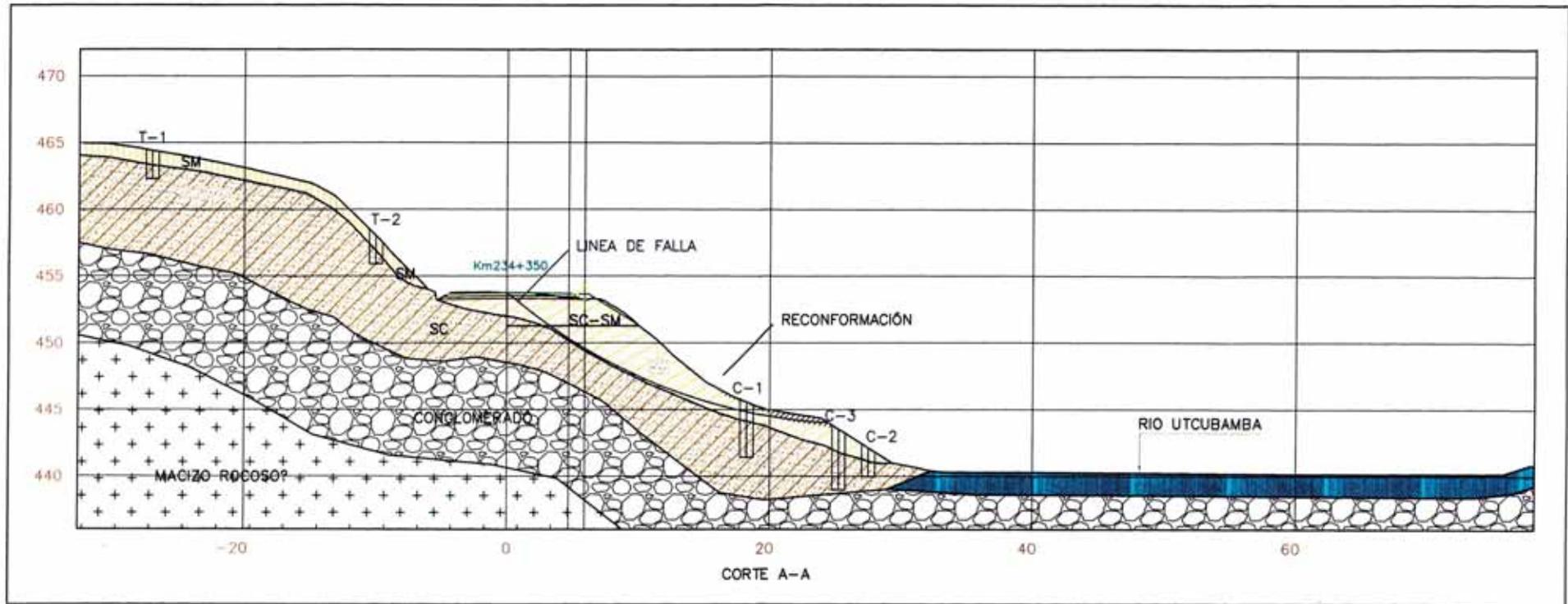
REVISIONES

Nº	FECHA	RESPONSABLE

PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE
 CARRETERA INTEROCEANICA NORTE

PLANO GEOLÓGICO LOCAL
SECTOR CRITICO
 Km. 234+345 - Km. 234+380

ESCALA: 1 / 200
 FECHA: 05/06/2011
 NYP-2014-PG-01
 REV: **A**

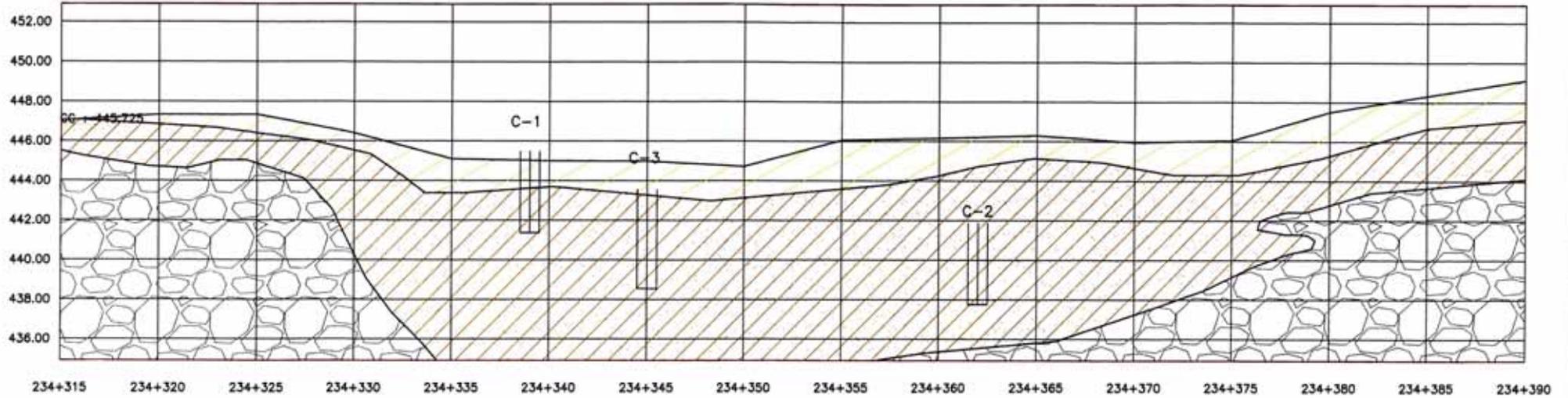


CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	MATERIAL QUE PASA				LL	PP	CLASIFICACIÓN		NW	C(Kg/cm ³)	φ
			N°4	N°10	N°40	N°200			SUCS	AASHTO			
C-1	M1	0.0-1.1	83.1	62.6	27.6	17.1	17	11	SC-SM	A-1-b (0)	10.4		
	M2	1.1-4.1	92.9	75.7	42.6	31.0	23	14	SC	A-2-4 (0)	13.9	0.0527	25.18
C-2	M1	0.0-1.1	83.1	62.6	27.6	17.1	21	15	SC-SM	A-1-b (0)	17.1		
	M2	1.1-2.2	79.5	62.1	31.2	13.2	23	13	SC	A-2-4 (0)	13.4		
C-3	M1	0.0-1.7	83.1	62.6	27.6	17.1	21	15	SC-SM	A-1-b (0)	17.1		
	M2	1.7-4.5	79.5	62.1	31.2	13.2	23	13	SC	A-2-4 (0)	13.4		
T-1	M1	0.0-1.1	81.8	61.4	27.7	16.8	-	NP	SM	A-1-b (0)	12.4		
	M2	1.1-2.1	90.4	69.6	31.2	19.5	16	12	SC-SM	A-1-b (0)	18.1		
T-2	M1	0.0-1.1	58.8	31.8	19.9	15.5	-	NP	SM	A-1-a (0)	11.2		
	M2	1.1-2.1	68.8	38.8	23.4	12.8	20	16	SC-SM	A-1-a (0)	14.4		

CUADRO DE COTAS		
EXPLORACION	COTA DE BOCA	COTA DE FONDO
C-1	445.562	441.462
C-2	442.118	439.918
C-3	443.489	438.989
T-1	464.415	462.315
T-2	458.084	455.934

LEYENDA	
	SC-SM
	SC
	CONGLOMERADO
	MACIZO ROCOSO
	FALLA

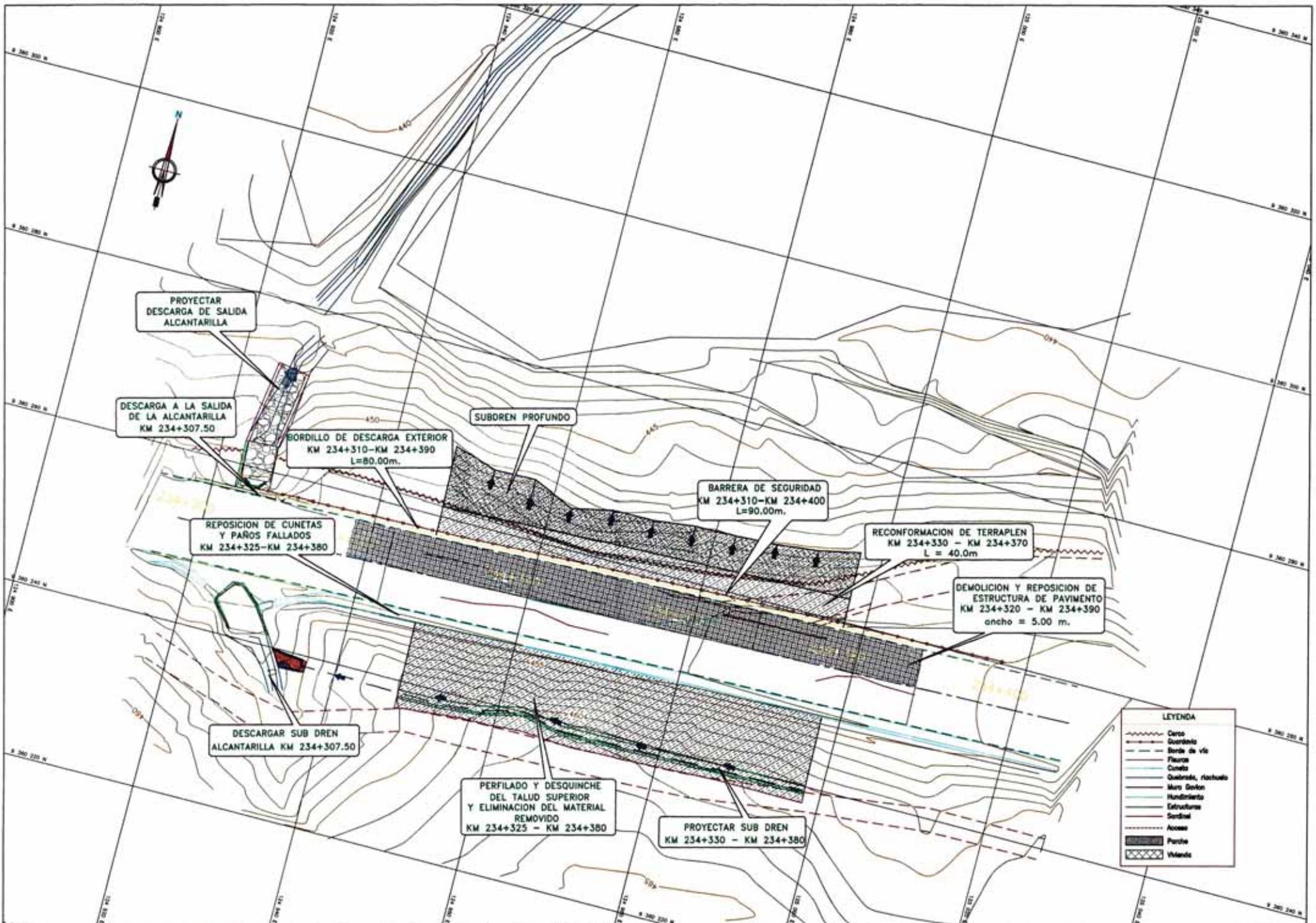
SECCION GEOTECNICA LONGITUDINAL



CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	MATERIAL QUE PASA				LL	PP	CLASIFICACIÓN		%W	C(Kg/cm ³)	Φ
			N°4	N°10	N°40	N°200			SUCS	AASTHO			
C-1	M1	0.0-1.1	83.1	62.6	27.6	17.1	17	11	SC-SM	A-1-b(0)	10.4		
	M2	1.1-4.1	92.9	75.7	42.6	31.0	23	14	SC	A-2-4(0)	13.9	0.0527	25.18
C-2	M1	0.0-1.1	83.1	62.6	27.6	17.1	21	15	SC-SM	A-1-b(0)	17.1		
	M2	1.1-2.2	79.5	62.1	31.2	13.2	23	13	SC	A-2-4(0)	13.4		
C-3	M1	0.0-1.7	83.1	62.6	27.6	17.1	21	15	SC-SM	A-1-b(0)	17.1		
	M2	1.7-4.5	79.5	62.1	31.2	13.2	23	13	SC	A-2-4(0)	13.4		
T-1	M1	0.0-1.1	81.8	61.4	27.7	16.8	-	NP	SM	A-1-b(0)	12.4		
	M2	1.1-2.1	90.4	69.6	31.2	19.5	16	12	SC-SM	A-1-b(0)	18.1		
T-2	M1	0.0-1.1	58.8	31.8	19.9	15.5	-	NP	SM	A-1-a(0)	11.2		
	M2	1.1-2.1	68.8	38.8	23.4	12.8	20	16	SC-SM	A-1-a(0)	14.4		

CUADRO DE COTAS		
EXPLORACION	COTA DE BOCA	COTA DE FONDO
C-1	445.562	441.462
C-2	442.118	439.918
C-3	443.489	438.989
T-1	464.415	462.315
T-2	458.034	455.934

LEYENDA	
	SC-SM
	SC
	CONGLOMERADO
	MACIZO ROCOSO
	FALLA



LEYENDA

- Cerco
- Suelo
- Borde de vía
- Fianza
- Cuneta
- Quiebre, rickshaw
- Muro Gaton
- Mandrillo
- Estructura
- Sardin
- Acceso
- Piche
- Vitrado



PROYECTISTA:
NAYLAMP
 INGENIEROS S.A.C.

ANEXO: JLRJ
 DISEÑO: JMC
 VERIFICADO: LYV
 APROBADO: LYV

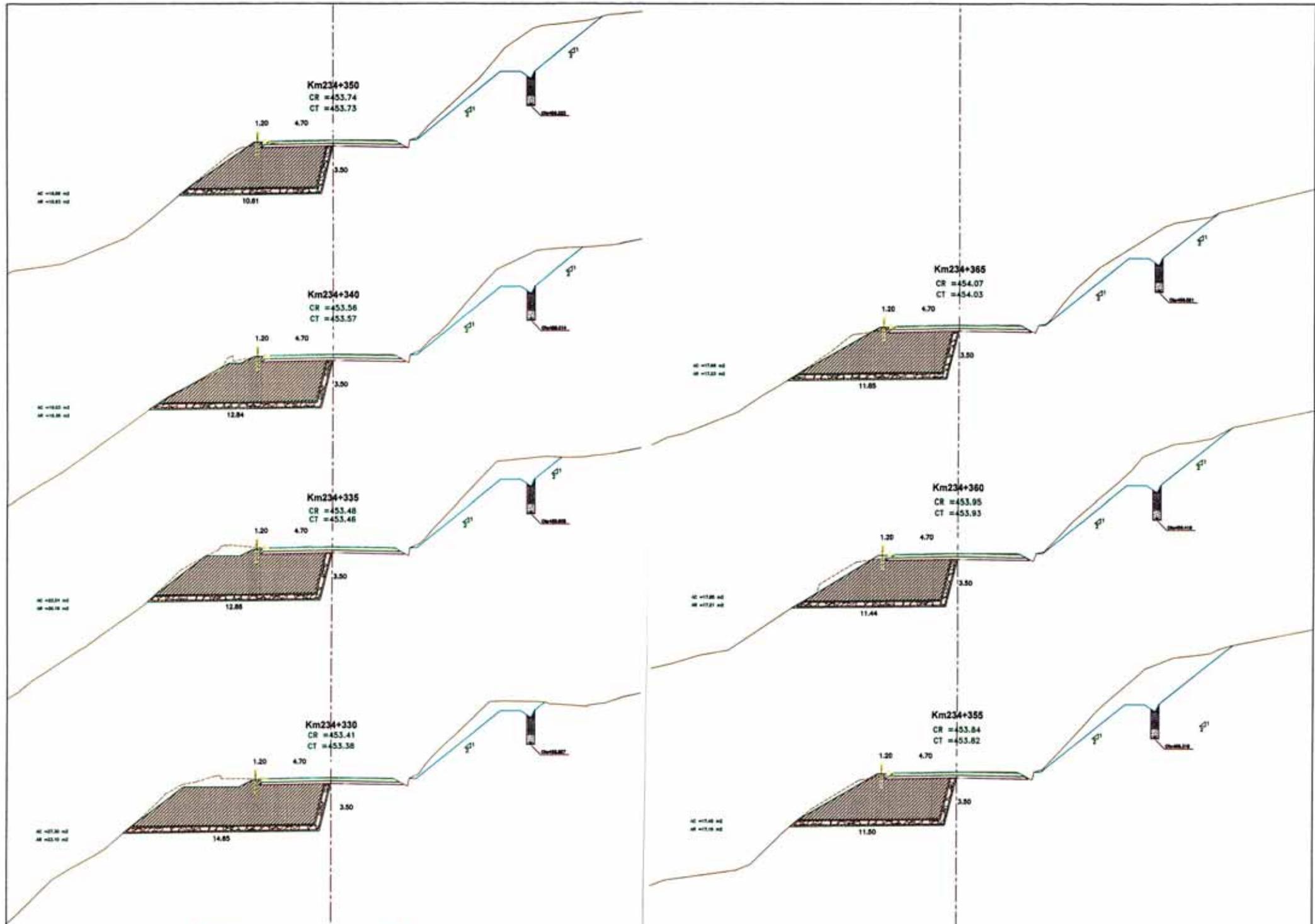
APROBÓ:

REVISIONES	
Nº	FECHA

PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE
 CARRETERA INTEROCEANICA NORTE

PLANO DE DISPOSICION
 SECTOR CRITICO
 Km. 234+345 - Km. 234+380

ESCALA: 1 / 200
 FECHA:
 000000
 REV: A



PROYECTISTA :
NAYLAMP
 INGENIEROS S.A.C.

JEFE: JUNT
 DISEÑO: JMC
 VERIFICADO: LTV
 FRECUENCIA: LTV

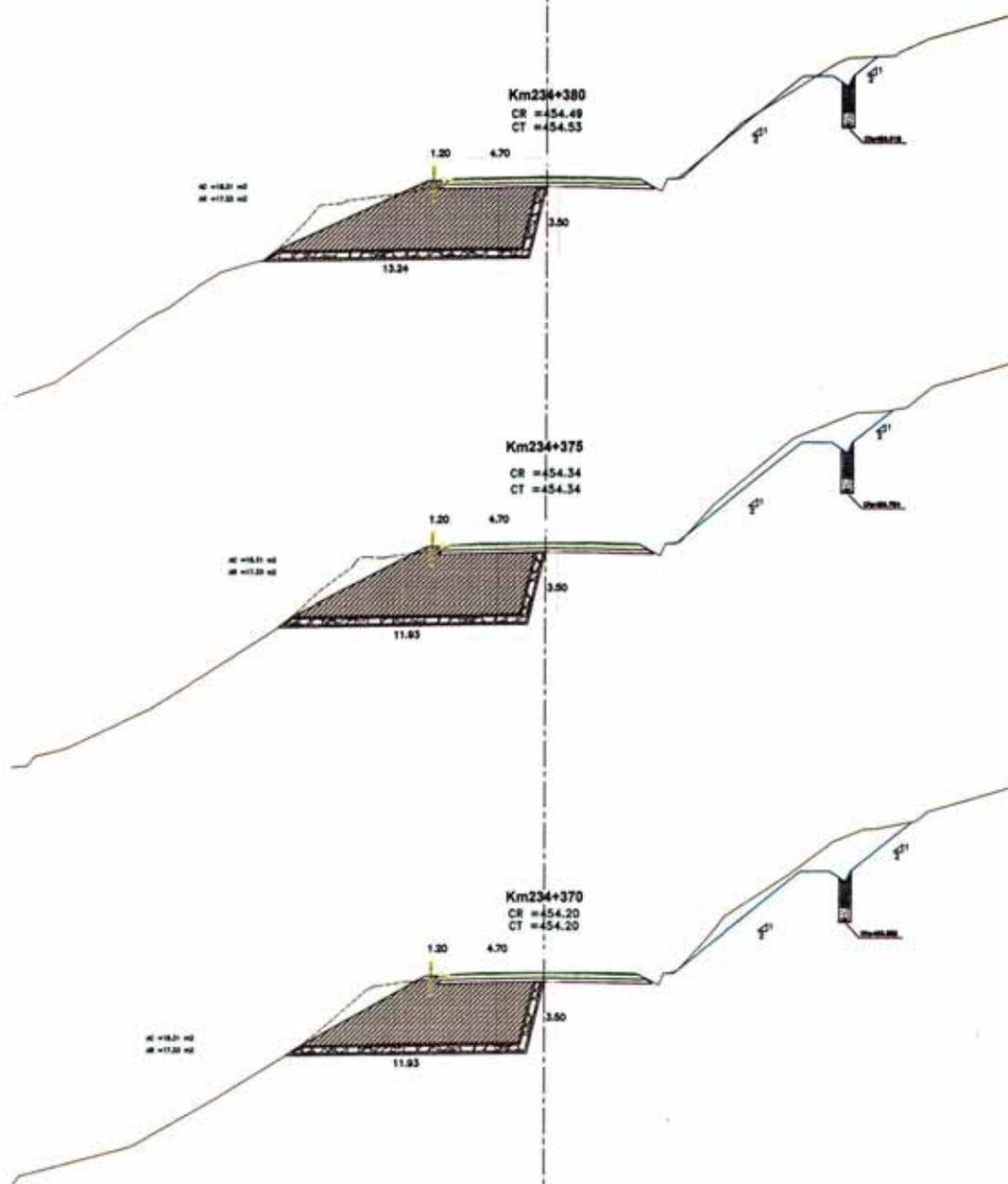
APROBÓ :

REVISIONES		
N°	FECHA	RESPONSABLE

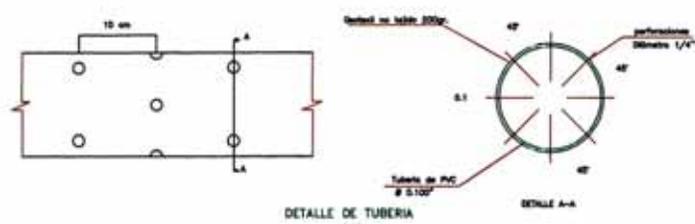
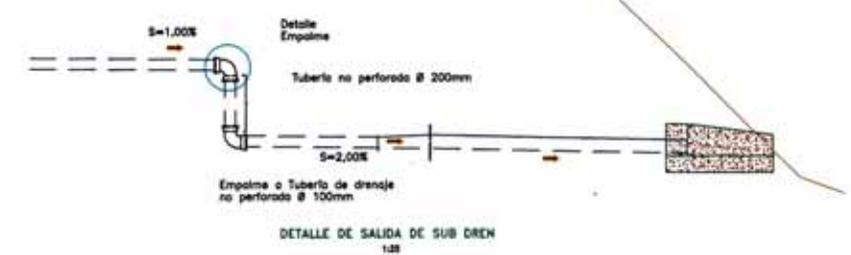
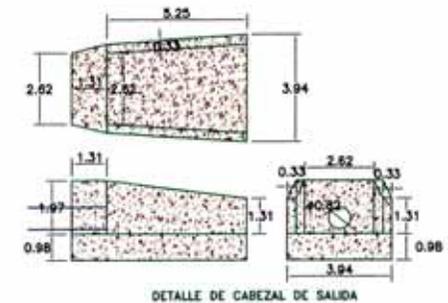
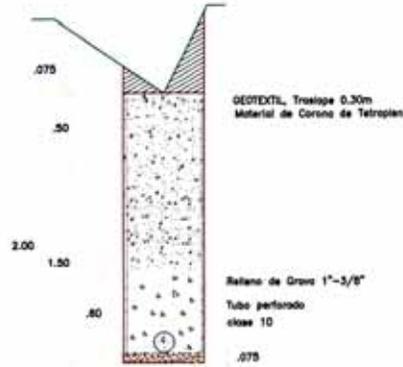
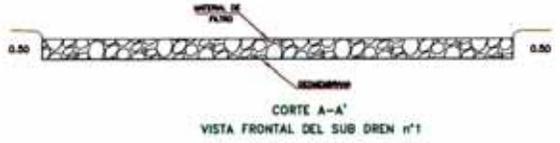
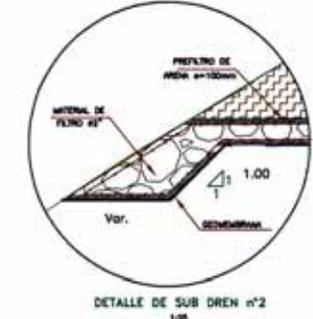
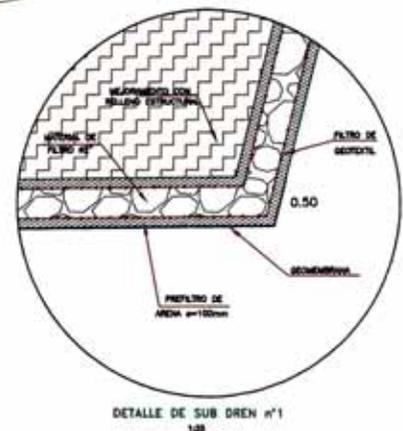
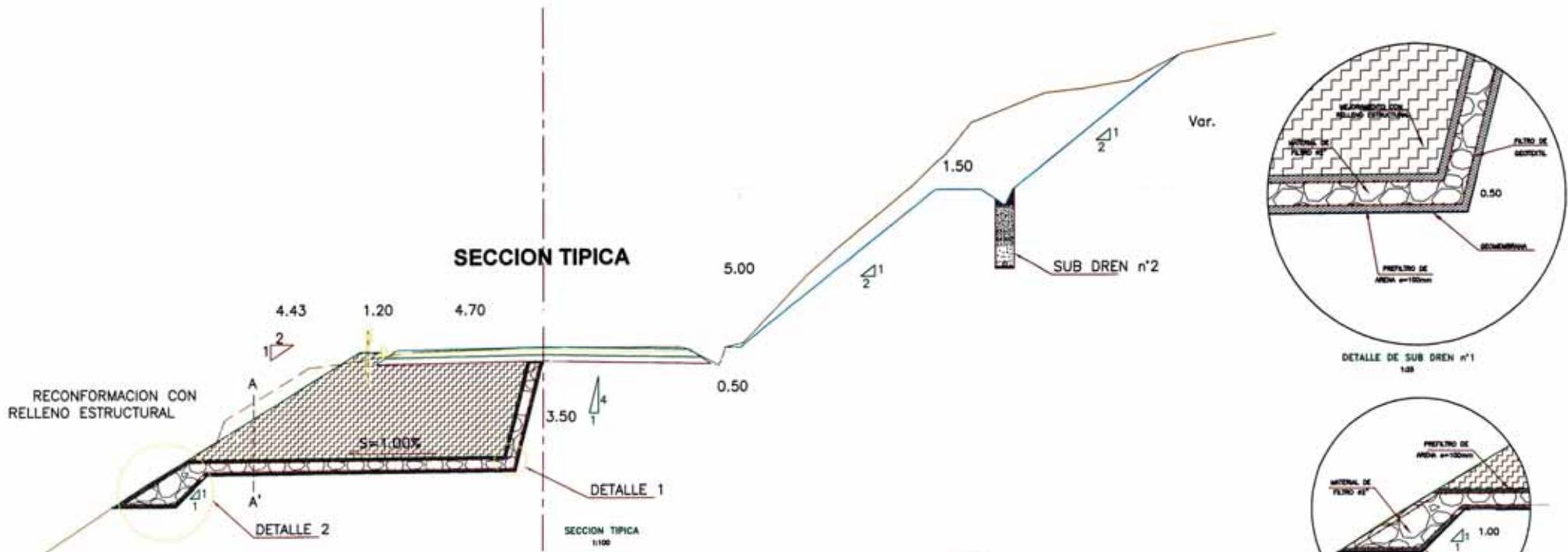
PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE
 CARRIQUERA INTEROCEANICA NORTE

SECCIONES TRANSVERSALES
 DE RECONFORMACION
 Km.234+315 - Km 234+350

ESCALA: 1 / 125
 FECHA:
 CODIGO:
 N°P-2014-0716-01
 REV. **A**



REVISIONES	
Nº	FECHA

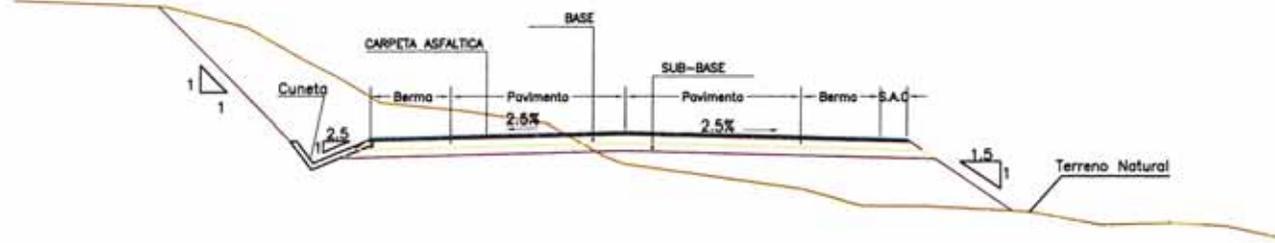


SUB DREN n°2
ESC. 1:50

DETALLE DE CUNETTA TIPO 1
ESC. 1:25

GEOTEXTIL
Según Norma AS/NZS 4200-06 para control permanente de erosión (requerimientos mínimos).
- CLASE 3
- Permeabilidad > 0.5 S-1
- Estabilidad Ultravioleta 500h = 50%
- Tamaño de abertura aparente < 2.5 veces Ø

SECCION TIPICA DEL SECTOR

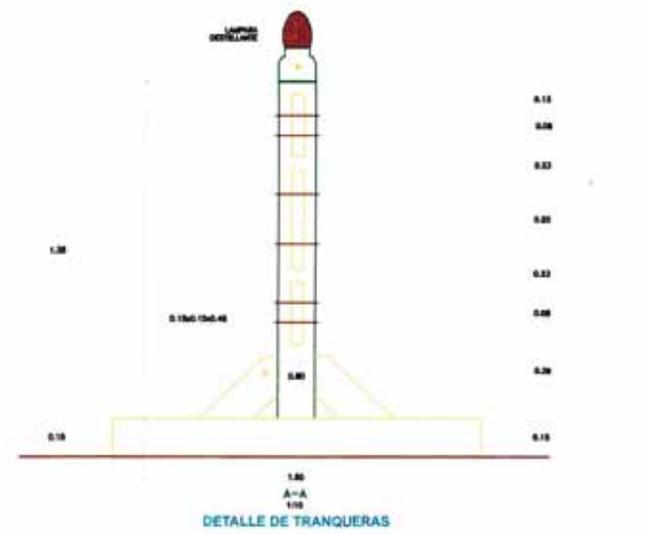
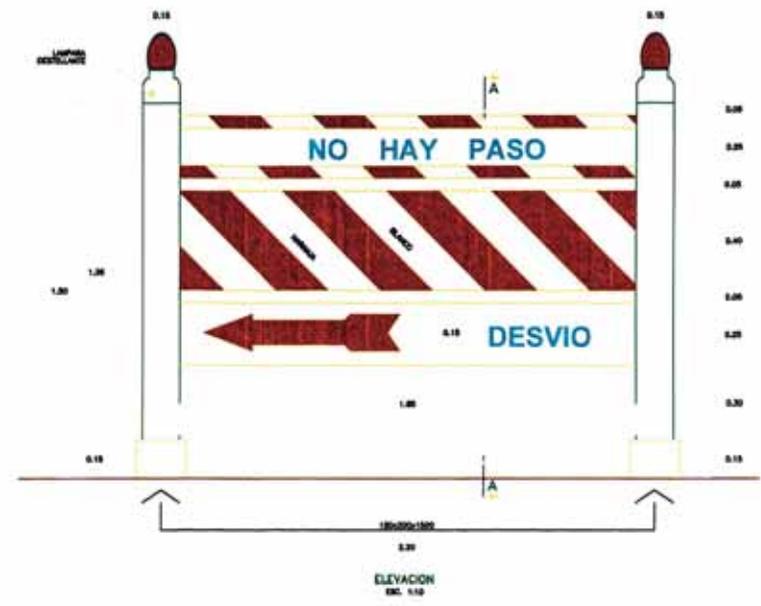
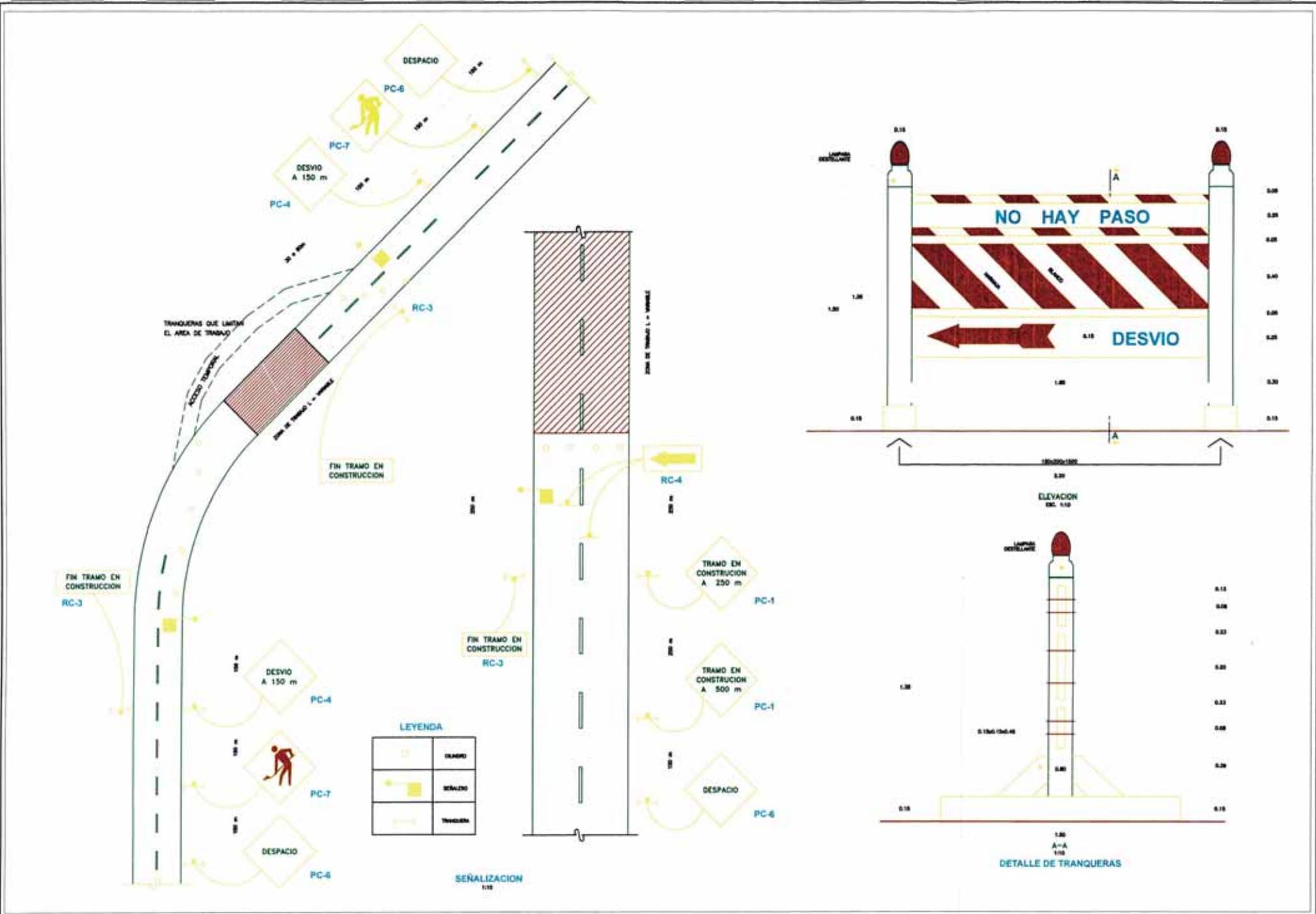


CARACTERISTICAS DE DISEÑO

VELOCIDAD DIRECTRIZ: 40-50 km/h.	ANCHO BERMA : 0.90 m
BOMBEO : -2.50%	S.A.C. : 0.50 m
PERALT. MAX : 8 %	
PEND. (%) MAX : 10%	
ANCHO CALZADA : 3.30 m	

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO





LEYENDA

	TRAMO
	SEÑALIZO
	TRANQUERA

SEÑALIZACION
1/10



PROYECTISTA :
NAYLAMP
INGENIEROS S.A.C.

DISEÑO: JLRJ
DISEÑO: ZWC
VERIFICADO: LYV
PROYECTO: LYV

APROBADO:

REVISIONES		
Nº	FECHA	DESCRIPCION

PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE
CARRETERA INTEROCEANICA NORTE

DETALLE DE SEÑALIZACION
SECTOR CRITICO
Km. 234+345 - Km. 234+380

ESCALA: 1/INDICADA
FECHA:
CODIGO:
117-2014-09-01
REV. **A**



PC-1



PC-2



RC-1B



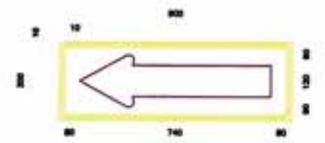
RC-3



PC-6

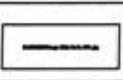


PC-7



RC-4

NOTA:
según el estándar



PROYECTISTA:
NAYLAMP
INGENIEROS S.A.C.

SEÑAL: JLT
SEÑAL: JMC
VERIFICADO: LPV
PROYECTADO: LPV

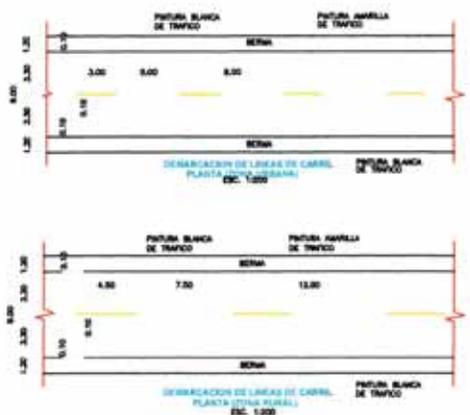
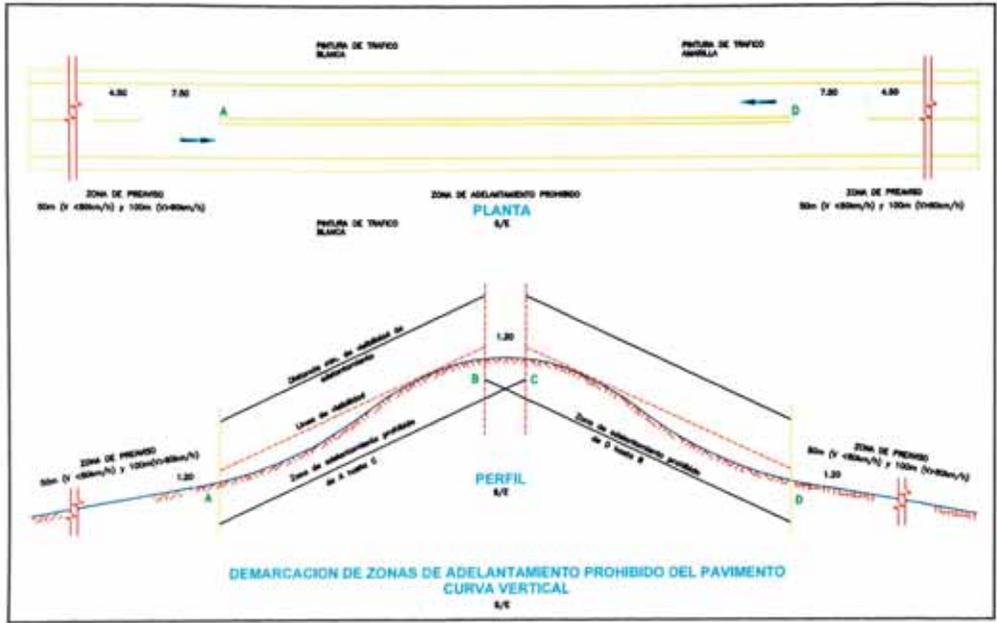
APROBADO:

REVISIONES	
#	FECHA
-	-
-	-
-	-
-	-

PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE
CARRETERA INTEROCEANICA NORTE

DETALLE DE SEÑALIZACION
SECTOR CRITICO
Km. 234+345 - Km. 234+380

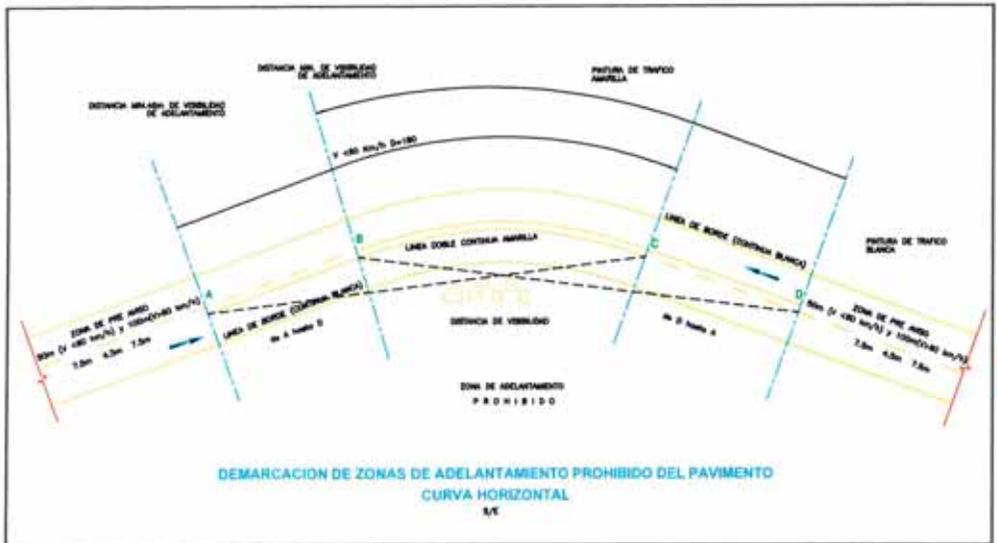
ESCALA: 1 / INDICADA
FECHA: 05/06/2015
NºP: 2014-05-02
REV. A



NOTAS:

- 1- LA LINEA CENTRAL EN TANGENTES COMO EN CURVAS DEBE TENERSE SIEMPRE EN EL L.C.E DE LA CALZADA. LA PINTURA A EMPLEAR DEBE SER DE COLOR AMARILLO QUE CUMPLA CON LOS REQUISITOS DE LA NORMA PARA PINTURAS DEL PAVIMENTO Y SU CONDICION ESTARA DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.
- 2- SE UTILIZARA DOBLE LINEA CONTINUA EN LA LINEA CENTRAL PARA PROHIBIR EL ALCANCE O PASO A OTRO VEHICULO EN CURVAS HORIZONTALES Y/O VERTICALES CUANDO LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD SEA IGUAL O MENOR A LA MOSTRADA EN EL SIGUIENTE CUADRO.

VELOCIDAD DIRECTIZ (km/h)	DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD PARA ADELANTAR (m)
40	150
60	250
80	350
100	500
120	650



PROYECTISTA:
NAYLAMP
INGENIEROS S.A.C.

DIJO: ALRT
DISEÑO: JWC
VERIFICADO: LTV
PROBADO: LTV

APROBÓ:
[Firma]

REVISIONES	
Nº	FECHA

PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE
CARRETERA INTEROCENANICA NORTE

DETALLE DE SEÑALIZACION
SECTOR CRITICO
Km. 234+345 - Km. 234+380

ESCALA: 1 / INDICADA
FECHA: ENERO - 2014
CODIGO:
NTP-2014-0043
REV: A