
 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	



P&D

Planeación & Desarrollo Consultores

CONTRATO DE CONSULTORIA 0130 - 2017
ESTUDIO Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL
TRAZADO ASTILLEROS-TIBÚ TRAMOS PR 31+000 – PR
41+000 Y PR 48+000 – PR 50+000 VÍA ASTILLEROS –
TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO
NORTE DE SANTANDER

CONTENIDO:
ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y
AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO
LOCALIZADO EN EL PR 39+400
VÍA ASTILLEROS – TIBÚ

JUNIO 2017

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

Resumen: Contiene el informe de Geología de la propuesta para el paso elevado del PR 39+400 de la vía Astilleros-Tibú. Los componentes principales son: Geología regional, local, litología, geología estructural, geomorfología y sismicidad. En Geotecnia, la exploración y su interpretación, como parte fundamental del diseño de obras y soluciones que le den estabilidad a la vía..		
Palabras Clave: Geología, litología, geología estructural, geomorfología, exploración, pasos elevados, cimentación, evaluaciones de macizos rocosos, vía Astilleros-Tibú. Plancha 77-Campo Dos, Plancha 78-Puerto Santander.		
Idioma: Español	Número de Copias:	Número de Páginas:
Documentos Complementarios:		Clasificación de Seguridad: Clasificado
Notas del Destinatario:		

VERSION No. 0	NOMBRE		FECHA
AUTOR:	PLANEACION Y DESARROLLO LTDA		22/06/2017
	PROYECTÓ:	CARGO:	
	Sandy Parra Edwards Estepa	Ing. Geólogo Ing. Geólogo	
	REVISÓ:		
	Jorge Barrera Cortés	Director de Consultoría	
INTERVENTOR:	CONSORCIO VIAS ASTILLEROS - TIBÚ		
	RESPONSABLE:	CARGO:	
	Cesar Gómez Gómez Maira Alejandra Picón García	Director de Interventoría Coordinador Técnico de Interventoría	
SUPERVISIÓN:	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA		
	RESPONSABLE:	CARGO:	
	Jorge Arias Sanguino	Profesional Supervisor	







 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

TABLA DE CONTENIDO



1	OBJETIVOS Y ALCANCES	1
1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
1.2	ALCANCE	1
2	GENERALIDADES	2
2.1	LOCALIZACION DEL PROYECTO	2
2.2	VÍAS DE ACCESO	3
2.3	ASPECTOS FÍSICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	3
2.4	HIDROGRAFIA Y FISIOGRAFÍA	3
2.4.1	Clima	4
2.4.2	Vegetación	4
2.5	ASPECTOS ECONÓMICOS	4
2.5.1	Geología Económica Plancha 77 – Campo Dos	5
2.5.2	Geología Económica Plancha 77 – Puerto Santander.	6
3	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	7
4	ESTUDIO DE ANTECEDENTES	8
5	ESTUDIOS DE CAMPO	10
6	GEOLOGÍA DE LOS PONTEADEROS	12
6.1	GEOLOGÍA REGIONAL	12
6.2	HISTORIA GEOLÓGICA O EVOLUCIÓN GEOLÓGICA 77 – CAMPO DOS	12
6.3	HISTORIA GEOLÓGICA O EVOLUCIÓN GEOLÓGICA 78 – PUERTO SANTANDER	17
6.4	ESTRATIGRAFÍA	23
6.4.1	Estratigrafía Plancha 078 – Puerto Santander	23
6.4.1.1	Mesozoico	26
6.4.1.2	UNIDADES DEL CRETÁCICO	26
6.4.1.2.1	Formación Colón-Mito Juan (K _{2cmj})	26
6.4.1.3	Cenozoico	27
6.4.1.4	UNIDADES DEL TERCIARIO	27
6.4.1.4.1	Depósitos de Planicies Aluviales (Q _{2pa})	27
6.4.1.4.2	Depósitos de Vertiente (Q _{2v})	27
6.4.1.4.3	Depósitos Aluviales (Q _{2al})	28



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

6.4.2	Estratigrafía Plancha 077 – Campo Dos	28
6.4.2.1	Mesozoico	31
6.4.2.1.1	Formación Colón-Mito Juan (K ₂ cmj)	31
6.4.2.2	UNIDADES DEL Terciario	32
6.4.2.2.1	Depósitos Aluviales (Q ₂ a)	32
6.4.2.2.2	Depósitos de Planicies Aluviales (Q ₂ pa)	33
6.5	GEOLOGÍA LOCAL	33
6.5.1	Formación Colón - Mito Juan (K ₂ cmj)	33
6.5.1.1	Formación Colón (K ₂ c)	34
6.5.1.2	Formación Mito Juan (K ₂ m)	34
7	PUENTE 9 – CAÑO SALADO – PR 39+400.	37
7.1	Geología Local	37
7.2	Unidades Geológicas Superficiales (UGS)	40
7.2.1	Metodología General Para El Estudio De Las Unidades Geológicas Superficiales	41
7.2.2	Factores Considerados para Caracterizar las Unidades de Roca	42
7.2.2.1	Suelo Transportado Aluvial (Sta)	43
7.3	Geomorfología	43
7.3.1	Marco General	44
7.3.2	Indicadores Geomorfológicos	45
7.3.3	Elementos Geomorfológicos	45
7.3.3.1	Pendientes	45
7.3.3.2	Geoformas de Origen Fluvial	47
7.3.3.2.1	Cauce Activo (Fca)	47
7.3.3.2.2	Plano O Llanura De Inundación (Fpi)	47
7.3.3.2.3	Plano Anegadizo (Fpa)	48
7.4	Hidrogeología	48
7.5	Amenazas	49
7.5.1	Amenaza por Inundación	49
7.5.2	Amenaza Sísmica	49
8	TECTÓNICA	52
8.1	TECTONICA DE LA PLANCHA 077 – CAMPO DOS	52
8.1.1	Fallas	52
8.1.1.1	Falla de Catatumbo	53
8.1.1.2	Falla Leoncito	53
8.1.2	Pliegues	53
8.1.2.1	Sinclinal de Sardinata	55

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

8.2	TECTONICA DE LA PLANCHA 078 – PUERTO SANTANDER	55
8.2.1	Fallas	56
8.2.1.1	Falla Las Delicias	57
8.2.1.2	Falla Leoncito	57
8.2.2	Pliegues	58
8.2.2.1	Anticlinal de Petrólea	58
8.2.2.2	Pliegues Menores	58
9	AMENAZAS	60
9.1.1	AMENAZA SÍSMICA	60
9.1.1.1	Evaluación de la Geología por Susceptibilidad a Movimientos en Masa.	71
9.1.1.2	Evaluación de las pendientes para los eventos por movimientos en masa	71
9.1.2	AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA.	73
9.1.3	AMENAZA POR INUNDACIÓN.	74
9.1.4	EVALUACIÓN DE LA GEOLOGÍA	74
9.1.5	EVALUACIÓN DE LA GEOMORFOLÓGICA	75
9.1.6	MAPA DE PENDIENTES	75
10	HIDROGEOLOGÍA	76
10.1.1	Caracterización Hidrogeológica de las Formaciones	77
11	ESTUDIOS INDIRECTOS	80
11.1	GEOELÉCTICA	80
11.1.1	Metodología De Trabajo	80
11.1.2	Interpretación De Resultados	83
11.1.2.1	Sondeo Eléctrico Vertical SEV – 10	83
11.1.2.1.1	Observaciones Sondeo Eléctrico Vertical SEV – 10	84
11.1.3	Conclusiones Y Recomendaciones	85
11.1.4	Observaciones Geoeléctricas Generales	86
11.2	SÍSMICA DE REFRACCIÓN	87
11.2.1	Metodología Del Trabajo	87
11.2.2	Interpretación De Resultados	90
11.2.2.1	LINEA SISMICA 18	90
11.2.2.1.1	Observaciones Tomografía Sísmica LS 18	90
11.2.2.2	LINEA SISMICA 19	91
11.2.2.2.1	Observaciones Tomografía Sísmica LS 19	91
11.2.3	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
11.2.3.1	CONCLUSIONES TOMOGRAFÍAS SÍSMICAS	92
11.2.4	Conclusiones Generales - Sísmica De Refracción.	93
11.2.5	Recomendaciones Sísmica De Refracción.	94
12	CONCLUSIONES	95

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Localización del Área de Estudio.	2
Figura N° 2. Esquema geológico del Triásico-Jurásico en el Norte de Colombia y el Caribe. Cuencas sinrift numeradas, magmatismo en letras (modificado de Pindell & Erikson, 1994).	14
Figura N° 3. Esquema evolutivo de la Serranía del Perijá y la Cuenca Catatumbo en el Cretáceo superior-Cenozoico (modificado de Cediel et al., 2011).	16
Figura N° 4. Reconstrucción paleográfica de terrenos del Caribe hace 160 Ma (modificado de López, 2005).	18
Figura N° 5. Reconstrucción paleográfica de terrenos del Caribe hace 72 Ma (modificado de López, 2005).	19
Figura N° 6. Reconstrucción paleográfica de terrenos del Caribe hace 40 Ma (modificado de López, 2005).	21
Figura N° 7. Reconstrucción paleográfica de terrenos del Caribe en el Oligoceno Medio (modificado de Escalona & Mann, 2010).	22
Figura N° 8. Plancha Geológica 078 escala 1:100.000, sector para la zona de estudio.	23
Figura N° 9 Columna estratigráfica generalizada de la Plancha 78 – Puerto Santander (modificado de Notestein et al., 1944).	24
Figura N° 10. Ubicación de la Plancha 78 – Puerto Santander en la Cuenca de Catatumbo.	25
Figura N° 11. Columna estratigráfica generalizada de la Plancha 77 - Campo Dos.	29
Figura N° 12. Localización de La Plancha 77 – Campo Dos y la Cuenca de Catatumbo, dentro de la Cuenca Maracaibo (modificado de Barrero <i>et al.</i> , 2007).	30
Figura N° 13. Plancha Geológica 077 escala 1:100.000, sector para la zona de estudio.	31
Figura N° 14. Formación Colón – K ₂ c.	35
Figura N° 15. Formación Mito Juan – K ₂ m.	36
Figura N° 16. Puente 9-Caño Salado.	38
Figura N° 17. Geología Puente 9-Caño Salado.	39
Figura N° 18. Sección Frontal Puente 9 – Caño salado.	39
Figura N° 19. Muestras del Puente 9-Estribo 2 – Caño Salado.	40
Figura N° 20. Suelo transportado Aluvial – Sta.	43
Figura N° 21. Aerofotografía Puente 9 – Caño Salado	48
Figura N° 22. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos para el Puente 9.	51
Figura N° 23. Marco estructural de la Plancha 077 – Campo Dos y localización de líneas sísmicas y de corte.	54
Figura N° 24. Marco estructural de la Plancha 078 – Puerto Santander.	56
Figura N° 25. Mapa a Nivel Nacional de la Amenaza Sísmica.	61
Figura N° 26. Mapa de Amenaza Sísmica Colombia.	62
Figura N° 27. Mapa de Amenaza Sísmica de Norte de Santander.	62
Figura N° 28. Mapa de Valores PGA, con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (Aproximadamente 1000 años de periodo promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g)	65
Figura N° 29. Mapa de Valores Aa.	66
Figura N° 30. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos, Con Norma CCP-14 y NSR 10, Puente 5.	68







 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Figura N° 31. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos, Con Norma CCP-14 y NSR 10, Puente 12.	70
Figura N° 32. Amenaza media por fenómenos de remoción en masa.....	73
Figura N° 33. Imagen satelital con la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales SEV-1, SEV-2, SEV-3, SEV-4, SEV-5, SEV-6, SEV-7, SEV-8, SEV-9, SEV-10, SEV-11, SEV-12, SEV-13, y SEV-14 en el corredor Vial Astilleros-Tibú en el departamento Norte de Santander.....	82
Figura No. 34. Foto del lugar en donde se ejecutó el SEV-10	84
Figura No. 35.. Imagen satelital con ubicación de las líneas de Refracción Sísmica LS18 y LS19, en el corredor vial Astilleros - Tibú, en el departamento Norte de Santander.	89
Figura No. 36. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D.	90
Figura No. 37. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D.	91

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de acuífero en la Plancha 77-Campo Dos.	5
Tabla 2. Sistema de acuífero en la Plancha 78- Puerto Santander.....	6
Tabla 3. Localización en puntos de referencia.	37
Tabla 4. Localización Puente Caño Salado.	37
Tabla 5. Rango de Pendientes.....	47
Tabla 6. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos.....	50
Tabla 7. Parámetros de índice de Susceptibilidad.	63
Tabla 8. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos Puente 5.....	67
Tabla 9. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos Puente 12.....	69
Tabla 10. Diferencias de aceleraciones promedio históricos entre Puente 5 y Puente 12.....	69
Tabla 11. Ítems para generar susceptibilidad.....	71
Tabla 12. Categorización de pendientes para movimientos en masa.	71
Tabla 13. Categorización de pendientes para movimientos en masa.	75
Tabla 14. Formaciones Hidrogeológicas	77
Tabla 15. Sondeo Eléctricos Verticales.....	77
Tabla 16. Sondeo Eléctricos Verticales SEV 10	78
Tabla 17. Relación de nivel freático y unidad geoeléctrica.	79
Tabla 18. Tipos de Acuíferos.....	79
Tabla 19. Sondeo Eléctrico Vertical SEV - 10	83
Tabla 20. Resumen técnico	86
Tabla 21. Relación geológico-geofísica a partir de la sísmica para los Puentes 8 al 13.....	93

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO** PLANO GEOLOGICO - PUENTE 9.
- ANEXO** PLANO UNIDADES GEOLOICAS SUPERFICIALES-UGS - PUENTE 9.
- ANEXO** PLANO DE PENDIENTES - PUENTE 9.
- ANEXO** PLANO GEOMORFOLOGICO - PUENTE 9.
- ANEXO** PLANO DE AMENAZAS - PUENTE 9.
- ANEXO** ESTUDIO GEOELÉCTRICO REALIZADO PARA EL CORREDOR VIAL ASTILLEROS-TIBÚ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER
- ANEXO** ESTUDIO GEOELÉCTRICO REALIZADO PARA EL CORREDOR VIAL ASTILLEROS-TIBÚ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICE 1. INFORME DE FUENTES DE MATERIALES VIA ASTILLEROS – TIBÚ, PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000-PR 50+000.

APÉNDICE 2. CARACTERIZACIÓN MACIZO ROCOSO PARA CIMENTACIONES PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VIA ASTILLEROS – TIBÚ.

APÉNDICE 3. ESTUDIO DE ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN SOBREPANTES (ZODMES) ASTILLEROS- TIBÚ, PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000-PR 50+000

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

1 OBJETIVOS Y ALCANCES

El informe compone los capítulos que dan a conocer los estudios geológicos a detalle para los pasos elevados, y los pasos secuenciales teniendo en cuenta en la elaboración del modelo geológico del proyecto.

Desde un punto de vista general, con el desarrollo del documento, será informando de la descripción del proyecto, las características geológicas para los pasos elevados se determinó todas sus características a partir de exploraciones geofísicas, salidas técnicas, y aerofotografías se adicionan exploraciones directas. El objetivo principal es dar a conocer de manera clara y explícita, los análisis, resultados del estudio geológico, geomorfológico, amenaza, sismicidad, entre otros.



1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la información existente, para su posterior filtrado por grado de importancia.
- Realizar las visitas técnicas a la zona de estudio, para levantar la información geológica, geomorfológica, amenazas, litológico, etc.
- Cartografiar los planos geológicos, geomorfológicos, amenazas, perfiles geológicos, localización de los puntos críticos.
- Redactar el informe técnico comprendiendo cada uno de los capítulos relevantes y conclusiones, recomendaciones que se vean en cada caso.

1.2 ALCANCE

El presente se compone de los capítulos informativos, detallados de geología regional, local, geomorfología, sísmica, amenazas, entre otros componentes, el informe tiene una estructura que cumple con lineamientos de los requisitos técnicos para informes geológicos para ingeniería.

Se recomendará estudios especializados, en los sectores donde se requiera análisis detallados o complementarios.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

2 GENERALIDADES



2.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO

Los pasos elevados o Puentes estudiar comunica los municipios de Astilleros-Tibú, departamento del Norte de Santander, ubicado en la cordillera oriental, con una cercanía relativa, limita por el oriente con los limites internacionales con Venezuela. Los puentes se encuentran dentro de las planchas geológicas 77-Campo Dos y 78 Puerto Santander, los pasos elevados se encuentran dentro del alineamiento vial comprendidos entre PR 31+000- PR 41+000 y PR 48+000-PR 50+000 presentando elevaciones máximas a 85 m.s.n.m y mínimas próximas a 56 m.s.n.m.

Figura N° 1. Localización del Área de Estudio.



Fuente. Tomado de Google imágenes y Mapa de Carreteras INVIAS, 2017.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

2.2 VÍAS DE ACCESO

La carretera comunica con la zona de estudio, proviene de la vía de Cúcuta, El Carmen de Tonchalá, por la Ruta 55 NS, San Cayetano, El Zulia, Por la ruta 70, Astilleros, Agualasal, Ambazo, Arribato, Florida, Petrolea, La Rochela, Campo dos por el Sur o Cúcuta, Zulia, por la ruta 70, Astilleros, Agualasal, Ambarazo, Florida, Petrolea., y por el Norte la carretera Campo dos, El Tarra, Pacheli, las Mercedes, Sardinata, Astilleros, El Zulia, Cúcuta; o Campo dos, El Tarra, Pacheli, las Mercedes Sardinata, Astilleros, El Zulia, San Cayetano, por la ruta 55NS, Tabiro, Carmen de Tonchalá y Cúcuta. Por otro lado, el acceso vial se comunica con el Departamento de Santander y Cesar.



2.3 ASPECTOS FÍSICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La topografía es plana, con pendientes suaves, ligeramente inclinadas, moderadamente inclinadas a Fuertemente inclinadas, con alturas que oscilan entre 85 y 56 m.s.n.m, la temperatura normalmente fluctúa de 23 a 35°C, temperatura promedio de 32°C, y la pluviosidad media anual de 2400 mm.

2.4 HIDROGRAFIA Y FISIOGRAFÍA

En general, el drenaje es de tipo paralela a subparalela (probablemente drenaje de tipo Anastomosado por ser típico de llanuras de inundación amplias, alta sedimentación, pero moderado a bajo caudal, sin embargo, son normales los eventos de crecientes.). Drenajes como Caño El Catorce (PUENTE 9), Caño Las Pavas (Puente 2), Cauce 1 (Puente 3), Caño Chinato (Puente 4), Cauce 2 (Puente 5), Cauce 3 (Puente 6), Caño Santa Rosa (Puente 7), Cauce 4 (Puente 8), Caño salado (Puente 9), Cauce 5 (Puente 10), Caño de oro (Puente 11), Caño Picho (Puente 12), Caño Garza (Puente 13), todas afluentes en sentido Sur-Este al Norte, y los drenajes o afluentes corresponden del Caño Chinato.

Fisiográficamente al Oeste de la Plancha 77 de Campo Dos, se encuentra el cinturón montañoso por las unidades metamórficas e ígneas intrusivas del Macizo de Santander, hacia el Este se encuentra una depresión de poca amplitud pero mayor longitud de rumbo NS generada, posiblemente, por la Falla Catatumbo en el Valle de Las Mercedes, al Este de valle se extiende una serie de cerros compuestos por estratos subhorizontales que se suavizan hacia el

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

extremo este de la plancha hasta ser cubiertos por una extensa llanura aluvial, donde en está ubicado los últimos pasos elevados (Puente 11, 12 y 13) ¹

2.4.1 Clima

Los elementos atmosféricos como la temperatura, la humedad, presión atmosférica y los vientos son importante influencia de la altitud y las características del terreno, determinan las condiciones climáticas del área. Se destacan en este aparte el régimen pluviométrico y la temperatura del área.

2.4.2 Vegetación



En el Plan Básico de Ordenamiento Territorial, caracterización Ambiental, existe el mapa de uso actual del suelo, determina Bosque Natural Intervenido (BNI), Bosque Natural No Intervenido (BN), Rastro Muy Bajo (RMB), Pasto Natural/Rastrojo Alto (PN-RA), Pastos Mejorados/Pastos Naturales (PM-PN), Bosque Secundarios (BS), Rastrojo en Descanso (RD), Diferentes Tipos de Misceláneas (M#); y clasificación dentro del uso potencial del suelo para temperaturas medias superiores a 24°C clasificado como Bosque Muy Húmedo Tropical. El Mapa de Cobertura Vegetal clasifica en las categorías de Áreas Agrícolas (Aa), Arbolado Alto Denso (Aad), Bodque Alto Abierto (Baa), Bosque Alto Denso (Bad), Cultivos Limpios (Cl), Arbustivo Bajo Abierto (Oba), Pastos Limpios (Pl), Pastos Enmalazados (Pen)².

2.5 ASPECTOS ECONÓMICOS

Los aspectos económicos se clasifican en dos partes, la primera comprendiendo a la geología de la plancha 77 – Campo 2, la segunda para la geología de la Plancha 78 – Puerto Santander.

¹ Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015, Pág. 26.

² Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Tibú – PBOT, Capítulo 2 Caracterización Biofísica, ≈2000, Pág. 51-54,62,68-70.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

2.5.1 Geología Económica Plancha 77 – Campo Dos

El mayor potencial económico en la Plancha 77 – Campo Dos, esta representadas por los yacimientos de petróleo, con antecedentes de explotación al largo de varias décadas y por los mantos de carbón en unidades cenozoicas del área. Un segundo renglón está definido por los posibles yacimientos de minerales industriales como calizas, roca fosfórica y materiales de construcción.



Los recursos económicos más importantes en la zona son el petróleo y el carbón, ambos explotados desde hace décadas principalmente por empresas nacionales. Además, hay potencial y existen explotaciones materiales de construcción en las zonas de depósitos aluviales.

Dentro de los recursos económicos del área se considera las aguas subterráneas, aunque no se dispuso de datos hidrogeológicos, no se identificó ninguna manifestación de agua subterráneas (aljibe, pozo o manantial); sin embargo, considerado las características texturales y extensión areal, se hace una evaluación conceptual sobre la potencial del recurso³.

Tabla 1. Sistema de acuífero en la Plancha 77-Campo Dos.

Formación Geológica	Característica Geológica	Capacidad Especifica Promedio (I/sm)
Formaciones Catatumbo (K2ct), Barco (E1b), Mito Juan (K2cmj), Los Cuervos (E1-E2lc), Carbonera (E2E3c) y León (E3-N1l).	Sedimentos y rocas limitadas a nulas en aguas subterráneas Complejo de sedimentos y rocas sedimentarias con muy baja productividad. Complejo de rocas ígneo-metamórficas, con muy baja a ninguna productividad.	Muy baja < 0,05 Muy baja a ninguna < 0,05

³ Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015, Pág. 201,218-219.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

2.5.2 Geología Económica Plancha 77 – Puerto Santander.



El departamento de Norte de Santander se caracteriza por ser una de las zonas del país con alto potencial de recursos minerales entre los que se cuenta el carbón asociado a las formaciones Carbonera, Cuervos y Barco, diferentes campos de hidrocarburos entre ellos Petrólea, Carbonera y Zulia que tienen un largo historial de explotación en la cuenca del Catatumbo. Así mismo, cuenta con importantes zonas de explotación de materiales de construcción y fabricación de cerámicas relacionadas a las formaciones Guayabo y León, y terrazas aluviales.

Dentro de los recursos económicos del área se considera las aguas subterráneas, aunque no se dispuso de datos hidrogeológicos, no se identificó ninguna manifestación de agua subterráneas (aljibe, pozo o manantial); sin embargo, considerado las características texturales y extensión areal, se hace una evaluación conceptual sobre la potencial del recurso⁴.

Tabla 2. Sistema de acuífero en la Plancha 78- Puerto Santander.

Formación Geológica	Característica Geológica	Capacidad Especifica Promedio (I/sm)
Formaciones Catatumbo (K2ct), Barco (E1b), Mito Juan (K2cmj), Los Cuervos (E1-E2lc), Carbonera (E2E3c) y León (E3-N1l).	Sedimentos y rocas con limitados a nulas en aguas Subterráneas Complejo de sedimentos y rocas sedimentarias con muy baja productividad.	Muy baja < 0,05



⁴ Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 78- Puerto Santander, Memoria Explicativa, 2015, Pág. 112, 125.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

3 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El proceso a seguir para el cumplimiento del desarrollo del proyecto, se llevó de la siguiente metodología:



- Recopilación de la información existente en el sector, desarrollado por varios autores relacionando geología, geomorfología, hidrogeología, sísmica, entre otros.
- Obtención de imágenes aéreas, aerofotografías, imágenes satelitales de institutos como Instituto Geográfico Agustín Codazzi, plataformas como earthexplore, google earth, entre otros, para su posterior fotointerpretación.
- Salidas técnicas a la zona de estudio, con el fin de identificar las rocas aflorantes (litología), la estructura de las mismas (Rumbo y Buzamiento de los estratos), contactos, geología estructural, tectónica, geomorfología, hidrogeología, botaderos, etc.
- Procesamiento e interpretación de los datos obtenidos en campo, generando los planos geológicos, geomorfológicos, amenazas, hidrogeológicos, inventario de sitios críticos, Unidades Geológicas Superficiales (UGS) entre otros.
- Redactar un informe técnico con los requisitos técnicos pertinentes de la geología para ingeniería, basados en los planos temáticos, estudios de ensayos directos e indirectos como perforaciones y métodos geofísicas.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

4 ESTUDIO DE ANTECEDENTES

En el área de estudio se han realizado estudios con diferentes enfoques como ambientales, económicos, sociales entre otros. Entre los documentos se encuentra:



- Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Tibú – PBOT, Capitulo 2 Caracterización Biofísica, ≈2000, Pág. 22-99.
- Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015.
- Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 78- Puerto Santander, Memoria Explicativa, 2015.
- Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Núcleos, Cuenca Catatumbo, Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2012.
- Geología, Geofísica y Geoquímica de la Cuenca de Catatumbo, Luis Fernando Zappa Fgueroa, Escuela de Geología, Facultad de Físico-Químicas, Universidad Industrial de Santander, 2009.
- Cuencas Catatumbo, Cesar – Ranchería, Cordillera Oriental, Llanos Orientales, Valle Medio y Superior del Magdalena, Subdirección Técnica ANH, 2009.
- Informe Ejecutivo Evaluación Del Potencial Hidrocarburos de las Cuencas Colombianas, Grupo De Investigación En Geología De Hidrocarburos Y Carbones, Universidad Industrial De Santander, 2009
- Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia, Subdirección de Recursos Naturales, Grupo Técnico POMCH 2009-2010

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

En los documentos anteriores se observa las distintas formaciones geológicas, geológica estructural, descripciones litológicas, historia y/o evolución geológica, hidrogeología, hidrogeológicas, sísmica, amenazas, entre otras.

En la siguiente relación se observa los planos de estudios anteriores:

- Plancha Geológica del Cuadrángulo F13, escala 1:200.000.
- El mapa geológico generalizado del departamento de Norte de Santander 1997, escala 1:250.000
- Los mapas de Terrenos Geológicos de Colombia 1983.
- Mapa geológico general de Colombia escala 1: 1'500.000 publicado por Ingeominas en 1988
- Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015.
- Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 78- Puerto Santander, Memoria Explicativa, 2015

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

5 ESTUDIOS DE CAMPO

El estudio de campo principalmente cuenta con el reconocimiento geológico-geotécnico, ensayos directos e indirectos, y ensayos de laboratorio. En el reconocimiento geológico se detalla las formaciones geológicas, litologías, estructuras geológicas, movimientos de masa o Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) cercanos, inundación del paso elevado, levantamiento de secciones estratigráficas, muestreo pétreo, elaboración y análisis petrográfico para un posterior procesamiento e integración de los resultados en base de datos, planos, etc.



Dentro del reconocimiento geológico está constituido con los siguientes elementos de la geología para salidas técnicas de campo: Brújula especializada, estereoscopios de bolsillo (opcional), GPS (Global Positioning System) que ofrezca un error máximo de +/- 3 m, Martillo geológico, Cámara fotográfica digital, Lupa de aumento de 10X o 20X (caracterización mineralógica), Imán (opcional), Cartera de campo, Ácido clorhídrico al 10% (Para rocas carbonatadas), Cinta métrica, Bastones de Jacob (opcional), elementos de protección personal.

La visita a las zonas se realizó todas las inspecciones topográficas, geológicas, y evaluando las amenazas de los puentes, cartografiadas y representadas en las fichas de identificación y caracterización de amenazas, fenómenos de remoción en masa y/o procesos erosivos.

En el campo geológico se observó las unidades geológicas, estructuras geológicas, geomorfológico, Unidades Geológicas Superficiales, interpretadas previamente por análisis fotogeológico o de imagen satelital. Y las amenazas que afectan a los pasos elevados.

Se verifica la condición climática, de pluviosidad, topográficas y geológicas, las características de los equipos requeridos para la ejecución de los ensayos directos e indirectos.

A partir de los estudios de campo y después de su posterior análisis, procesamiento e interpretación se obtienen

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Planos geológicos, Unidades Geológicas Superficiales (UGS), pendientes, geomorfológicos, localización de las amenazas presentes, a su respectiva escala e informe técnicos.



En los ensayos directos e indirectos como las perforaciones mecánicas y estudios geofísicos, se realizan para evaluar el tipo de material a profundidad si es competente e incompetente, en las muestras obtenidas por las perforaciones, se analizarán en el laboratorio y aplicar diferentes ensayos geotécnicos. Y métodos geofísicos aplicado para observar las profundidades de roca fractura y roca sana, o niveles freáticos dependiendo del método usado.

Como análisis complementarios estudios de evaluación de macizos rocosos, análisis petrográficos (macroscopía y microscopia); se analizará petrográficamente las diferentes muestras colectadas la inferencia mineralógica a la resistencia del macizo.

En los análisis de las secuencias estratigráficas o levantamientos de columnas estratigráficas se tienen en cuenta: el reconocimiento geológico describe la formación in situ, suprayacente e infrayacente de forma regional (Definida por el autor y modificaciones) y local (Observable in situ).

Se determina el contenido de material geológico en donde se obtiene información de tipo sedimentológico, análisis de facies y estratigráficos en donde se observa para cada una de ellas donde 1, corresponde a sedimentología. 2. Análisis de facies y 3. Estratigrafía:

- Litología: Composición y textura, Espesor y volumen, Estructuras primarias, Definición de litofacies.
- Tipos y clasificación de facies, distribución y relación de contacto, paleocorrientes, contenido fósil y ambiente de depósito.
- Determinación de los sistemas sedimentarios, geometría y orientación de los cuerpos, discordancia-caracterización y significado, secuencias y ciclos, tasa de sedimentación.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

6 GEOLOGÍA DE LOS PONTEADEROS

6.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La condición geoestructural se presenta con diferentes grados de complejidad, estructural, geomorfológica, así como estratigráfica debido a su evolución geológica, se observa en todos los procesos tectónicos que se presentan en la cordillera oriental, Como se menciona a continuación del documento denominado "Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015" del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC) y "Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 78- Puerto Santander, Memoria Explicativa, 2015" del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC), información aplicada a la cordillera oriental hacia el norte de Santander:



6.2 HISTORIA GEOLÓGICA O EVOLUCIÓN GEOLÓGICA 77 – CAMPO DOS⁵

El modelo evolutivo del área se presenta teniendo en cuenta los trabajos regionales de autores cuyas teorías y planteamientos se consideran concordantes con los resultados y el contenido del presente informe.

Las secuencias cretácicas y cenozoicas reposan sobre un basamento metamórfico conformado por la Formación Silgará, una secuencia de rocas de metamorfismo de bajo a medio grado con protolito sedimentario precámbrico y metamorfismo cambro-ordovícico en un ambiente marino poco profundo.

De acuerdo al modelo de terrenos de Toussaint (1993), el Terreno Chibcha del cual hace parte la Formación Silgará, aún no se acrecionaba al Bloque Autóctono hasta finales del Paleozoico por el sistema de fallas de Guaicáramo. Así, los

⁵ Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015, Pág. 221-224

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

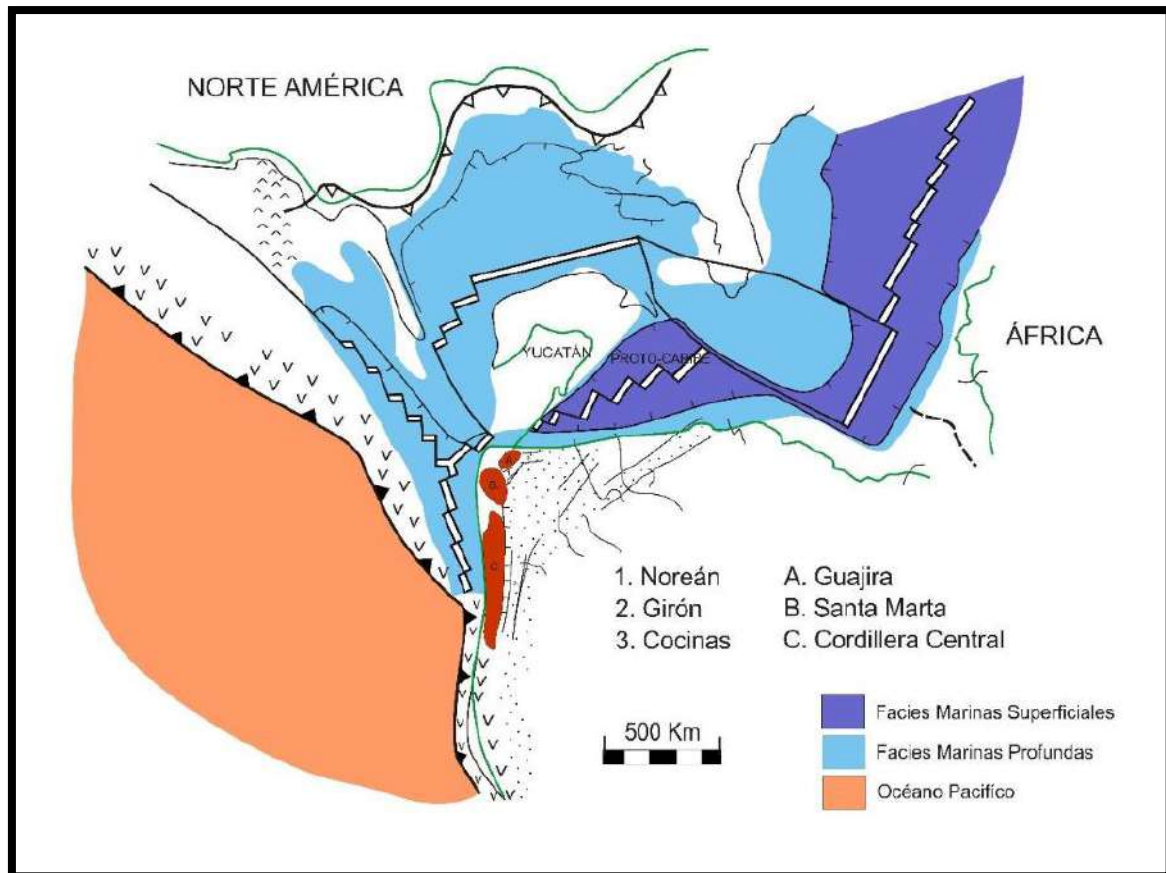
sedimentos de la Formación Silgará sufren un metamorfismo de bajo a medio grado durante la Tectogénesis Caledoniana (Ordovícico Tardío – Devónico Temprano) (Toussaint, 1993).

A principios del Mesozoico, el denominado Oriente Colombiano (Toussaint, 1993) (terrenos Chibcha y Andaquí y Bloque Autóctono acrecionados) ya estaba conformado y es a partir del Triásico que fue sometido a un régimen tectónico de distensión relacionado con la disgregación del supercontinente de Pangea, la apertura del Paleo-Caribe y el inicio de la separación entre Norteamérica y Suramérica (Siguiente Figura). Dicho ambiente facilitó el ascenso de magmas que generaron el Batolito de Agua Blanca (granito Tipo I de las series calco-alcalinas altas en K a calco-alcalinas altas en K-shoshoníticas de afinidad peralumínica a metalumínica en las rocas menos diferenciadas, formado en un ambiente de arco magmático de margen continental) de edad Triásico Superior-Jurásico inferior ($201 \pm 3,6$ U/Pb) Dicho ambiente distensional facilitó la ocurrencia también de un volcanismo de composición variada (riolitas, dacitas, andesitas, basaltos y abundantes piroclastitas), con carácter subalcalino con tendencia calco alcalina a calcoalcalino alto en K, con edad de 177 a 181 Ma, U/Pb). Igualmente facilitó la génesis de fallas normales y un adelgazamiento general de toda la corteza en varias regiones (Toussaint, 1993).

La Formación La Quinta fue depositada, según Clavijo (1994), en un ambiente continentalepicontinental, fuertemente influenciada por dicho volcanismo explosivo de intensidad fluctuante. Los depósitos volcánicos y volcanoclásticos y los sedimentos derivados de su remoción, iniciaron el relleno de una paleocuenca (Estrada, 1972; Mojica & Franco, 1992, en Clavijo, 1995). El volcanismo es aéreo en algunos sectores y subaéreo en otros (depósitos de "surge", presencia de algas en chert).



La plancha 77- Campo Dos muestras algunas diferencias en la geología, teniendo como referencia la Falla Catatumbo. Hacia el oeste de la falla aparece el basamento ígneo-metamórfico cubierto por la Formación La Quinta. Hacia el Este de la Falla Catatumbo, aparecen rocas cretáceas y terciarias. Estas diferencias indican que la Falla Catatumbo en el Juratriásico pudo ser un límite Este del Graben o zona distensional, de tal forma que la Formación La Quinta se depositó al Oeste de este límite, comportándose la Falla Catatumbo como una falla de carácter normal.

Figura N° 2. Esquema geológico del Triásico-Jurásico en el Norte de Colombia y el Caribe. Cuencas sinrift numeradas, magmatismo en letras (modificado de Pindell & Erikson, 1994).



Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 77 – Campo Dos. Memoria Explicativa, Pág. 222.

La actividad volcánica cesa en el Jurásico Medio y queda configurado el basamento sobre el cual se depositan a partir del Cretácico las secuencias sedimentarias presentes de la Cuenca de Catatumbo. Desde el Jurásico Medio hasta el Aptiano no se observa sedimentación alguna en esta área (ausencia de la Formación Rio Negro), ya que ésta, aún hace parte de un bloque levantado del Macizo de Santander. A partir del Aptiano la transgresión marina llega a la cuenca, dando inicio a la deposición de la Formación Tibú - Mercedes. A partir

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

de entonces quedan unidas las cuencas Maracaibo y río Magdalena (Toussaint, 1996).

De acuerdo a Fabre (1984; en Toussaint, 1996), a partir del Albiano inicia un periodo de enfriamiento lento de la litósfera sin movimiento de las fallas normales existentes, lo cual permitió una subsidencia térmica regional que afectó el conjunto del Oriente Colombiano. Durante este periodo se deposita la Formación Aguardiente en un ambiente de plataforma marina interna a media (Toussaint, 1996).

Del Coniaciano al Santoniano continúa la transgresión y se deposita la Formación La Luna a una profundidad que ha sido debatida. Boesi et al. (1988, en PDVSA - INTEVEP, 2008) indican profundidades que van de 100 m en el Turoniano hasta aproximadamente 800 m en el Campaniano y mencionan condiciones euxínicas del Turoniano hasta el Santoniano.

Algunos niveles de fosfatos aparecieron desde el Turoniano, siendo bastante importantes en ambos lados del Macizo de Santander durante el Coniaciano. En la Cuenca del Catatumbo las fosforitas de Sardinata se encuentran en niveles de areniscas y cherts del techo de la Formación La Luna. Estos depósitos indican condiciones de clima tropical cálido con un aporte de sedimentos muy débil (Catchart y Zambrano, 1967; en Toussaint, 1993).

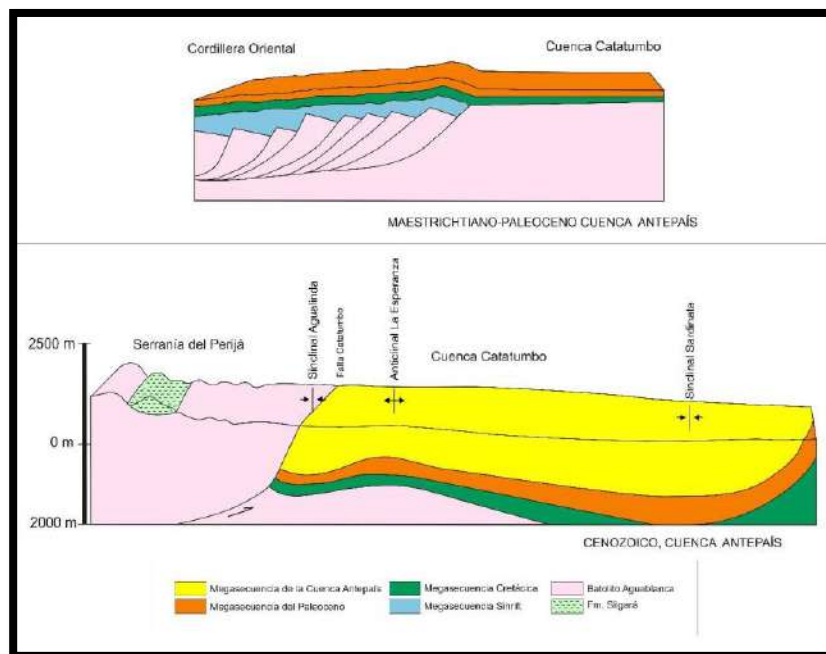
Para el Cenozoico, la geología del área, vuelve nuevamente a mostrar diferencias, todas relacionadas a la Falla Catatumbo. Al este de la misma, se observa la gruesa secuencia de rocas cenozoicas, las cuales incluyen, en su composición, gran cantidad de fragmentos líticos de rocas metamórficos esquistosas e ígneos y de las rocas sedimentarias como chert, indicando proveniencia de la zona Oeste o Macizo de Santander - Serranía de Perijá. Es decir, la Falla Catatumbo, cambia nuevamente su movimiento, convirtiéndose en una falla inversa que levanta el Macizo de Santander. - Serranía de Perijá y define el límite más oeste de la Cuenca de Catatumbo (Cuenca de Maracaibo).

En el nuevo ambiente deltaico comienza a sedimentarse la Formación Barco que reposa sobre la Formación Catatumbo. La Formación Los Cuervos recubre la anterior, iniciándose por varias capas de carbón intercaladas con arcillolitas sideríticas y algunas capas de calizas que indican una pequeña transgresión local del mar durante el Paleoceno (Toussaint, 1999).



La deposición continua y se consolidan las formaciones Mirador en un ambiente de formación de pantano somero, Formación Carbonera en ambiente costanero bajo con moderada influencia marina a pantano somero, León en un ambiente continental fluvial y continental para la Formación Guayabo.

La Orogenia Andina cenozoica reactiva las fallas normales generadas durante la distensión del Triásico, pero esta vez en un régimen compresivo, causando una inversión tectónica que afecta las secuencias sedimentarias cretácicas y cenozoicas. A partir de esta compresión se generan los pliegues al oriente de la Falla Catatumbo (e.g. Sinclinal de Aguilinda y Anticlinal la Esperanza) (Siguiete Figura) En los últimos dos millones de años y como resultado de las crecientes máximas de los afluentes importantes del área como el río Tibú, en épocas de fuerte precipitación y gran aporte de material proveniente de las partes altas de las cuencas, se depositó el material aluvial sobre sectores específicos, así como en zonas relativamente planas.

Figura N° 3. Esquema evolutivo de la Serranía del Perijá y la Cuenca Catatumbo en el Cretáceo superior-Cenozoico (modificado de Cediell et al., 2011).



Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 77 – Campo Dos. Memoria Explicativa, Pág. 224.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

6.3 HISTORIA GEOLÓGICA O EVOLUCIÓN GEOLÓGICA 78 – PUERTO SANTANDER⁶

La historia geológica del área de la Plancha 78, hace parte de la evolución de la cuenca sedimentaria del Catatumbo y el levantamiento de la actual Cordillera Oriental; el registro sedimentario de esta cuenca comienza cuando aún la actual Cordillera Oriental estaba en una etapa sinrift (Acosta, 2002; Branquet, et al., 2002) con fallas normales que controlaban la sedimentación y que posteriormente fueron reactivadas por inversión tectónica, durante la fase de la Orogenia Andina (Branquet et al., 2002)

El área que comprende la Plancha 78, hace parte del bloque denominado Maracaibo en el trabajo de Cediél et al. (2003). El basamento de la zona, está caracterizado por rocas metamórficas Cambro-Silúricas de protolito sedimentario Precámbrico asociadas con la Formación Silgará y afectadas por la Orogenia Caledoniense, generada por la colisión de Laurentia y Amazonia, la cual cierra el paso del océano Iapetus hacia mediados del Silúrico; en Colombia esta orogenia se conoce con el nombre de Caparonensis (Cediél et al., 2003). Este basamento ha sido observado en las perforaciones para petróleo.

Desde mediados del Triásico hasta finales del Jurásico, el supercontinente Pangea inicia su separación, formándose una zona de expansión oceánica entre Norteamérica y Gondwana, configurando márgenes pasivos en ambos continentes, ocasionando fallas transformantes en la zona de expansión intracontinental que generó la formación de grabens a lo largo del territorio colombiano (Siguiente Figura) (López, 2005).

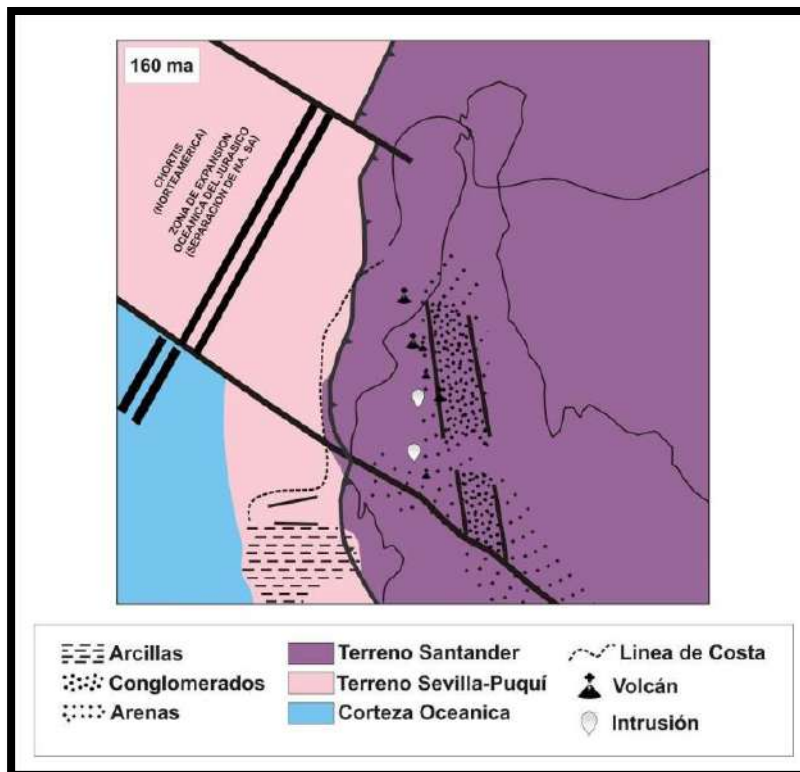
Tales grabenes, fueron, en ese mismo lapso de tiempo, llenados con secuencias volcanosedimentarias como la Formación La Quinta en el Catatumbo, la cual no aflora en la plancha, aunque en los pozos petrolíferos se ha registrado la presencia de tobas. Por otra parte, en los pozos no se ha registrado la presencia de la Formación Rionegro. Lo anterior indica que la zona de la plancha no formó parte del Graben de La Quinta o si lo fue, esta unidad fue erodada casi totalmente. Además, la ausencia de la Formación Rionegro indica que durante

⁶ Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 78 – Puerto Santander. Memoria Explicativa, Pág. 127-132.

el Berriasiano Baremiano esta zona estuvo levantada ya que la sedimentación marina se inició en el Aptiano Albiano.

Es a partir del Aptiano que la transgresión marina llega a la cuenca, dando inicio a la deposición de la Formación Tibú-Mercedes. A partir de entonces quedan unidas las cuencas Maracaibo y río Magdalena (Toussaint, 1995).

Figura N° 4. Reconstrucción paleográfica de terrenos del Caribe hace 160 Ma (modificado de López, 2005).



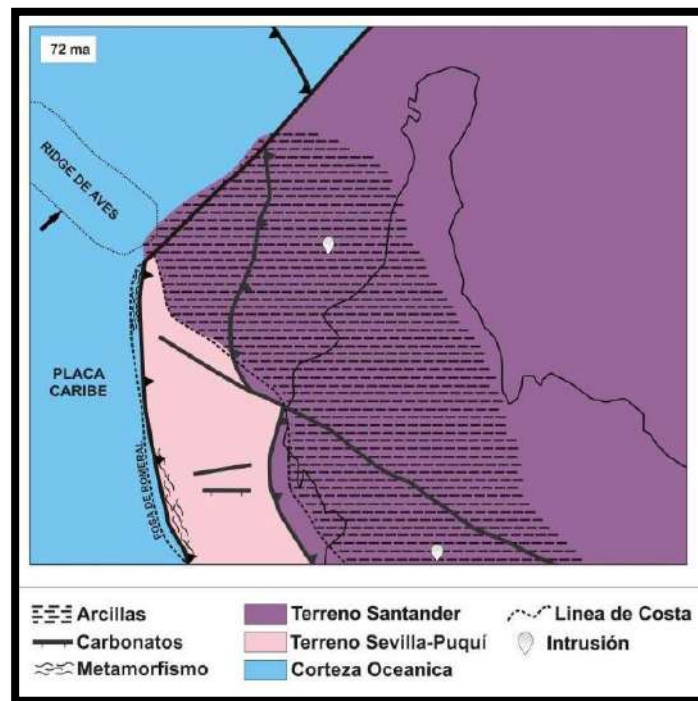
Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 78 – Puerto Santander. Memoria Explicativa, Pág. 128.

De acuerdo con Fabre (1984, en Toussaint, 1996), tal transgresión marina ocurrió debido a un periodo de enfriamiento lento de la litósfera sin movimiento de las fallas normales existentes, lo cual permitió una subsidencia térmica regional permitiendo la entrada del mar en el Oriente Colombiano. Durante este periodo se deposita la secuencia presente en el Catatumbo, comenzando con la



Formación Tibú-Mercedes en un ambiente de plataforma marina interna a media (Toussaint, 1996). Allí, se empieza con la deposición de lodolitas carbonosas y calizas arenosas siguiendo a litoarenitas glauconíticas de la Formación Aguardiente.

Del Cenomaniano Superior al Turoniano se deposita la Formación Capacho, la cual es de un ambiente de plataforma marina interna a media. Luego sigue a Formación La Luna, que aparentemente se depositó en un ambiente euxínico variando facialmente hacia el oriente a lutitas en el Maastrichtiano como Formación Colón-Mito Juan y arenas de plataforma interna (Siguiete Figura). En este momento empiezan a depositarse las unidades presentes en la Plancha 78.

Figura N° 5. Reconstrucción paleográfica de terrenos del Caribe hace 72 Ma (modificado de López, 2005).



Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 78 – Puerto Santander. Memoria Explicativa, Pág. 128

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

Entre el Maastrichtiano Tardío y el Paleoceno, lentamente se invierte la topografía de la zona, empezando a conformarse la Cuenca de Catatumbo, cuyo límite más occidental es la Falla Catatumbo, cuyo bloque oeste, (el Macizo de Santander – Serranía de Perijá) se levanta y el bloque Este se hunde (zona de la plancha 78- Puerto Santander). Según Villamil (1999), el depocentro de las cuencas del oriente de Colombia y noroccidente de Venezuela se mueve gradualmente hacia el este, durante este periodo de tiempo. Se desarrollan sistemas costeros y deposición de facies marinas someras, lo que generan los depósitos de las formaciones Catatumbo y Los Cuervos. Villamil (1999), encuentra evidencia amplia de disconformidades a paraconformidades entre las facies costeras de las facies fluviales (entre Los Cuervos y Mirador).

La Cordillera Oriental y la Serranía del Perijá se levantaron en el Cenozoico, como respuesta a los esfuerzos compresivos que involucran la convergencia de las placas de Suramérica, Nazca y Caribe. Esta interacción dio lugar a una deformación intensa y a una cortamiento en dirección ESE-WNW, perpendicular a las estructuras regionales.

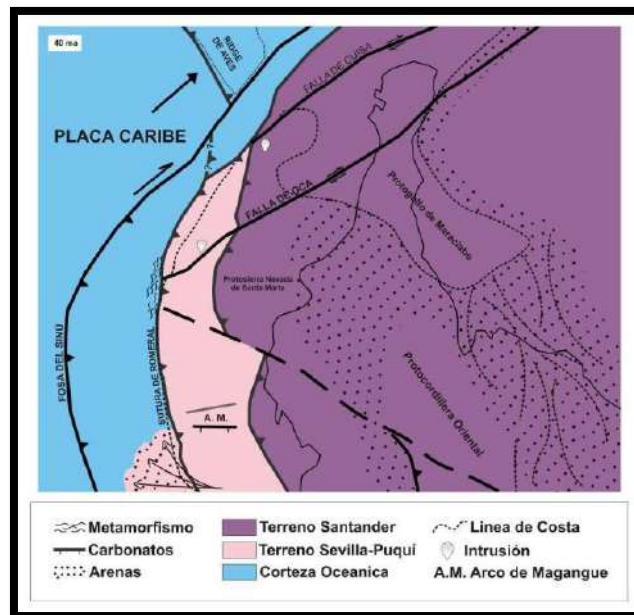
Durante el Paleoceno Superior al Eoceno Inferior se da un periodo de relajación cortical, generando un espacio de acomodación y deposición de unidades fluviales de grano grueso en ríos trenzados y meándriformes, sobre las disconformidades. Adicionalmente se presentan pequeñas inundaciones debido al espacio de acomodación, representado por niveles de la Formación Los Cuervos.

La importante actividad tectonotérmica registrada para este tiempo, junto a los cambios en la distribución de las cuencas sedimentarias en buena parte de la esquina noroccidental de Suramérica, parecen corresponder al inicio de un proceso de bloqueo y salto de la zona de subducción, el cual se inició a principios del Paleoceno en la parte occidental de la Placa de Suramérica, ocasionando el levantamiento de la Cordillera Central (Barrero, 1979; en López, 2005).

Dada la convergencia oblicua al occidente de la Placa de Suramérica, se desarrolla un sistema transpresivo en esta margen (Villamil, 1999). A mediados del Eoceno (40 Ma), la Placa Caribe continúa su avance hacia el Oriente, dando origen a un margen transformante al norte de la Placa Suramericana. Al interior del continente, la sedimentación es predominantemente siliciclástica y conglomerática, generalmente dispuesta de manera discordante, desarrollada en

ríos y sistemas de canales interdistributarios (formaciones Mirador y Carbonera), controlados por el incipiente desarrollo de la Cordillera Oriental, los cuales desembocaban hacia el protogolfo de Venezuela. Hacia la base de la Formación Carbonera, se reconocen leves incursiones marinas (Siguiendo Figura). Villamil (1999) plantea que hacia el Eoceno Medio, se da el mayor levantamiento de la Orogenia Andina, lo cual ha generado implicaciones desde el punto de vista de sistemas petrolíferos, asociados a la formación de pliegues, como es el caso del Anticlinal de Petrólea. Durante el Oligoceno al Mioceno Temprano se presentan leves incursiones marinas, representada por los sedimentos de la Formación León (INGRAIN-ANH, 2012). Por su parte autores como Villamil (1999) e INGRAIN-ANH (2012), explican que el espacio de acomodación en el occidente de Venezuela fue rápidamente creado por la subducción de la Placa Caribe que empezó a acercarse allí. La combinación de esos dos eventos tectónicos, levantó y erosionó las unidades en Colombia y Venezuela, dando como resultado el desarrollo de una gruesa molasa continental hacia los márgenes de la Serranía del Perijá y los Andes de Mérida, representado por la Formación Guayabo.

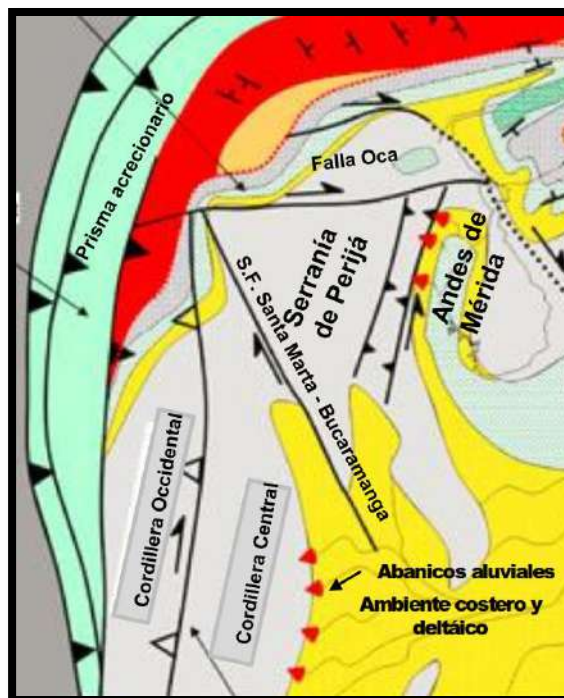
Figura N° 6. Reconstrucción paleográfica de terrenos del Caribe hace 40 Ma (modificado de López, 2005).



Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 78 – Puerto Santander. Memoria Explicativa, Pág. 131.

El incremento de la subsidencia en el oriente de la Cuenca de Catatumbo y occidente de Venezuela (Cuenca de Maracaibo) desde el Oligoceno, evidenciado por los altos espesores de las formaciones depositadas allí a partir de este periodo, es causado por el levantamiento de los Andes de Mérida y la Serranía de Perijá (Kellog, 1994; Shagam et al., 1984; Mann et al., 2006; en Escalona & Mann, 2011) (Siguiete Figura). Algunos de los pliegues y fallas encontrados en el área de estudio pueden ser interpretados como la respuesta a los procesos inherentes a la convergencia entre la Placa Suramericana y la Placa Caribe (Escalona & Mann, 2011) y el levantamiento Norandino. Este tipo de comportamientos podrían estarse presentando desde el Plioceno hasta el presente, tal y como lo propuso Notestein et al. (1944). Este tipo de elementos estructurales han jugado un papel importante en el entrampamiento y migración de hidrocarburos en la zona de la Plancha 78, lo que se resume en la ocurrencia de tres campos de explotación (Petrólea, Carbonera y Zulia).

Figura N° 7. Reconstrucción paleográfica de terrenos del Caribe en el Oligoceno Medio (modificado de Escalona & Mann, 2010).



Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 78 – Puerto Santander. Memoria Explicativa, Pág. 132.

En los últimos dos millones de años y como resultado de las crecientes máximas de los afluentes importantes del área como los ríos Zulía y Pamplonita, en épocas de fuerte precipitación y gran aporte de material proveniente de las partes altas de las cuencas, se depositó el material aluvial sobre sectores específicos, así como en zonas relativamente planas.

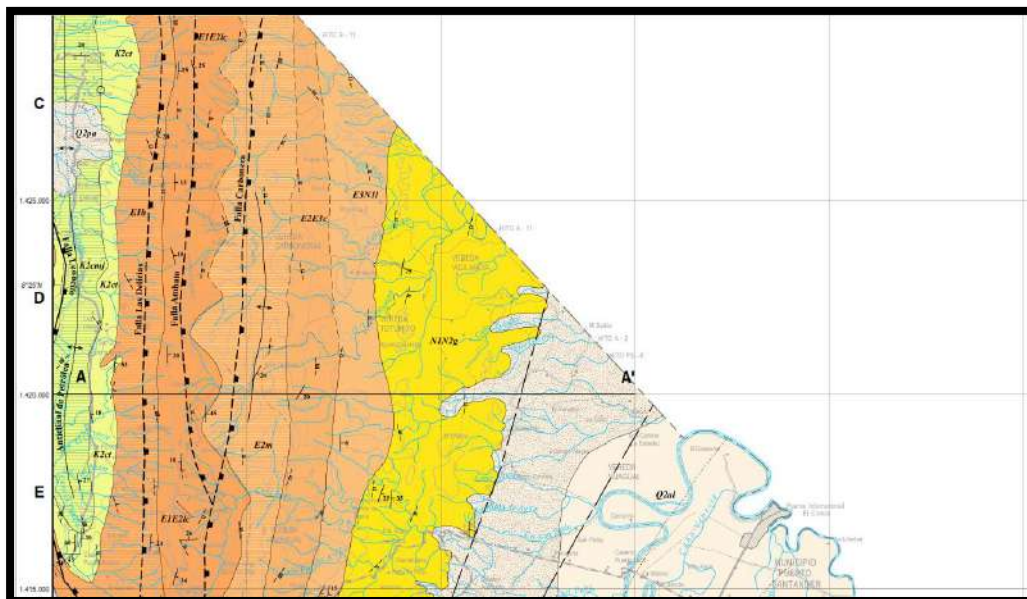
6.4 ESTRATIGRAFÍA

En el área de estudio corresponde a la geología de los trece (13) pasos elevados corresponden, plancha geológica 077-Campo Dos y 078- Puerto Santander del Norte de Santander, los pasos elevados del 1 al 10 comprende la geología de la Plancha 078 - Puerto Santander, 11 al 13 la Plancha 077 – Campo Dos, se describe las unidades geológicas de la plancha 078 y posterior la plancha 077.

6.4.1 Estratigrafía Plancha 078 – Puerto Santander

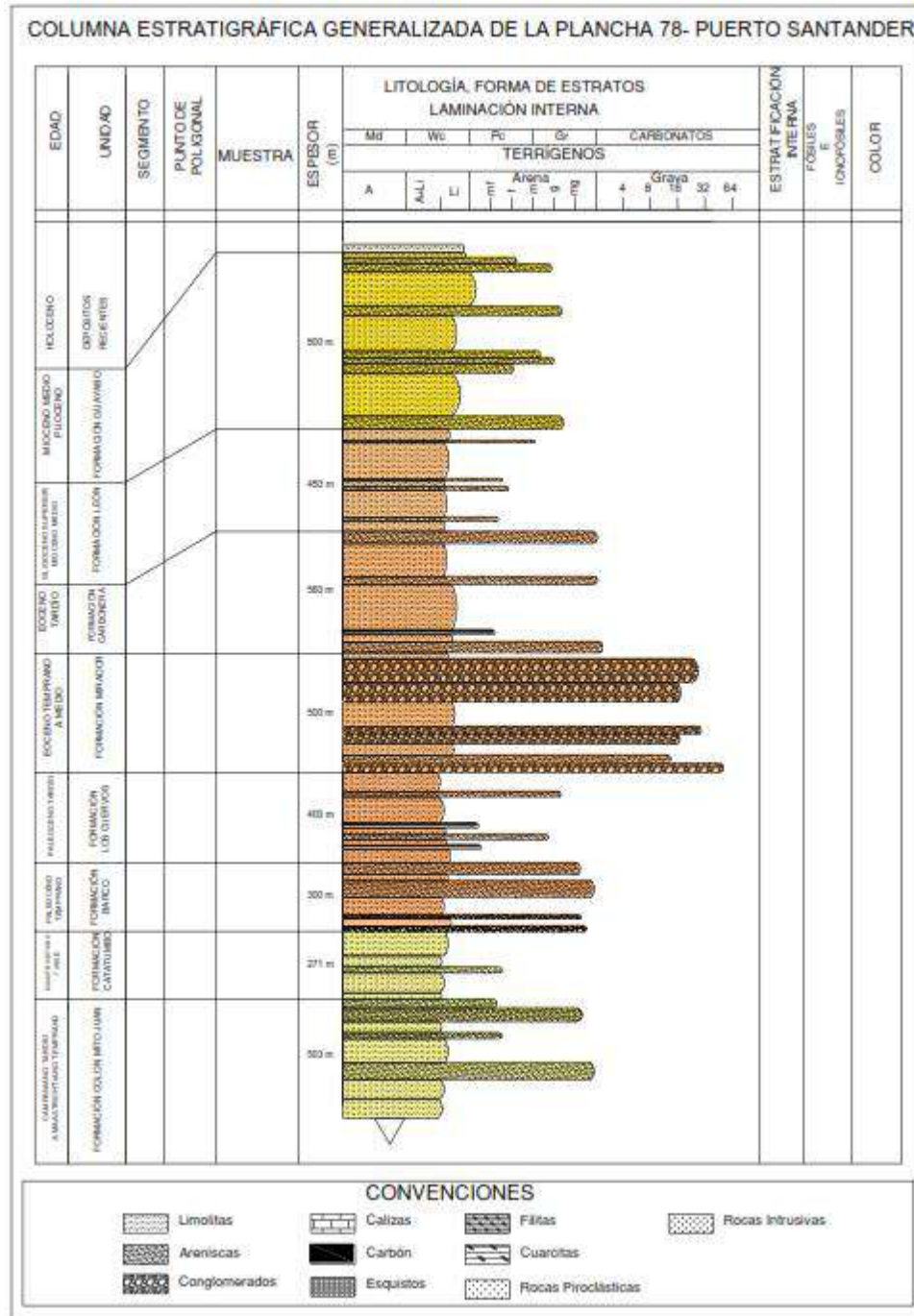
En la plancha 078 comprende rocas del cretácico a depósitos cuaternarios, datan eras geológicas del Mesozoico hasta finales del Cenozoico.

Figura N° 8. Plancha Geológica 078 escala 1:100.000, sector para la zona de estudio.



Fuente. Plancha geológica 078 Puerto Santander, Norte de Santander, estado de la cartografía geológica colombiana 2013, Servicio Geológico Colombiano (SGC)

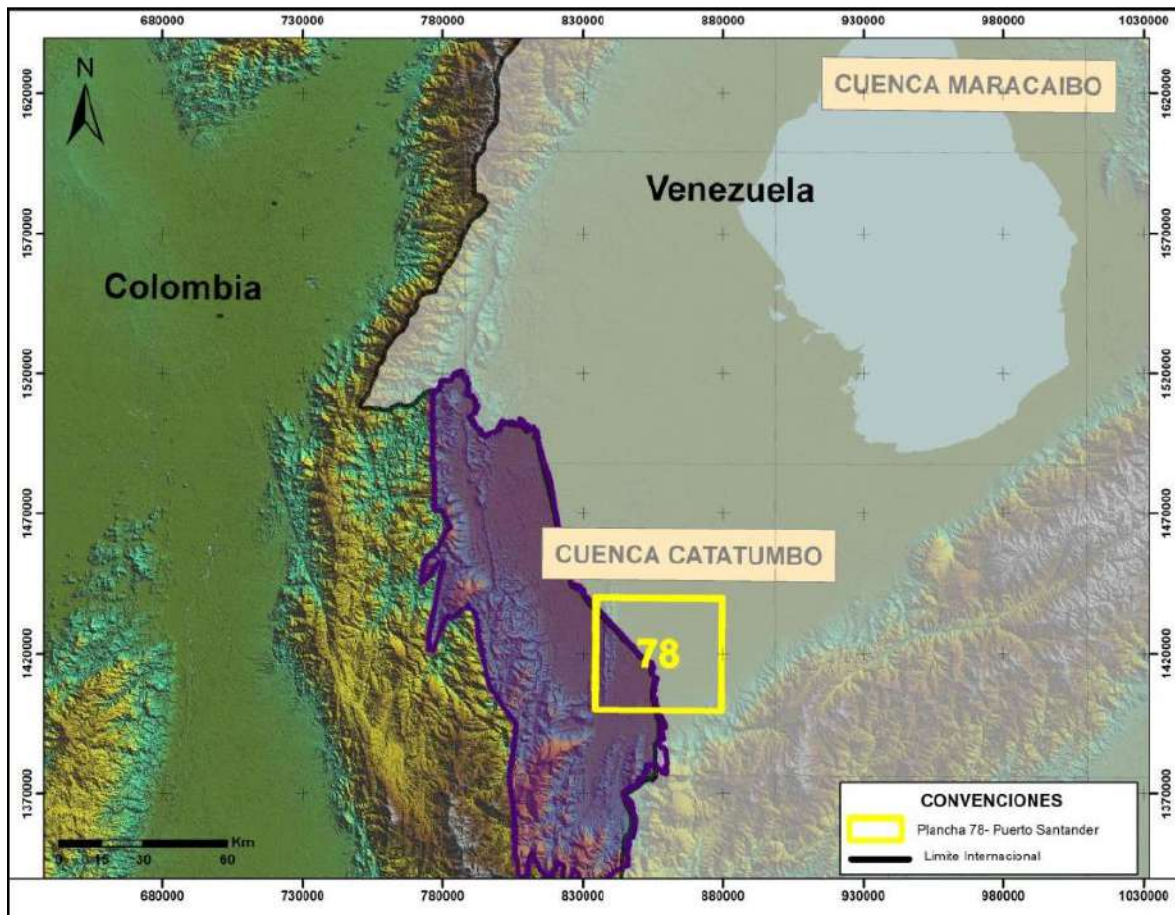
Figura N° 9 Columna estratigráfica generalizada de la Plancha 78 – Puerto Santander (modificado de Notestein et al., 1944).





Fuente. Plancha Geológica 078 – Puerto Santander, escala 1: 100.000, Memoria Explicativa, Pág. 36.

La Plancha 78 - Puerto Santander se encuentra localizada en la Cuenca de Catatumbo (Norte de Santander) (Siguiente Figura) y forma parte de la gran Cuenca de Maracaibo (República Bolivariana de Venezuela). En esta plancha afloran unidades de origen sedimentario y la nomenclatura utilizada para estas unidades se ha estructurado con base en el desarrollo de proyectos de exploración y explotación de petróleo, llevados a cabo en Colombia y Venezuela a comienzos y mediados del Siglo XX. En esta área afloran unidades con edades cretácicas, paleógenas y neógenas, afectadas por fallas y pliegues de dirección Norte - Sur y en menor grado Noreste y Noroeste.

Figura N° 10. Ubicación de la Plancha 78 – Puerto Santander en la Cuenca de Catatumbo.



Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 78 – Puerto Santander. Memoria Explicativa, Pág. 34.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

6.4.1.1 Mesozoico

En la plancha 078, el Mesozoico está representado por Unidades Cretácicas correspondientes a la nomenclatura de la Cuenca del Catatumbo – Maracaibo, por ser la prolongación sur de esta cuenca dentro del área.

6.4.1.2 UNIDADES DEL CRETÁCICO



6.4.1.2.1 Formación Colón-Mito Juan (K₂cmj)

La primera referencia de la Formación Colón fue publicada por Liddle en 1928, donde incluía tres unidades Colón Shale, Mito Juan y La Luna; posteriormente Kehrer, 1937, redefinió la unidad y la restringió a la Formación Colón como se conoce hoy (en Julivert, 1968). Por su parte la primera referencia publicada de la Formación Mito Juan fue hecha por Garner, 1926 (en Julivert, 1968), quien definió su sección tipo en la quebrada Mito Juan, afluente del río Sardinata, municipio de Tibú, Norte de Santander, 2 km al este del eje del Anticlinal de Petróleas. En el presente informe se usará la referencia de Keher (1937; En: Julivert, 1968) para la descripción correspondiente a Colón y la referencia de Garner 1926 (en Julivert, 1968) para la descripción de Mito Juan.

Aunque existe diferencia litológica entre las unidades, ya que las lutitas de la Formación Colón son de color gris y gris-oscuro, ligeramente calcáreas, mientras que las de la Formación Mito Juan son gris-verdosas y no calcáreas, es difícil establecer el límite entre ellas. Diferentes Autores usan conjuntamente las formaciones Colón y Mito Juan, denominándola como Formación Colón-Mito Juan K₂cmj.

El contacto con la Formación Catatumbo se encuentra cubierto, sin embargo, se considera gradacional. En campo no hay claridad para diferenciar el contacto hacia el techo, sumado a la falta de afloramientos de roca fresca y a lo similar del relieve, el cual es bajo y suavemente ondulado (Getty, 1982, en INGRAIN-ANH, 2012); el contacto inferior con la Formación La Luna es concordante y localmente transicional.

Según Notestein et al. (1944) la Formación Mito Juan es correlacionable con la

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Formación Umir del Valle Medio del Magdalena. Julivert (1968) indica la correlación entre la Formación Colón con la parte inferior de la Formación Umir y con el Miembro Galembó de la Formación La Luna.

6.4.1.3 **Cenozoico**

Las rocas del Cenozoico están presentes en la Plancha 078 hacia el sector oriental de la Falla Las Delicias y la Falla Leoncito, en contacto con las unidades del cretácico, donde se han agrupado en las Formaciones Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera y los depósitos aluviales, de vertientes, planicies aluviales y aluviales antiguos.

6.4.1.4 **UNIDADES DEL TERCIARIO**

6.4.1.4.1 **Depósitos de Planicies Aluviales (Q_{2pa})**



Estos depósitos cubren principalmente las zonas entre los cauces y se acumulan en pendientes suaves, principalmente cerca a la convergencia de los cauces, siendo las partes más bajas y cercanas a los cauces las más susceptibles a fenómenos de inundación.

Presenta materiales no consolidados, de grano fino (arenas, arcillas y limos), aunque a veces se observan niveles delgados de gravas finas, que han sido arrastrados por la corriente y que están representadas en su mayoría por fragmentos angulares de las formaciones Colón-Mito Juan, Catatumbo, y otras más cercanas.

6.4.1.4.2 **Depósitos de Vertiente (Q_{2v})**

Corresponden a depósitos no consolidados, formados en las laderas por la acumulación de materiales provenientes de deslizamientos de roca y suelo que ocurren en las partes altas que son transportadas de manera semejante a los fluidos viscosos depositados ladera abajo.

Estos depósitos están compuestos por material heterométrico, tales como gravas, tamaño bloques, guijos, guijarros y gránulos de areniscas cuarzosas de grano fino a muy fino laminadas, asociadas a las formaciones Barco y Los

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Cuervos; la forma de las gravas son subangulares a angulares, acumuladas en una matriz areno-limosa.

6.4.1.4.3 Depósitos Aluviales (Q_{2al})

Se refieren a depósitos recientes como resultado de la dinámica aluvial, que producen barras laterales Y centrales, entre otras, localizadas principalmente en los ríos Zulia y Pamplonita. Agrupan también los materiales ubicados en zonas sometidas a inundaciones constantes de los ríos Guaramito, Zulia y Pamplonita, especialmente en épocas de lluvias; así como materiales dejados por drenajes menores.

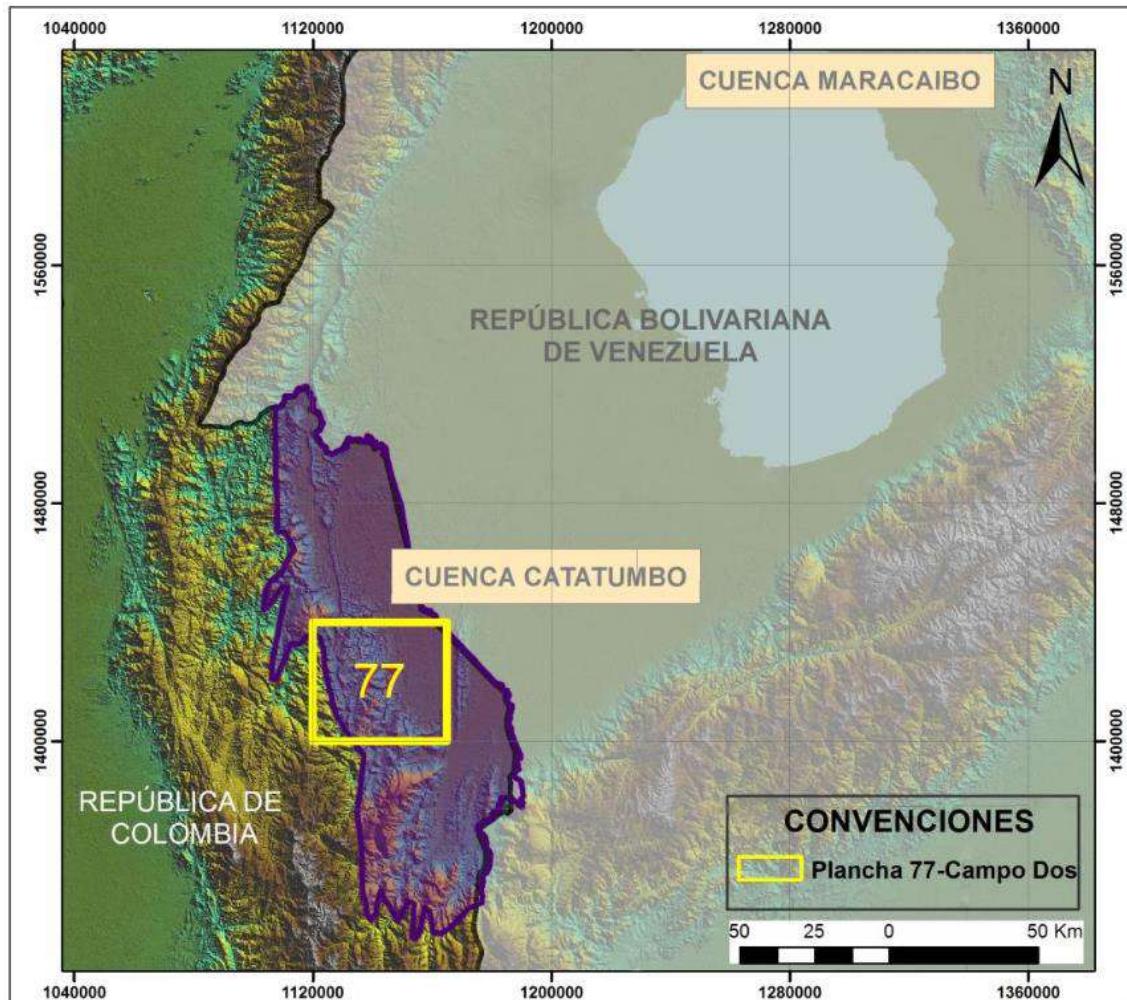
Los depósitos aluviales consisten en suelos arenosos de tamaño arena muy fina a fina, de colores que varían de marrón claro (5 YR 5/6) a naranja amarillento pálido (10 YR4/2) con presencia de óxidos de hierro en baja proporción. También están conformados por suelos lodo-arenosos con un 15% de fracción arena fina a muy fina; con colores que varía de marrón amarillento oscuro (10 YR 7/2), gris amarillento (5 Y 7/2) y naranja amarillento oscuro (10 YR 6/6); este último color debido a la presencia de óxidos de hierro que le dan un aspecto abigarrado. En ocasiones se observa estratificación cruzada en los niveles de arenas, lo que evidencia el cambio en el régimen de energía del río Zulia.

6.4.2 Estratigrafía Plancha 077 – Campo Dos

Las unidades litológicas que afloran en la Plancha 77 – Campo Dos hacen parte de la Cuenca de Catatumbo, con edades desde el Paleozoico hasta el Cuaternario.

La descripción se hace desde la unidad más antigua a la más reciente, de acuerdo a la columna estratigráfica de la Siguiete Figura, agrupando por capítulos en rocas metamórficas, rocas ígneas y rocas sedimentarias. De cada unidad se incluyen los antecedentes sobre su definición, afloramientos en la plancha, su expresión geomorfológica, la litología y secuencia estratigráfica, el espesor de la unidad, los contactos, la edad, el origen y las correlaciones.

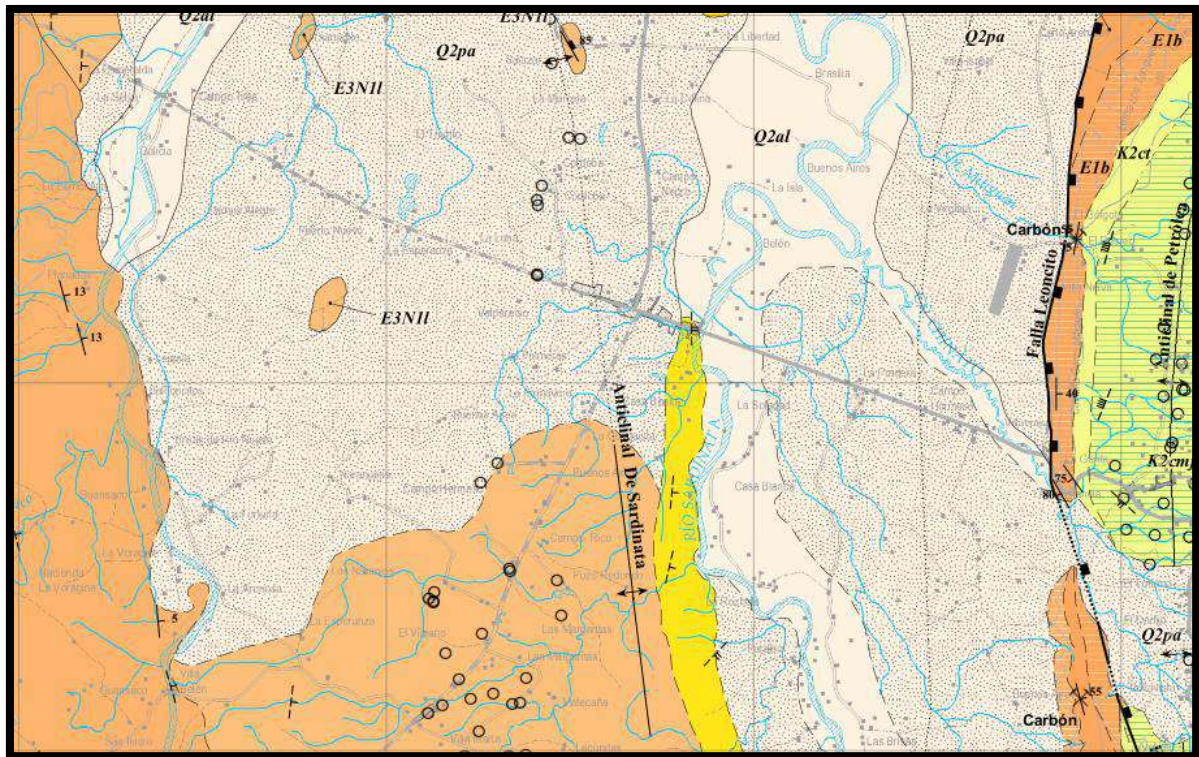
Figura N° 12. Localización de La Plancha 77 – Campo Dos y la Cuenca de Catatumbo, dentro de la Cuenca Maracaibo (modificado de Barrero *et al.*, 2007).



Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 77 – Campo Dos Memoria Explicativa, Pág. 43.

En la posterior figura se observa la sección geológica representativa de la plancha 077 – Campo Dos, donde se relacionan los depósitos recientes y formaciones del eoceno, colindantes con los depósitos no consolidados y parte del cretácico de la Formación Colón – Mito Juan. y el Anticlinal de Petrolea

Figura N° 13. Plancha Geológica 077 escala 1:100.000, sector para la zona de estudio.





Fuente. Plancha geológica 077 - Campo Dos, Norte de Santander, estado de la cartografía geológica colombiana 2013, Servicio Geológico Colombiano (SGC)

6.4.2.1 Mesozoico

6.4.2.1.1 Formación Colón-Mito Juan (K₂cmj)

Los términos formaciones Mito Juan y Colón fueron usados por geólogos de la compañía Caribbean Petroleum y las primeras referencias fueron publicadas por Garner en 1926 y en 1928, (Julivert, 1968). La sección tipo de la Formación Colón se encuentra en el río Lobaterita, Estado de Zulia y la de la Formación Mito Juan en la quebrada Mito Juan, afluente del río Sardinata, 2 km al este del eje del Anticlinal de Petrólea en Norte de Santander. Teniendo en cuenta la dificultad para establecer un límite entre las formaciones Colón y Mito Juan, en este informe se utiliza en nombre Formación Colón – Mito Juan cuya diferenciación solo es posible basada en el contenido faunístico, especialmente foraminíferos (Julivert, 1967; Notestein et al., 1944).

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

El contacto superior con la Formación Catatumbo es gradacional (INGRAIN- ANH, 2012) y el inferior con la Formación La Luna es concordante y localmente transicional (Notestein et al., 1944).

Las estructuras sedimentarias, la composición litológica y la fauna indican un ambiente marino y de agua salobre. La microfauna del Cretácico Superior hallada en muestras recolectadas en diferentes puntos de la formación, consiste en foraminíferos bentónicos y planctónicos entre los que se encuentran *Haplophragmoides excavatus*, *Lenticulina* spp., *anomalinoides* spp., *Gartnerose gmentatum*, *Miculastauropora*, *Retecapsasurirella*.

Quadrungothicum y *Watznaueriabanesae* que indican un origen de agua salobre principalmente. Según Notestein et al. (1944), la facies de calizas glauconíticas en el tope de la Formación Mito Juan en Río de Oro, es marina. La fauna mencionada permite asignar una edad Santoniano Superior – Maastrichtiano Inferior, que coincide con la edad reportada por Hedberg & Saas (1937; en Notestein et al., 1944).

La Formación Colón - Mito Juan es correlacionable con la Formación Umir del Valle Medio del Magdalena (Notestein et al., 1944).



6.4.2.2 UNIDADES DEL TERCIARIO

Los depósitos recientes, aparecen principalmente, al oriente de la plancha, en zonas adyacentes a ríos y quebradas con una morfología plana a relativamente plana.

6.4.2.2.1 Depósitos Aluviales (Q_{2a})

Esta unidad cubre una paleotopografía pre-existente, con espesores variables desde pocos metros hasta mayores de 5 metros en algunos sitios.

El carácter litológico de los depósitos depende esencialmente de la naturaleza petrográfica de las regiones drenadas. En general, son intercalaciones de capas de gravas, arenas, limos y arcillas, formados por la acumulación de material de los ríos y quebradas del área. Los depósitos aluviales en las partes más bajas y cercanas a los cauces son susceptibles a fenómenos de inundación y erosión por socavamiento de orillas.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Los depósitos aluviales están conformados por sedimentos no litificados, compuestos por intercalaciones irregulares de lodos, arenas y gravas. Las gravas mal seccionadas de tamaño variable entre algunos centímetros y bloques de más de un metro de diámetro de ocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

Los depósitos aluviales recientes se encuentran asociados a la dinámica fluvial de los drenajes actuales presentes en el área. No se conocen dataciones de esta unidad, sin embargo, por su posición estratigráfica se consideran del Holoceno.

6.4.2.2 **Depósitos de Planicies Aluviales (Q_{2pa})**

Estos depósitos cubren principalmente y en forma más extensas, las zonas entre los cauces y se acumulan en pendientes suaves más llanas, principalmente cerca a la convergencia de los cauces, siendo las partes más bajas y cercanas a los cauces las más susceptibles a fenómenos de inundación.

El carácter sedimentológico de estos depósitos depende esencialmente del tipo de rocas de las regiones drenadas. Los sedimentos en general son de grano fino (arenas, arcillas y limos), aunque a veces se observan niveles delgados de gravas finas.



El origen de estos depósitos está relacionado con las inundaciones periódicas recientes de los principales cauces del área. No se conocen dataciones de esta unidad, sin embargo, por su posición estratigráfica y el desarrollo de los perfiles superiores de suelos se considera una edad del cuaternario tardío posiblemente del Holoceno.

6.5 **GEOLOGÍA LOCAL**

Se observa y describe las unidades geológicas, se encuentran los trece (13) pasos elevados de la vía Astilleros- Tibú en el sector PR 31+000 – PR 41+000 y PR 48+000- PR 50+000.

6.5.1 **Formación Colón - Mito Juan (K_{2cmj})**

Como se ha determinado anteriormente la dificultad para establecer un límite entre la Formación Colón y Formación Mito Juan, han determinado la agrupación

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

de ambas en una sola formación denominada Formación Colón – Mito Juan; a partir de recopilación de información sobre la cuenca del Catatumbo, para los diferentes usos geológicos se logra establecer de manera aproximada, la delimitación de la formación Colón y Mito Juan (Basado en la geología del Cuadrángulo F13). Representandose de la siguiente forma las formaciones:

6.5.1.1 Formación Colón (K_{2c})

Esta formación consta de arcillas pizarrosas de color gris, un poco calcáreas, ricas en foraminíferos. En la base y en contacto con la formación La Luna hay una zona de areniscas glauconíticas, de 2 a 5 metros de espesor con abundantes restos de peces y foraminíferos retrabajados. Esta zona yace bajo una arcilla pizarrosa muy piritica de 3 a 5 metros de espesor. El espesor de la formación varía de 215 a 334 metros en la parte dental de la concesión Barco, aumentando hasta 460 metros en el área de Río de Oro. El aumento de espesor hacia el norte es compensado por una disposición proporcional en el espesor de la Formación Mito Juan que reposa sobre la Formación Colón. Esta descansa concordantemente sobre la Formación La Luna y el contacto se identifica por la aparición de las primeras calizas de esta última. La edad de la Formación Colón, Santoniano a Campaniano está basada en una buena fauna de foraminíferos.

6.5.1.2 Formación Mito Juan (K_{2m})

Esta formación consta principalmente de arcillas pizarrosas gris verdoso, arcillas limolíticas y arcillas arenosas, notándose un aumento de las arenas hacia la parte superior. En la parte inferior hay arenas pizarrosas gris oscuras semejantes a las de la formación Colón; a diferencia de aquellas las arcillas de Mito – Juanno son calcáreas. Hacia la parte alta hay delgadas capas de caliza ferruginosas, fosilíferas arenosas y glauconíticas. La formación Mito Juan reposa concordantemente sobre la Formación Colón y su contacto en los registros eléctricos es bien definido. Este contacto se puede determinar también a base de foraminíferos. El espesor de la formación varía de 275 hasta 420 metros y su edad Maestriciano. Algunas arenas en la parte alta de la formación, son productoras de petróleo en Río de Oro y Sardinata.



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Figura N° 14. Formación Colón – K₂C.



Fuente. Planeación y Desarrollo (Estepa, 2017)

En la ilustración previa se observa, una superficie llana, suavemente plana, con diferentes tipos de vegetación, debido a que las formaciones geológicas recientes, hasta el cretácico y Anticlinal de Petrolea han sido erosionadas, alcanzar una peneplanicie del cretácico. Con los ensayos directos de perforación se observaron muestras de arcillas con partículas de pirita, típico de la Formación Colón, algunas con olores de azufre.

En la figura posterior se observa superficies inclinadas, ligeramente fuerte, con cobertura vegetal, correspondiente a la formación Mito Juan, ausencia de pirita, y olor azufrado.



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Figura N° 15.. Formación Mito Juan – K2m.



Fuente. Planeación y Desarrollo (Estepa, 2017)

7 PUENTE 9 – CAÑO SALADO – PR 39+400.

7.1 Geología Local

Se describe las unidades geológicas presentes, alrededor del Caño Salado, localizada en alineamiento Astilleros – Tibú, en el kilómetro PR 39+400 aproximadamente; para consideraciones geológicas se considera los puntos de referencia PR 39+208 – PR 39+710, localizada así (ver plano geológico Puente 9- Caño Salado)

Tabla 3. Localización en puntos de referencia.

Abscisa	E	N
K39+208	1165959	1426129
K39+710	1165963	1426533

Fuente. Planeación y Desarrollo (Estepa, 2017).



En la siguiente tabla se relaciona la localización general para el estudio pertinente al mínimos y máximos, Este y Norte.

Tabla 4. Localización Puente Caño Salado.

Número	E	N
1	1165794	1426128
2	1166268	1426128
3	1166268	1426535
4	1165794	1426535

Fuente. Planeación y Desarrollo (Estepa, 2017).

El puente denominado Caño Salado, localizado dentro de la unidad geológica reciente, no consolidado denominado deposito aluvial – Q_{2al}, Para el estribo 1: Desde la superficie se caracteriza con arena de grano medio friable con grava y restos de materia, Arcilla limoarenosa con grava y trazas de materia orgánica color marrón, espesor alrededor de 5 metros, seguido de unas gravas redondeadas mayor a 2 centímetros con arcilla, finalizando con lutitas descompuestas con comportamiento mecánico de arcillas de alta plasticidad con grava. Lutita con respecto a la profundidad mejora sus condiciones geomecánicas. En contra parte se localiza un espesor de 4.15 metros

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

aproximadamente de arcilla limosa de plasticidad baja a media, color marrón a rojo con moteados de gris y algunas trazas de materia orgánica. Finalmente, infrayaciendo lutitas de color gris meteorizadas, características geomecánicas mejoran con respecto a la profundidad.

Figura N° 16. Puente 9-Caño Salado.



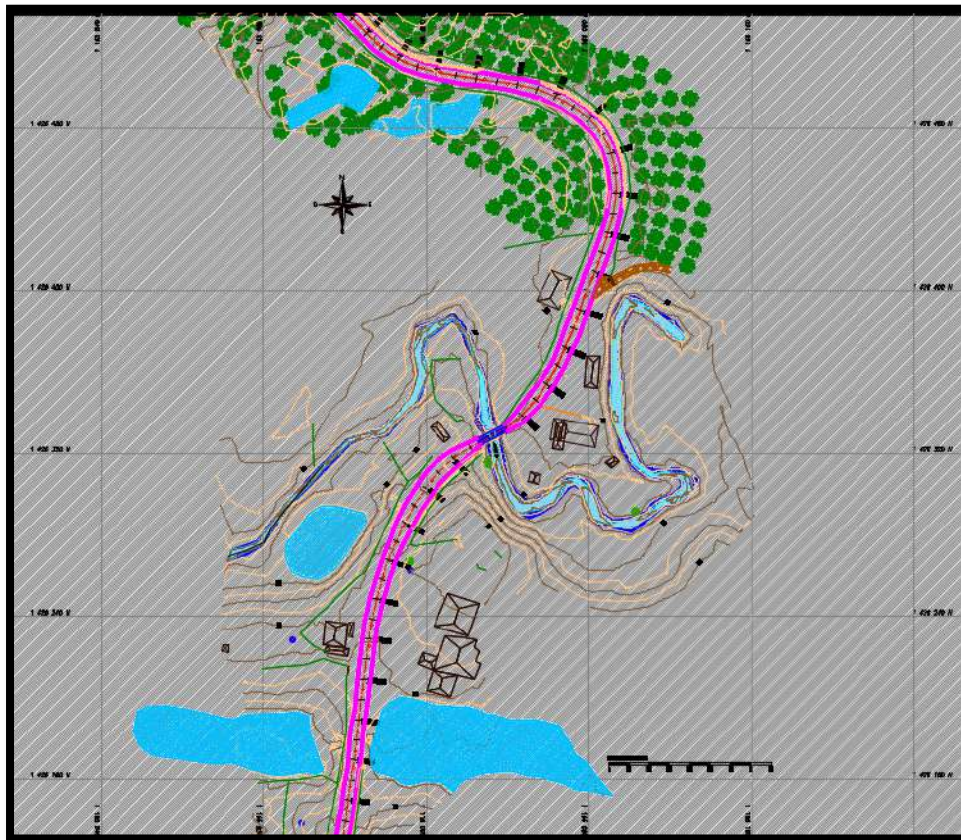
Fuente. Planeación y Desarrollo (Torres, 2017).

En la figura previa se visualiza el puente por la vía que conduce a Tibú, con cobertura vegetal nativa, algunos pastos, etc. (Ver ficha de diagnóstico). A profundidad se caracteriza Arcillas de diferentes consistencias y colores grises a marrones, naranjas, fracturadas meteorizadas, a determinada profundidad se caracterizan como lutitas y limolitas de características geomecánicas variables dependiendo del nivel de saturación y profundidades.

En la posterior figura se observa el puente y Caño Salado, puente está siendo afectado por el deposito aluvial que suprayace con la formación correspondiente a Colón - K₂C, con un contacto discordante.

Además, en la sección frontal del puente, se determina una diversidad vegetal, alrededor del puente, un cauce de baja velocidad por el tiempo de verano, se relaciona grandes velocidades en tiempos de precipitaciones altas.

Figura N° 17. Geología Puente 9-Caño Salado.



Fuente. Planeación y Desarrollo (Estepa, 2017).

Figura N° 18. Sección Frontal Puente 9 – Caño salado.



Fuente. Planeación y Desarrollo (Torres, 2017).



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Figura N° 19. Muestras del Puente 9-Estribo 2 – Caño Salado.





Fuente. Planeación y Desarrollo (PerfoIngenieria, 2017).

La figura previa se observa la extracción de núcleos del estribo 2 del puente del Caño Salado, donde se presenta lutitas y limolitas de color gris oscuro., suprayaciendo una variedad de arcillas de color marrón oscuro a claro, amarillentos y trazas de grises, con materia orgánica.

7.2 Unidades Geológicas Superficiales (UGS)

Según el Servicio Geológico Colombiano – SGC (2015), se define una unidad geológica superficial (UGS) al conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros. La información temática se obtiene a partir del procesamiento de la información básica, la caracterización de las condiciones físicas de los suelos, rocas y materiales de superficie, lo cual proporciona el mapa de UGS. Estas incluyen rocas con diferentes grados de meteorización, suelos y depósitos inconsolidados según origen.

Las Unidades Geológicas Superficiales se consideran como formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre, son unidades

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

cartográficas y uno de los productos básicos de la Geología aplicada a la Ingeniería.

La caracterización geológica de los macizos rocosos y de las Unidades Geológicas Superficiales es uno de los elementos básicos para la evaluación del comportamiento mecánico de los terrenos ante diferentes usos, como desarrollo de obras de infraestructura, desarrollos mineros y demás usos definidos en los planes de ordenamiento territorial. La información temática se obtiene a partir del procesamiento de la información geológica básica, la caracterización de las condiciones físicas de los suelos, rocas y materiales de superficie, lo cual proporciona el plano temático de Unidades Geológicas Superficiales.



La Geología aplicada a la Ingeniería constituye así una herramienta básica adecuada para compilar, interpretar y presentar la información temática de utilidad en las fases de prefactibilidad, factibilidad, diseño, construcción, operación y el mantenimiento de obras de ingeniería territorial y el desarrollo minero; igualmente en los campos de mitigación, prevención y control de los riesgos geológicos, al igual que en los impactos ambientales resultantes del desarrollo de diferentes proyectos.

En el presente estudio se caracterizaron y cartografiaron las unidades superficiales a escala 1:2000, con el fin de determinar las condiciones físicas mecánicas del suelo y de los diferentes materiales en las diferentes áreas, que sirvan como base para la zonificación geotécnica.

7.2.1 Metodología General Para El Estudio De Las Unidades Geológicas Superficiales

Las siguientes son las actividades realizadas para estudiar las Unidades Geológicas Superficiales de las zonas.

- Recopilación de la información temática: Se consultaron las entidades del orden oficial y privado para coleccionar la información disponible en cuanto a cartografía geológica, geomorfología, topografía, fotografías aéreas.
- Revisión de imágenes aéreas del área de estudio, realizándose una interpretación preliminar para determinar las formaciones geológicas, unidades

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	



de roca, suelos residuales y transportados, procesos morfodinámicos y rasgos estructurales, entre otros.

- Reconocimiento, verificación, ajuste y complementación de la información geológica mediante trabajo de campo; descripción y cartografía de las unidades geológicas superficiales; caracterización de los elementos estructurales como son las fallas, pliegues, lineamientos y discontinuidades menores.
- Evaluación y procesamiento de la información de campo, elaboración de las bases de datos geológicos.

7.2.2 Factores Considerados para Caracterizar las Unidades de Roca

En la cartografía geológica para ingeniería, la clasificación de rocas y suelos está basada en las propiedades físicas de dichos materiales y en su estado actual dependiendo de la combinación de factores como el origen, la diagénesis, la historia tectónica, el metamorfismo y los procesos de meteorización, los cuales gobiernan el comportamiento mecánico de los materiales (resistencia, deformabilidad, durabilidad, y permeabilidad, entre otros). Para la descripción y caracterización de las Unidades Geológicas Superficiales, se tuvieron en cuenta, entre otros:

Litología (composición y textura), dureza o resistencia, condición de las discontinuidades, grado de meteorización y rasgos estructurales. Estas características se obtienen mediante la descripción de perfiles de afloramientos rocosos, exploración del subsuelo, muestreo de suelos y rocas, ensayos in situ y análisis de laboratorio. Es uno de los aspectos importantes en la caracterización de las unidades superficiales, se define como la descomposición física y química in situ de los materiales cercanos a la superficie de la tierra. Influye en la formación de los suelos residuales, estabilidad de las laderas y en la acción de los procesos erosivos, al igual que sobre las propiedades físico-mecánicas de las rocas tales como densidad, esfuerzo a la compresión confinada, esfuerzo a la tensión confinada, porosidad, permeabilidad, deformabilidad y consistencia. Para definir el grado de meteorización de las rocas se utilizaron los perfiles generalizados de Deere y Patton (1971) y Dearman (1974, 1991).

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

7.2.2.1 Suelo Transportado Aluvial (Sta)

En unidad se encuentra constituida principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas, en la parte superior se ha desarrollado un perfil de meteorización cuyos fragmentos líticos presentan meteorización grado IV, que afecta hasta 1 metro. En donde se desarrolló un suelo arcillo-arenoso de color marrón a amarillo rojizo.

En la figura posterior se observa, grandes cantidades de pasto de diferentes colores, zonas rojas probablemente por el contenido de hierro de las arcillas, con pastos, rastrojos y algunos árboles de gran tamaño.



Figura N° 20. Suelo transportado Aluvial – Sta.



Fuente. Planeación y Desarrollo (Torres, 2017).

7.3 Geomorfología

La identificación y clasificación de geformas se hace teniendo en cuenta la forma del relieve y su génesis, ya que cada unidad representa zonas homogéneas cuyo comportamiento mecánico es diferente, respecto a los agentes degradacionales que modelan y modifican el paisaje.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Debido a la escala 1:100.000 los procesos morfodinámicos en el mapa geomorfológico se generalizan en algunos sectores mediante las siglas FRM (Fenómenos de Remoción en Masa), debido a que involucra más de un tipo de evidencias tales como: deslizamientos, flujos de tierra y procesos erosivos.

- **MORFOGRAFIA:** Se define como el análisis de las formas de ladera, los interfluvios, y valles fluviales.
- **MORFODINÁMICA:** Análisis de los procesos de tipo denudativo, tales como movimientos en remoción en masa, fenómenos erosivos, inundaciones, neotectónica y la influencia de factores antrópicos generadas por el hombre por el uso inapropiado del suelo.
- **MORFOESTRUCTURALES:** Análisis de las formas de tipo estructural (Litología y tectónica), que dominan el relieve.



El análisis geomorfológico se utilizó la metodología del ITC de Holanda (Verstappen y Van Zuidam (1975), Verstappen, 1983 y Van Zuidam; con modificaciones y jerarquización geomorfológica adoptada por Ingeominas (2002) con base en la propuesta hecha por Velásquez, (1999), ajustada por Carvajal (2002), Carvajal (2003), Carvajal y otros (2003) y Carvajal (2005), el cual relaciona la escala de trabajo, génesis, ambientes morfogenéticos.

Se realizó una investigación geomorfológica a partir de fotografías aéreas. La interpretación de elementos geomorfológicos se hace necesaria para la realización de estudios detallados a escala 1:25000, a partir de la cual ciertos datos pueden ser usados para investigaciones geológicas más profundas (Paleosísmicas, hidrogeológicas, amenazas ambientales, entre otros).

En la elaboración del plano se tuvo en cuenta una leyenda diseñada de tal forma que puede ser usada en estudios profundos, analizando la interpretación entre las diferentes características, tales como área, relieve general, forma de la pendiente y origen, entre otras.

7.3.1 Marco General

Los geomorfólogos se han interesado por muchas décadas en el desarrollo de los diferentes tipos de geoformas, los cuales han sido estudiados y explicados desde el punto de vista de su forma geométrica y de su origen o de los procesos

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

que las han originado. De esta forma, la geomorfología es una disciplina que juega un papel importante en la identificación de los procesos que le dan forma al paisaje, muchos de los cuales permiten predecir la evolución de los mismos y su comportamiento

7.3.2 Indicadores Geomorfológicos

Los indicadores geomorfológicos denotan aspectos relacionados con la forma y morfometría del paisaje que permiten deducir el origen, su evolución y posibles amenazas que lo modifiquen.

Formas del paisaje tales como depresiones, lagos de falla, abertura de grietas y prominentes escarpes, sugieren reciente desplazamiento de las fallas y constituyen contundentes indicadores de trazos activos de las fallas. Colinas residuales, escarpes denudacionales, cuerpos de deslizamiento, cárcavas, tierras malas, terracetos, entre otros, representan ciclos de denudación del paisaje.

Cauces actuales, planicies de inundación, terrazas y otras geoformas relacionadas con la actividad aluvial, demuestran el poder erosivo y de depositación de las corrientes fluviales.



7.3.3 Elementos Geomorfológicos

Son las geoformas más pequeñas del terreno que pueden ser presentadas en un mapa a escala 1:25000 Una de las aplicaciones más importantes se relaciona con trabajos detallados sobre modelos de inestabilidad de laderas. (Ver anexo Mapa Geomorfológico)

7.3.3.1 Pendientes

La pendiente de un terreno se relaciona con una morfología y dinámica de todas las formas del relieve, todas ellas tienen un umbral límite que clasifica o jerarquiza de acuerdo con su geometría, es decir, la pendiente constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno.

La pendiente del terreno es uno de los parámetros que más utilizamos sin darnos cuenta cuando hablamos de lo que no cuesta subir una cuesta empinada en la

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

ladera de una montaña o, lo que cuesta un automóvil o una persona subir un terreno empinado. De su correcto conocimiento depende muchas infraestructuras planificadas por los ingenieros: carreteras, reforestaciones, restauraciones, hidrogeológicas, etc. (Zuñiga, Henry, 2010).

El concepto de pendiente en sí, es la relación que existe entre el desnivel (Y), y la distancia en horizontal (X) que debemos recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados. Su aplicación al terreno se basa en el control del desnivel en el existente en una ladera (Y) mediante las cotas, y su variación en el espacio (Zuñiga, Henry, 2010).

La caracterización de pendientes del terreno no indica las posibilidades y limitantes en toda la gama de actividades que podemos llevar a cabo en el territorio de una manera ordenada, minimizando el riesgo y paliando las amenazas naturales.

Depende bastante de la precisión en la demarcación y limitación o acotamiento de áreas productivas y en las áreas que ofrecen algunos bienes y servicios ambientales. Este es el resultado en mucho de los casos de la zonificación en rangos de pendientes en porcentajes en la determinación de la capacidad de carga, del territorio. Con el uso de esta técnica se evidencia en entornos urbanos y rurales, cuando se adelantan actuaciones relacionadas con el ordenamiento territoriales. Al aplicar técnicas para la zonificación de pendientes del terreno en la organización física espacial de los entes territoriales, se puede describir el territorio, sus potencialidades y posibles fenómenos de amenazas.

Dentro del paso elevado se encuentra alturas mínimas de 55 m.s.n.m., las cuales corresponde a la cota más baja que limita con lecho del Caño Salado y su cota máxima de 65 m.s.n.m., en proximidades al alineamiento de la vía Astillero – Petrolea, Tibú.

Para la elaboración del plano temático de pendientes deberán utilizarse los rangos de pendientes propuestos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) que se describen a continuación.

Tabla 5. Rango de Pendientes.

SÍMBOLO	GRADIENTE %	DESCRIPCIÓN
a	0-3	Plano
b	3-7	Ligeramente inclinado
c	7-12	Moderadamente inclinado
d	12-25	Fuertemente inclinado
e	25-50	Ligeramente escarpado
f	50-75	Moderadamente escarpado
g	>75	Fuertemente escarpado

Fuente. Instituto Geográfico Agustín Codazzi(IGAC).

7.3.3.2 **Geoformas de Origen Fluvial**

Geoformas derivadas de la actividad agradacional y degradacional de las corrientes. Se incluyen cauces actuales de las corrientes y niveles de terrazas dejadas por sedimentación y eventos fluvio-torrenciales.

7.3.3.2.1 **Cauce Activo (Fca)**

Se realizó esta delimitación, para separar los cauces aluviales activos de la zona de inundación, en esta unidad se incorporaron las quebradas y caños, los cuales presentan forma de canal irregular excavados por erosión de las corrientes perenes o estacionales, dentro de sedimentos aluviales de tamaño arcilla, arena y en menor proporción gravas

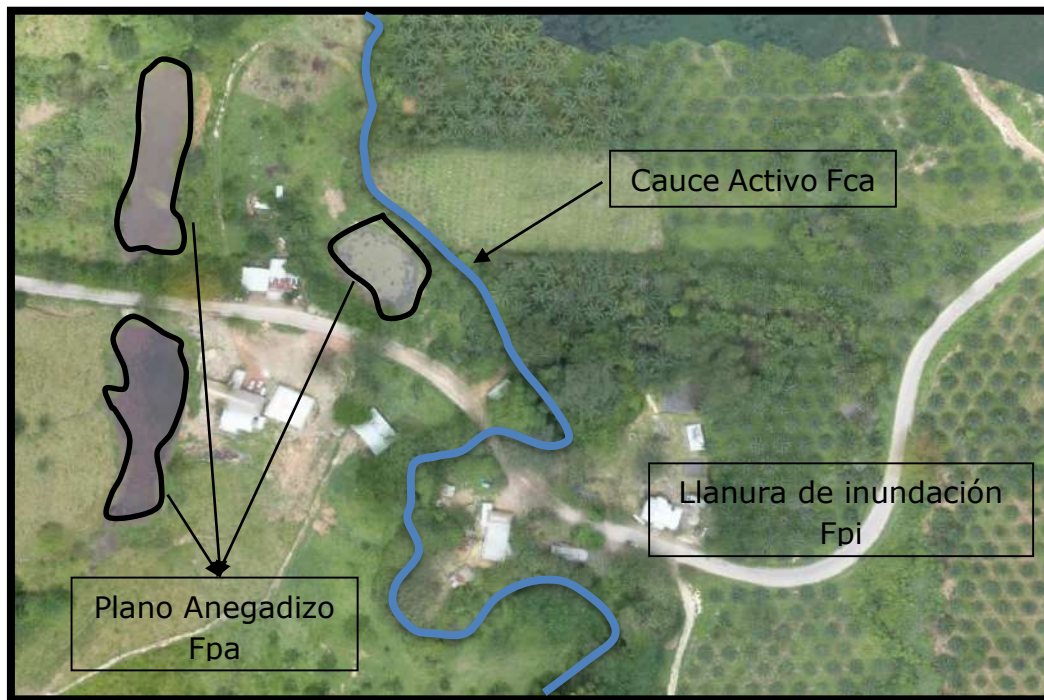
7.3.3.2.2 **Plano O Llanura De Inundación (Fpi)**

Esta unidad está constituida por una superficie relativamente baja, plana a ondulada y generalmente inundable, desarrollada bordeando los cauces actuales y sus afluentes. Están compuestas de sedimentos no consolidados, que se erosionan durante las inundaciones y crecidas los caños o quebradas, o pueden ser el lugar donde se depositen nuevos depósitos de lodo, arena y limo. Su origen está relacionado con la depositación de sedimentos finos y gruesos durante eventos de inundación

7.3.3.2.3 Plano Anegadizo (Fpa)

En esta unidad se incluyeron también los cuerpos de aguas naturales y artificiales presentes, los planos anegadizos se refieren a una superficie plana a casi plana e irregular en forma de artesa con pendiente suave. Se localiza en áreas planas mal drenadas. Su origen está relacionado con procesos de encharcamiento temporal que de manera general. Su depósito está constituido por sedimentos finos y en donde ocurren procesos de inundación temporal en épocas de lluvias, debido a la baja permeabilidad de los suelos, bajas pendientes que no permiten que las aguas superficiales se infiltren o escurran.



Figura N° 21. Aerofotografía Puente 9 – Caño Salado



Fuente. Planeación y Desarrollo (Modificado Estepa, 2017).

7.4 Hidrogeología

Los componentes litológicos son heterogéneos texturalmente hablando, compuesto por gravas, arenas, arcillas, limos, Permeabilidades medias a altas. Se clasifica de forma general como un acuífero regular (ver capítulo de Hidrogeología)

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

7.5 Amenazas



El corredor vial se encuentra localizado sobre la parte noreste de la cordillera oriental de Colombia. Su topografía está dominada por zonas en su gran mayoría planas, pero con regiones montañosas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y de meteorización tales como las lluvias, los vientos y los cambios de temperatura característicos de las condiciones climáticas del trópico, que hacen una zona susceptible altamente a la acción de eventos severos de erosión, fenómenos de remoción en masa, inundaciones e incendios forestales. La evaluación se fundamenta en el método heurístico, el cual se basa en el análisis de los procesos geomorfológicos que actúan sobre el terreno, el mapeo de los procesos, los factores ambientales que afectan directamente e indirectamente la inestabilidad de las laderas, estimación de las relaciones entre los factores y los fenómenos de inestabilidad y la clasificación del terreno en dominios de diferente grados de susceptibilidad de acuerdo con las relaciones detectadas, en combinación con el enfoque analítico (Hansen, 1984), en el que se elabora el mapa temático, el cual se evalúa y se integran para alcanzar una evaluación general del área de estudio. (ver plano de amenazas)

7.5.1 Amenaza por Inundación

Las zonas que presentan amenaza por inundación se caracterizan por presentar un relieve muy suave, con pendiente inferiores a los 12°, y suelos predominantemente arcillosos poco permeables, las condiciones hidrológicas de la zona son según el IDEAM 2008 son de alta pluviosidad (3.001-7.000 mm/año) y humedad relativa del 83% clasificado como un clima Cálido Muy Húmedo, dentro de estas zonas se encuentran las unidades geomorfológicas planos anegadizos, cauces activos y llanuras de inundación. Dependiendo de la intensidad y la gravedad se clasifica en: Amenaza Alta por Inundación – Aai, Amenaza Media por Inundación – Ami, y Amenaza Baja por Inundación – Abi Para el puente 1 y su alrededor de forma general se presenta una Amenaza Alta por inundación (Aai). y Amenaza Media por Inundación (Ami)

7.5.2 Amenaza Sísmica

La actividad tectónica en Colombia ha tenido manifestaciones severas. Es un país con una alta amenaza sísmica y volcánica. Varios de los más graves desastres ocurridos en Suramérica han ocurrido en Colombia. Terremotos,

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

erupciones volcánicas que han causado un número importante de víctimas se han reportado desde épocas de la colonia.

Debido a que la mayoría de la población colombiana se encuentra concentrada en grandes ciudades localizadas en las zonas de mayor amenaza o peligro y debido tanto a la acción del hombre como al proceso de industrialización de los últimos años, el potencial de desastre natural o de origen antrópico resulta significativamente alto para el país. Colombia en su historia ha sufrido diversos eventos notables

Ante la ausencia de una microzonificación sísmica en el área metropolitana de Cúcuta se estimará la amenaza sísmica a partir del análisis comparativo entre una evaluación de tipo determinístico con base en más de 50 sismos históricos e instrumentales recopilados, y el valor establecido por la NSR-10. Antes se presentará una revisión de los parámetros de Amenaza sísmica representado en el coeficiente de aceleración sísmica pico efectivo (Aa) de la NSR-10 y el coeficiente de aceleración pico del terreno (PGA) CCP-14.

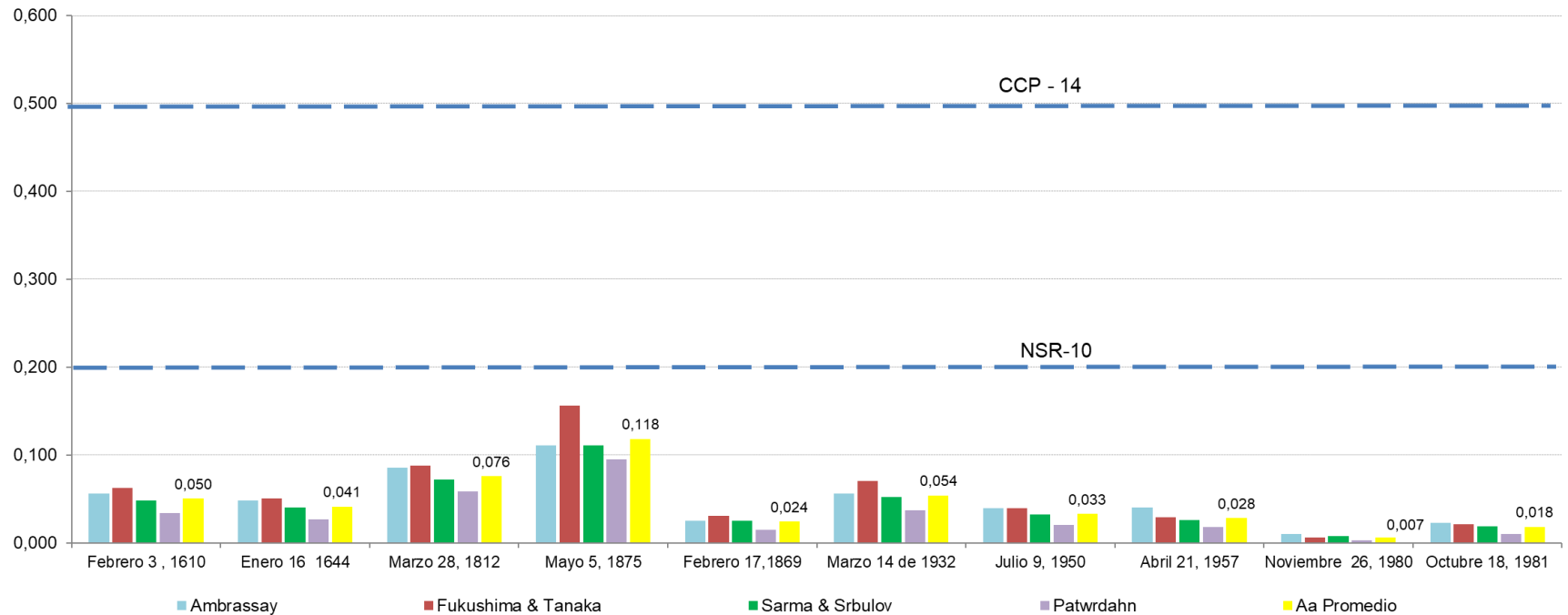
Tabla 6. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos

Descripción del Sismo	Ambrassy	Fukushima & Tanaka	Sarma & Srbulov	Patwardhn	Aa Promedio
Febrero 3 , 1610	0,056	0,062	0,048	0,034	0,050
Enero 16 1644	0,048	0,050	0,040	0,027	0,041
Marzo 28, 1812	0,085	0,088	0,072	0,058	0,076
Mayo 5, 1875	0,111	0,157	0,111	0,095	0,118
Febrero 17,1869	0,025	0,030	0,026	0,015	0,024
Marzo 14 de 1932	0,056	0,071	0,052	0,037	0,054
Julio 9, 1950	0,039	0,040	0,033	0,020	0,033
Abril 21, 1957	0,040	0,029	0,026	0,018	0,028
Noviembre 26, 1980	0,010	0,006	0,007	0,003	0,007
Octubre 18, 1981	0,023	0,021	0,019	0,010	0,018



Fuente. Atlas Microsísmico Ingeominas, Documentos FUNVISIS, Documentos FUNDAPRIS; Documentos Laboratorio Geofísico ULA. (Barrera, 2017)

En la posterior figura se observa el comparativo de los sismos históricos y/o representativos de la zona, entre la NSR – 10 (Norma Sismo Resistente) y CCP – 14 (Código Colombiano de Puentes 2014). Es indispensable aplicar el código de puentes, por aplicabilidad y filosofías de diseño, además está especializada para los puentes.

Figura N° 22. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos para el Puente 9.



Fuente. Planeación y Desarrollo (Barrera,2017)

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

8 TECTÓNICA

Con el propósito de unificar conceptos referentes a la tectónica se describirá por separado cada una de las planchas geológicas presentes de la Plancha 077 – Campo Dos y 078 Puerto Santander.



8.1 TECTONICA DE LA PLANCHA 077 – CAMPO DOS⁷

La Plancha 77 – Campo Dos, presenta dos estilos estructurales: uno dominado por fallas inversas que involucran el basamento en la margen occidental y cuya falla principal es la Falla Catatumbo y otro caracterizado por fallas inversas de despegue con pliegues de arrastre, en la margen este de la cuenca (plegamientos de la depresión de Sardinata). Estos estilos sugieren un ambiente de estilo compresivo en el área de la plancha. De acuerdo con las observaciones realizadas y al análisis de líneas sísmicas en la Plancha 77 – Campo Dos, existe un sistema de fallas inversas que involucra las fallas Las Mercedes, Catatumbo y Cerro Gordo además de la Falla San Pablo de buzamiento hacia el este, que se configura como la falla antitética más notoria del sistema. Se identifican fallas menores de carácter local y movimiento sinistral que constituyen el sistema antiriedel asociado al sistema regional, y que causan desplazamientos de parte de las secuencias sedimentarias y volcamientos de éstas. La siguiente figura determina el marco estructural de la Plancha 77 – Campo Dos y en ella se pueden identificar las estructuras más importantes.

8.1.1 Fallas

Las fallas mayores en el área de la Plancha 77 – Campo Dos sobresalen por su expresión geomorfológica y tienen direcciones norte-sur y noroeste principalmente. Las fallas Catatumbo, Las Mercedes, Cerro Gordo y San Pablo están asociadas al sistema de cabalgamiento que involucra al basamento en el costado oeste de la Cuenca de Catatumbo mientras las fallas San Miguel y

⁷ Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano Plancha 77 – Campo Dos. Memoria Explicativa, Pág. 200,201,204,205,207

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Leoncito se asocian al sistema de fallas inversas de despegue en la margen este de la cuenca.

8.1.1.1 Falla de Catatumbo

La Falla Catatumbo se observa desde el Norte de la plancha hasta las Mercedes. Corresponde a una estructura aproximadamente NS, de más de 70 km de largo, con buzamiento hacia el oeste, su buzamiento en superficie es casi vertical y de movimiento dextral. Su expresión geomorfológica más clara es el valle de Las Mercedes que se extiende desde el corregimiento Las Mercedes (G3) hasta la desembocadura del río Tomás en el Río de Oro (Plancha 56), además controla la dirección de los valles de las quebradas El Ahogado y Las Indias, y de un tramo del río Tibú. (Se describe este pliegue por su importancia geológica)

8.1.1.2 Falla Leoncito

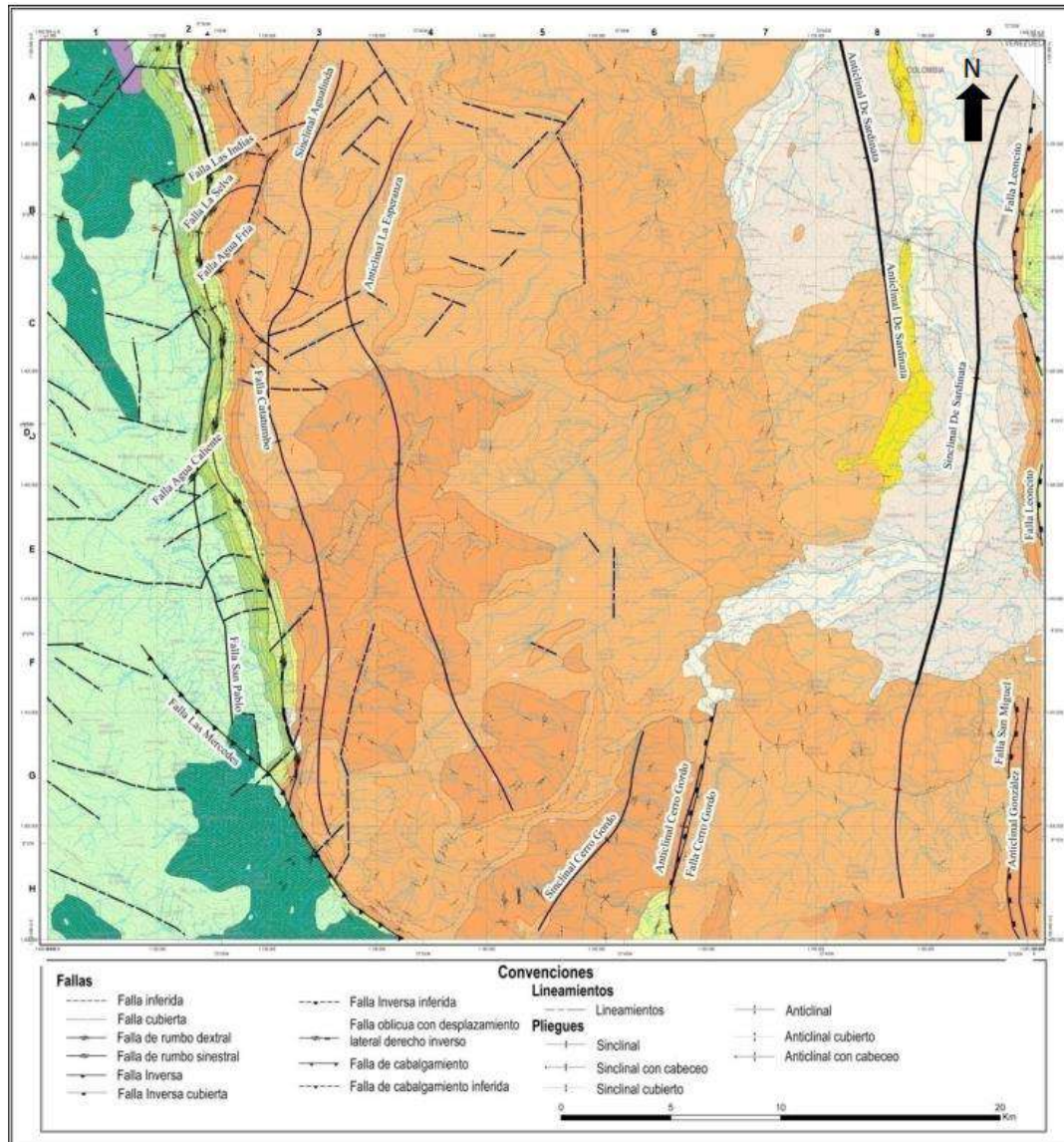
Fue definida por Suescún (1967) y se localiza en el sector este de la vereda La Rochela en la Plancha 77 – Campo Dos y continúa en el oeste de la Plancha 78 – Puerto Santander (C9, D10-E10), con una longitud mayor de 19 km. Esta falla tiene sentido N-S en la Plancha 77 – Campo Dos y va paralela al flanco W del Anticlinal de Petrólea, Esta estructura se interpreta como de cabalgamiento, con un ángulo bajo posiblemente menor a 30°, afectando, en especial, las rocas de la Formación Barco, con interrupción de la secuencia. Pertenece al sistema Carbonera, del cual hacen parte las fallas Leoncito, Las Delicias y Ambato (Plancha 78).

8.1.2 Pliegues



Los pliegues mayores en el área de la Plancha 77 – Campo Dos son los anticlinales La Esperanza, González, y Cerro Gordo y los sinclinales de Sardinata, Agualinda y Cerro Gordo. Los plegamientos La Esperanza, Agualinda y Cerro Gordo se localizan hacia el centro- oeste de la plancha y están asociados con la flexura producida por efecto de la Falla Catatumbo; mientras que los pliegues de Sardinata y González se ubican al este de la plancha y su origen se asocia con fallas de cabalgamiento producidas por una compresión en sentido este-oeste (fallas Leoncito, Carbonera y Hortensia, las dos últimas ubicadas al Este), en la Plancha 78-Puerto Santander. En la Figura 86 se presenta un perfil sísmico de las líneas CAT-76-10.5 y CAT-78-10.2 donde se puede observar el sistema

de propagación de fallas inversas típico de las estructuras asociadas a la Falla Catatumbo que causan los pliegues mayores del área.

Figura N° 23. Marco estructural de la Plancha 077 – Campo Dos y localización de líneas sísmicas y de corte.



Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano Plancha 077 – Campo Dos. Memoria Explicativa, Pág. 201.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

8.1.2.1 Sinclinal de Sardinata

Es una estructura sinclinal principal que domina toda la depresión de Sardinata. Se localiza en el este de la Plancha 77 – Campo Dos y se presenta como un sinclinal simétrico muy amplio, con flancos de bajo buzamiento, hasta 10° y eje orientado en dirección noreste, desde el costado Norte del río San Miguel, hasta Puerto Reyes. Regionalmente su eje se extiende entre el Anticlinal de Petrólea y los anticlinales de la depresión de Sardinata, cubierto por depósitos aluviales y continúa hacia el Norte hasta el Sur de Tres Bocas. Geomorfológicamente se asocia con colinas redondeadas de pendientes bajas a moderadas; por su amplitud y bajos buzamientos de sus flancos la estructura no se diferencia fácilmente; solo se destaca en la zona Sur de la Plancha 77 – Campo Dos, al Norte del río San Miguel, donde se encuentran levantadas las formaciones Carbonera y Mirador. (Se describe este pliegue por su cercanía relativa al proyecto)

8.2 TECTONICA DE LA PLANCHA 078 – PUERTO SANTANDER⁸

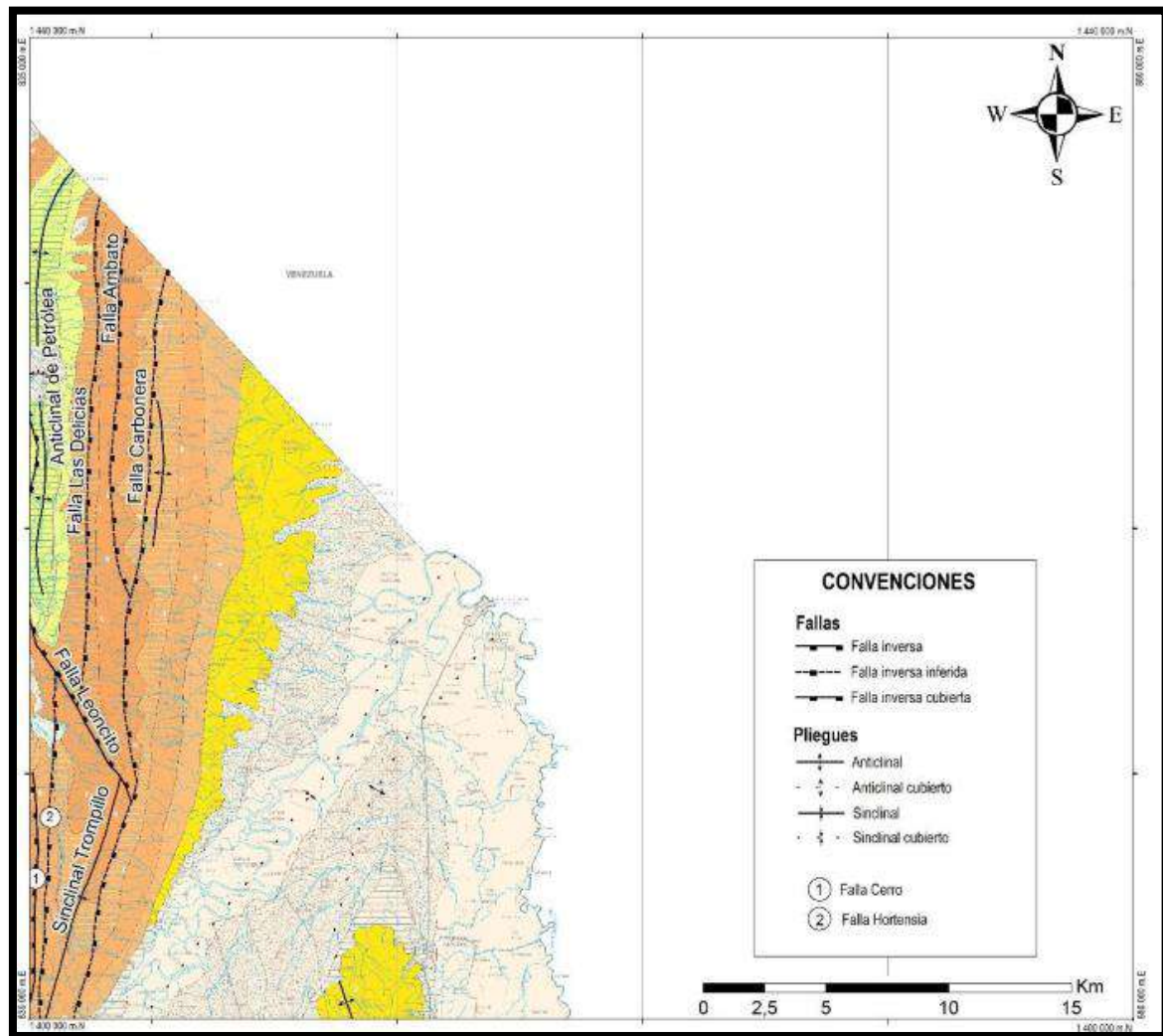
Una tectónica compresiva (E-W a NW-SE) definida por fallas inversas y pliegues por propagación de fallas, con direcciones NS – NE, definen el estilo estructural de la Plancha 78 – Puerto Santander. Las fallas tienen dirección aproximada NS y NW, son de carácter inverso. Los pliegues del área oeste son principalmente observables en rocas del Cretácico Superior y del Paleoceno, como el anticlinal de Petrólea, el cual tiene una dirección NNE–SSW, con el flanco este de bajo ángulo, afectando rocas de las formaciones Colón-Mito Juan, Catatumbo, Barco, Los Cuervos y Mirador; hacia el Este las capas de estas formaciones presentan buzamiento alto. Los pliegues sinclinales afectan localmente rocas del Paleógeno y Neógeno, como las de las formaciones Los Cuervos, Mirador, Carbonera y León. Este tipo de estructuras es el resultado del régimen compresivo en la zona, el cual se genera como respuesta al empuje hacia el occidente del bloque Maracaibo contra el bloque Norandino, desde el Plioceno.

⁸ Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano Plancha 778– Campo Dos. Memoria Explicativa, Pág. 105,106,108,110



8.2.1 Fallas

Constituyen en el rasgo tectónico más importante en el área; definidas a partir de datos y observaciones de campo, así como de imágenes de satélite y de fotointerpretación.

Figura N° 24. Marco estructural de la Plancha 078 – Puerto Santander.



Fuente. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano Plancha 078 – Puerto Santander. Memoria Explicativa, Pág. 106



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

8.2.1.1 Falla Las Delicias

Esta falla atraviesa el sector noroeste de la Plancha 78, en la finca Las Delicias (B1-F1); tiene expresión local, generando un escarpe de aproximadamente 30 m de alto que se extiende por más de 20 km en sentido N-S en la parte norte y en sentido NNW hacia el sur, es de carácter inverso, con vergencia al E. Esta estructura se deriva de la Falla Carbonera y hace parte de un grupo de fallas en forma de abanico. En superficie sigue la parte media de la Formación Barco, generando un retrocabalgamiento de la misma. En uno de los cortes presentados en el trabajo de Pedraza & Ramírez (2011) sobre el Anticlinal de Petróleá, se interpreta esta falla, como de cabalgamiento de bajo ángulo, la cual presenta una zona de despegue en profundidad sin afectar el basamento; generada por el régimen compresivo presente en el área. Esta estructura levanta considerablemente el flanco oriental del Anticlinal de Petróleá. Hacia el Occidente del anticlinal y en la interpretación de Pedraza & Ramírez (2011), se presentan estructuras inversas, las cuales afectan levemente la secuencia cretácica y cenozoica.

8.2.1.2 Falla Leoncito

Definida por Suescún (1967), localizada en el sector centro-oeste de la Plancha 78 y continúa hacia el centro-este de la Plancha 77 (G1, F1 y E1), por más de 25 km de longitud. Esta falla es de sentido N-S en la Plancha 77 siguiendo paralela al flanco W del Anticlinal de Petróleá, luego gira hacia el SE en la Plancha 78, cruzando el sector sur del anticlinal e interrumpe las formaciones Colón-Mito Juan, Catatumbo, Barco y Los Cuervos. Esta falla, con una vergencia al Este, afecta las formaciones Barco y Catatumbo generando un cambio en la dirección de los estratos, pasando de rumbo NS en el anticlinal de Petróleá a NW. Esta situación se observa en la vereda La Valera, en donde los estratos al Norte de la falla, buzanan hacia Sureste y los del bloque sur hacia el Suroccidente. La falla tiene expresión local y en el sector El Leoncito controla un tramo del caño El Taladro y cruza las quebradas El Empalme y Pozo Azul. En fotografías aéreas se puede seguir por una extensión aproximada de 8 km. Se interpreta como una estructura derivada de una falla más grande, en este caso la Falla Carbonera, la cual en el sector de la vereda Leoncito, se abre en abanico, generando 3 estructuras asociadas, las cuales son las fallas Leoncito, Las Delicias y Ambato. La Falla Leoncito en el sector de la Mina Altamira, presenta una disposición N40°W, con buzamiento vertical.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Cada una de las fallas Probablemente no tiene afectación directa local, pero si regionales.

8.2.2 Pliegues



La Plancha 78 – Puerto Santander presenta varios pliegues importantes, entre ellos un pliegue anticlinal en el costado noroccidental, el cual deriva su nombre por el corregimiento de Petrólea, que desde hace años ha sido blanco de diferentes compañías petroleras para la extracción de crudo y gas. A continuación, se describen los aspectos más importantes de este anticlinal.

8.2.2.1 Anticlinal de Petrólea



Inicialmente definido por Notestein et al. (1944); este anticlinal es una estructura complejamente fallada, estrecha, asimétrica cuyo eje tiene dirección norte-sur y presenta capas de alto buzamiento a tumbadas en su flanco oeste y suavemente inclinadas en el flanco este. Aparece al noroeste de la Plancha 78 y en el límite noreste de la Plancha 77, directamente al norte del anticlinal González, pero no como su continuidad, sino como una estructura diferente, definida en el corregimiento de Petrólea (B1-E1). La dirección de la estructura varía entre N15°E y N15°W; los buzamientos de las capas en el flanco oeste son de 50° a 75°, mientras que en el flanco este la inclinación varía de 10° a 20°. Presenta dos altos locales que denominados como Domo Petrólea Norte y Domo Petrólea Sur. Geomorfológicamente es un anticlinal con relieve invertido, ya que su eje ha sido erodado y prevalecen sus flancos. El flanco oeste se presenta como una franja alargada y discontinua de colinas que alcanzan hasta 230 msnm, mientras que el este se presenta como una cresta montañosa continua, orientada norte-sur, con una expresión topográfica más relevante, que alcanza alturas superiores a los 450 msnm, contrastando con una zona semiplana a ligeramente ondulada que constituye el eje del anticlinal, donde las alturas oscilan entre 70 y 100 msnm. Afecta las secuencias cretácicas y cenozoicas, como la Formación Capacho Colón-Mito Juan en su núcleo y las formaciones Catatumbo, Barco, Los Cuervos y Mirador, en sus flancos.

8.2.2.2 Pliegues Menores

Corresponden a pliegues locales sinclinales y anticlinales no cartografiados para la escala del trabajo actual, los cuales se encuentran en las veredas Carbonera

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

y La Silla, entre otros; afectan secuencias sedimentarias blandas de las formaciones cretácicas y paleógenas.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

9 AMENAZAS

El corredor vial se encuentra localizado sobre la parte noreste de la cordillera oriental de Colombia. Su topografía está dominada por zonas en su gran mayoría planas, pero con regiones montañosas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y de meteorización tales como las lluvias, los vientos y los cambios de temperatura característicos de las condiciones climáticas del trópico, que hacen una zona susceptible altamente a la acción de eventos severos de erosión, fenómenos de remoción en masa, inundaciones e incendios forestales.

La evaluación se fundamenta en el método heurístico, el cual se basa en el análisis de los procesos geomorfológicos que actúan sobre el terreno, el mapeo de los procesos, los factores ambientales que afectan directamente e indirectamente la inestabilidad de las laderas, estimación de las relaciones entre los factores y los fenómenos de inestabilidad y la clasificación del terreno en dominios de diferente grados de susceptibilidad de acuerdo con las relaciones detectadas, en combinación con el enfoque analítico (Hansen, 1984), en el que se elabora el mapa temático, el cual se evalúa y se integran para alcanzar una evaluación general del área de estudio. (ver plano de amenazas)

Desde el punto de vista de amenazas naturales en el municipio encontramos las siguientes

9.1.1 AMENAZA SÍSMICA

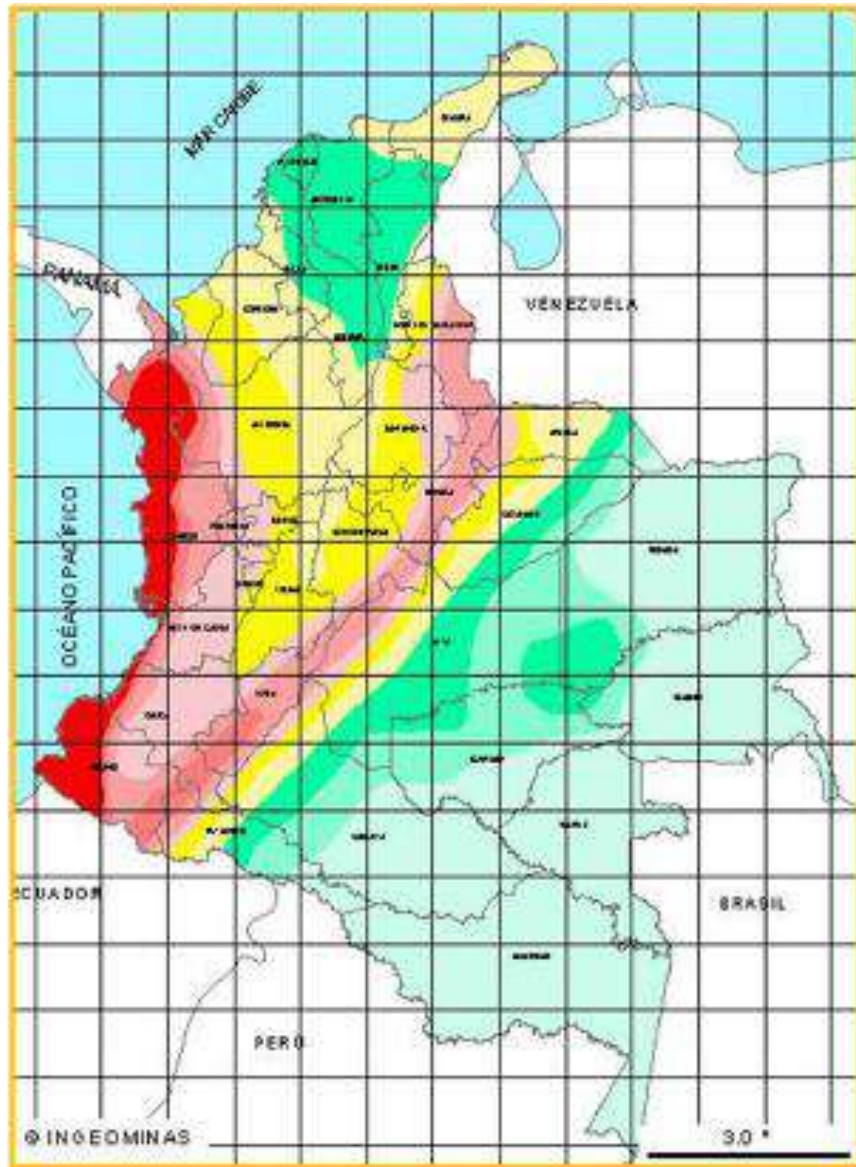
La actividad tectónica en Colombia ha tenido manifestaciones severas. Es un país con una alta amenaza sísmica y volcánica. Varios de los más graves desastres ocurridos en Suramérica han ocurrido en Colombia. Terremotos, erupciones volcánicas que han causado un número importante de víctimas se han reportado desde épocas de la colonia.

Debido a que la mayoría de la población colombiana se encuentra concentrada en grandes ciudades localizadas en las zonas de mayor amenaza o peligro y debido tanto a la acción del hombre como al proceso de industrialización de los últimos años, el potencial de desastre natural o de origen antrópico resulta significativamente alto para el país. Colombia en su historia ha sufrido diversos

eventos notables, La siguiente figura presenta un mapa a nivel nacional de la amenaza sísmica y el gráfico muestra el panorama de amenaza sísmica definido por la Norma de Sismo Resistente del 2010 – NSR 10.

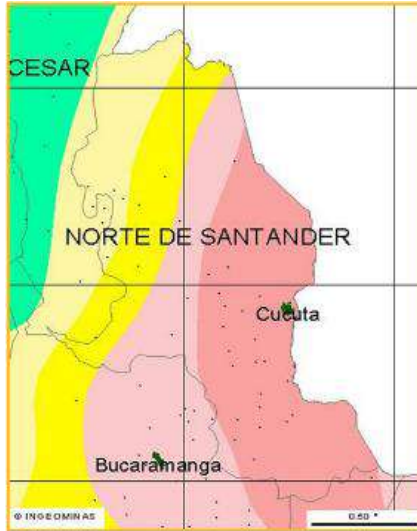
En los mapas podemos observar como la región de Norte de Santander se localiza en una zona de alta a media de amenaza sísmica.

Figura N° 25. Mapa a Nivel Nacional de la Amenaza Sísmica.



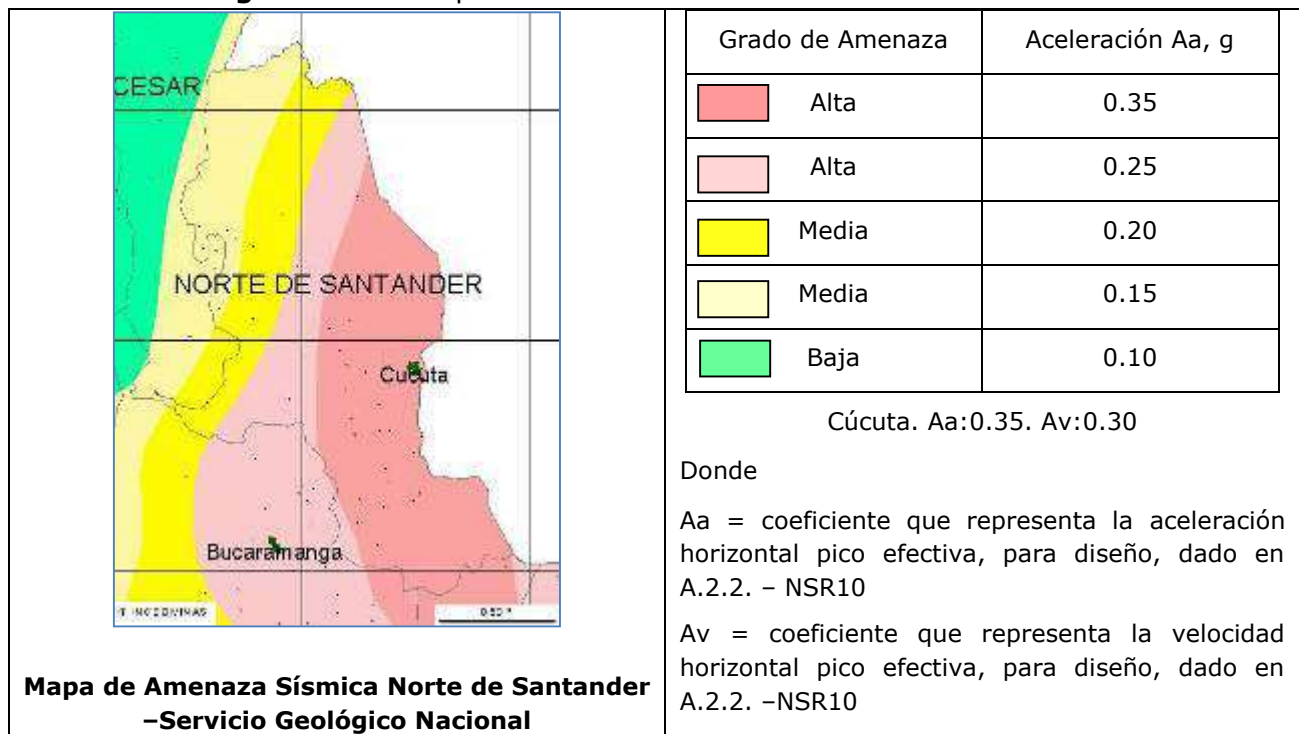
Fuente. Servicio Geológico Nacional. (2017).

Figura N° 26. Mapa de Amenaza Sísmica Colombia





Fuente. Servicio Geológico Nacional. (2017).

Figura N° 27. Mapa de Amenaza Sísmica de Norte de Santander.



Fuente. Grafica Tomada Del Plan De Manejo Del Riesgo Del Municipio De San José De Cúcuta.

“Según la norma colombiana de construcciones sismo resistentes, el departamento Norte de Santander se encuentra localizado en una zona donde la

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

amenaza sísmica va desde baja a alta, específicamente para el territorio del Municipio San José de Cúcuta y su Área Metropolitana la amenaza sísmica es alta con los siguientes valores de Aa y Av para la ciudad capital Cúcuta”⁹.

Tabla 7. Parámetros de índice de Susceptibilidad.

RANGO DE COLORES	Parámetro de amenazas	categoría
	5	Alta
	3	Media
	1	Baja

Fuente. Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2013).

Las áreas de amenazas son representadas en el mapa definitivo de acuerdo a la opinión de expertos, mediante una clasificación cualitativa: Baja, Media y Alta, y algunas consideraciones relacionadas con la expectativa de deslizamiento.



Para la zonificación se generaron mapas índices que involucran diferentes factores característicos del área como: Geología, Geomorfología, Pendientes y Zonas Inestables.

Los movimientos en masa son el resultado de la interacción de factores intrínsecos del terreno que lo predisponen hacia una situación de inestabilidad, con factores extrínsecos al terreno (detonantes) que generan o desencadenan una amenaza, en este caso específico los movimientos en masa.

Los movimientos en masa detonados por lluvias, sismos y/o procesos antrópicos que se desarrollan sobre las laderas, desestabilizándolas, generan desastres que causan daños incluyendo pérdidas: en vidas humanas, ambientales y económicas que impactan el desarrollo del municipio.

Las modelaciones para la zonificación de amenaza por movimientos en masa se pueden adoptar de acuerdo con los requerimientos en niveles preliminares, intermedio o avanzado, con lo cual se puede definir un procedimiento heurístico, estadístico, estocástico o determinístico, es decir puede dárseles diferentes enfoques y metodologías. Generalmente, se considera necesario contar con un

⁹ Plan De Manejo Del Riesgo Del Municipio De San José De Cúcuta

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

análisis de la distribución temporal y espacial de movimientos en masa que permita estimar probabilidades de ocurrencia de los mismos.

La evaluación sísmica descrita anteriormente basada en Norma Sismo Resistente 2010, y con el plano de amenazas del Servicio Geológico Colombiano –SGC, las aceleraciones máximas y cada uno de sus coeficientes están conceptuados especialmente para edificaciones, siendo esencial para los pasos elevados referirse en el Código Colombiano de Puente del 2014 – CCP-14, Sección 3- Carga y Factores de Carga, Efectos sísmicos, donde¹⁰:

El procedimiento general debe usar el coeficiente de Aceleración Máximo del Terreno (PGA), y los coeficientes de periodo corto de tiempo y periodo largo de tiempo (S_s y S_l) de las figuras según corresponda, o de los valores o mapas especiales aprobados por la entidad contratante del diseño y o construcción.

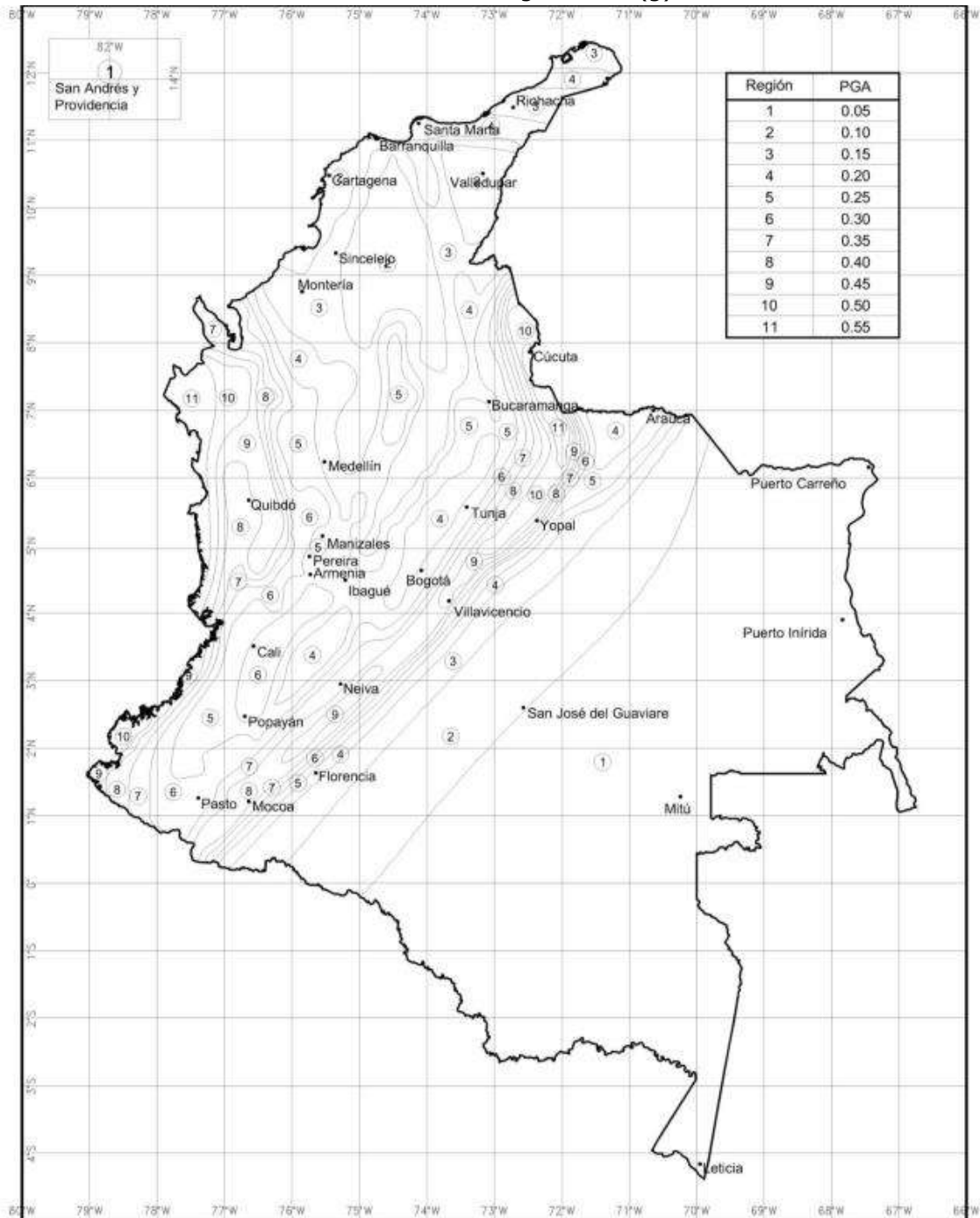
Debe usarse una interpolación lineal para sitios ubicados entre líneas de contorno o entre una línea de contorno y un mínimo local o un valor máximo local.

Los efectos locales deben incluirse dentro de la descripción del sismo de diseño según el tipo de perfil de suelo como se defina. Cada uno de los componentes necesarios se obtienen de las posteriores figuras.

Se considera que el coeficiente de aceleración pico del terreno PGA del CCP-14, tiene una similitud teórica (definición) con el coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva A_a del NSR-10.

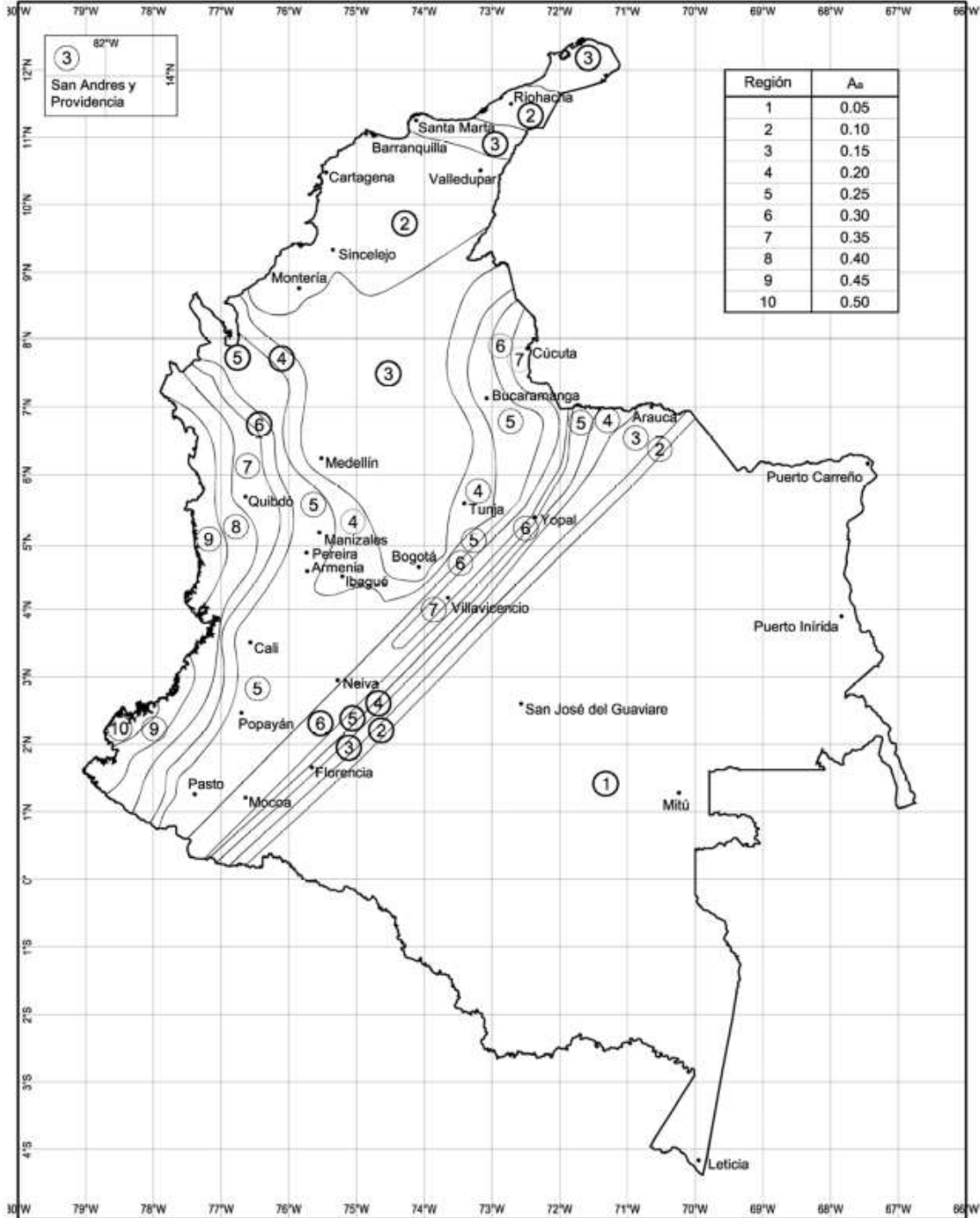
¹⁰ Código Colombiano de Puentes 2014 – CCP 14, Sección 3- Cargas y Factores de Carga, Amenazas Sísmica, Pág. 46

Figura N° 28. Mapa de Valores PGA, con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (Aproximadamente 1000 años de periodo promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g)





Fuente. CCP – 14, Sección 3 - Cargas y Factores de Carga, Amenaza sísmica, Pág. 47.

Figura N° 29. Mapa de Valores Aa.



Fuente. NSR – 10, Título A – Capitulo A.2 Zonas de Amenazas Sísmicas y movimientos sísmicos de diseño, Pág. 17.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

Ante la ausencia de una microzonificación sísmica en el área metropolitana de Cúcuta se estimará la amenaza sísmica a partir del análisis comparativo entre una evaluación de tipo determinístico con base en más de 50 sismos históricos e instrumentales recopilados, y el valor establecido por la NSR-10. Antes se presentará una revisión de los parámetros de Amenaza sísmica representado en el coeficiente de aceleración sísmica pico efectivo (A_a) de la NSR-10 y el coeficiente de aceleración pico del terreno (PGA) CCP-14.

Tabla 8. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos
Puente 5.

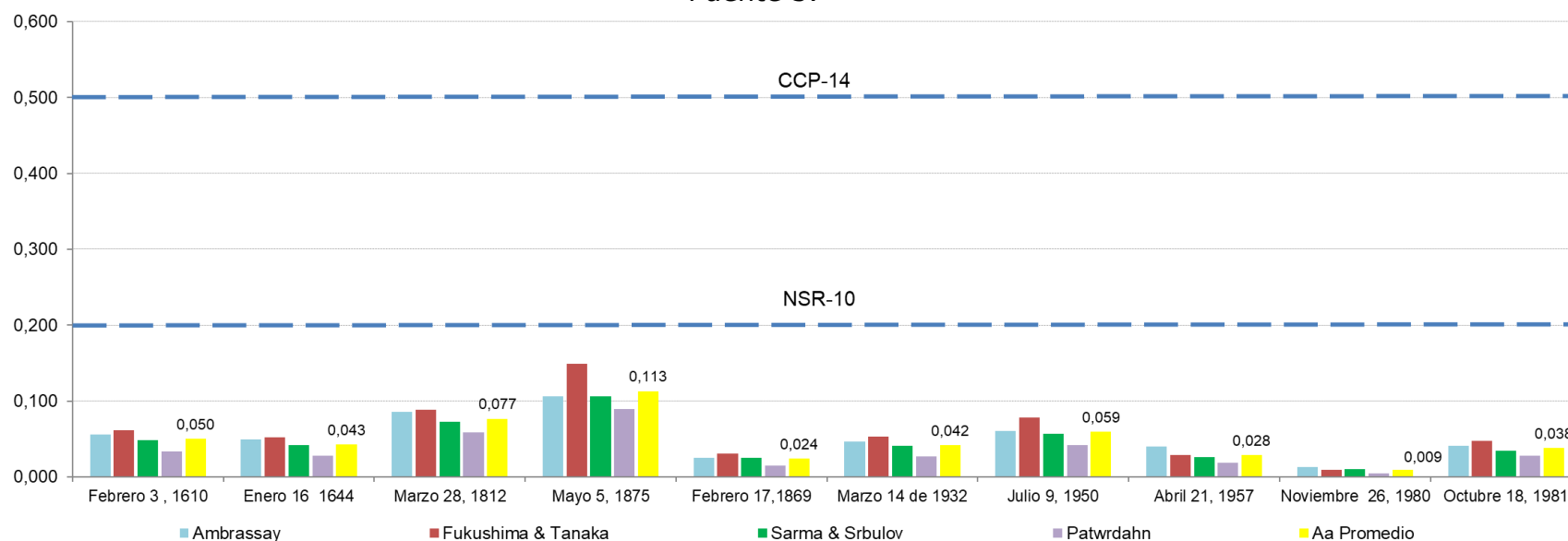
Descripción del Sismo	Ambrassay	Fukushima & Tanaka	Sarma & Srbulov	Patwrdahn	A_a Promedio
Febrero 3 , 1610	0,056	0,062	0,048	0,034	0,050
Enero 16 1644	0,049	0,053	0,042	0,028	0,043
Marzo 28, 1812	0,086	0,089	0,073	0,059	0,077
Mayo 5, 1875	0,106	0,150	0,106	0,090	0,113
Febrero 17,1869	0,025	0,030	0,026	0,015	0,024
Marzo 14 de 1932	0,047	0,053	0,041	0,027	0,042
Julio 9, 1950	0,061	0,078	0,056	0,042	0,059
Abril 21, 1957	0,040	0,029	0,026	0,018	0,028
Noviembre 26, 1980	0,013	0,009	0,010	0,005	0,009
Octubre 18, 1981	0,041	0,047	0,035	0,028	0,038

Fuente. Atlas Microsísmico Ingeominas, Documentos FUNVISIS, Documentos FUNDAPRIS; Documentos Laboratorio Geofísico ULA. (Barrera, 2017)

La estimación de aceleración de roca se realiza para el puente cinco, punto equidistante con los puentes 1 al 10. Y el puente 12 para los puentes 11 al 13.

En la posterior figura se observa el comparativo de los sismos históricos y/o representativos de la zona, entre la NSR – 10 (Norma Sismo Resistente) y CCP – 14 (Código Colombiano de Puentes 2014). Es indispensable aplicar el código de puentes, por aplicabilidad y filosofías de diseño, además está es especializada para los puentes.

Figura N° 30. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos, Con Norma CCP-14 y NSR 10, Puesto 5.



Fuente. Planeación y Desarrollo (Barrera,2017)



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

Tabla 9. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos Puente 12.

Descripción del Sismo	Ambrassa y	Fukushim a & Tanaka	Sarma & Srbulov	Patwrdah n	Aa Promedio
Febrero 3 , 1610	0,054	0,057	0,045	0,031	0,047
Enero 16 1644	0,046	0,047	0,038	0,025	0,039
Marzo 28, 1812	0,082	0,082	0,068	0,055	0,071
Mayo 5, 1875	0,103	0,143	0,102	0,085	0,108
Febrero 17,1869	0,025	0,030	0,026	0,015	0,024
Marzo 14 de 1932	0,052	0,062	0,046	0,032	0,048
Julio 9, 1950	0,039	0,039	0,032	0,020	0,032
Abril 21, 1957	0,039	0,027	0,025	0,018	0,027
Noviembre 26, 1980	0,009	0,005	0,007	0,002	0,006
Octubre 18, 1981	0,021	0,018	0,017	0,009	0,016

Fuente. Atlas Microsísmico Ingeominas, Documentos FUNVISIS, Documentos FUNDAPRIS; Documentos Laboratorio Geofísico ULA. (Barrera, 2017)

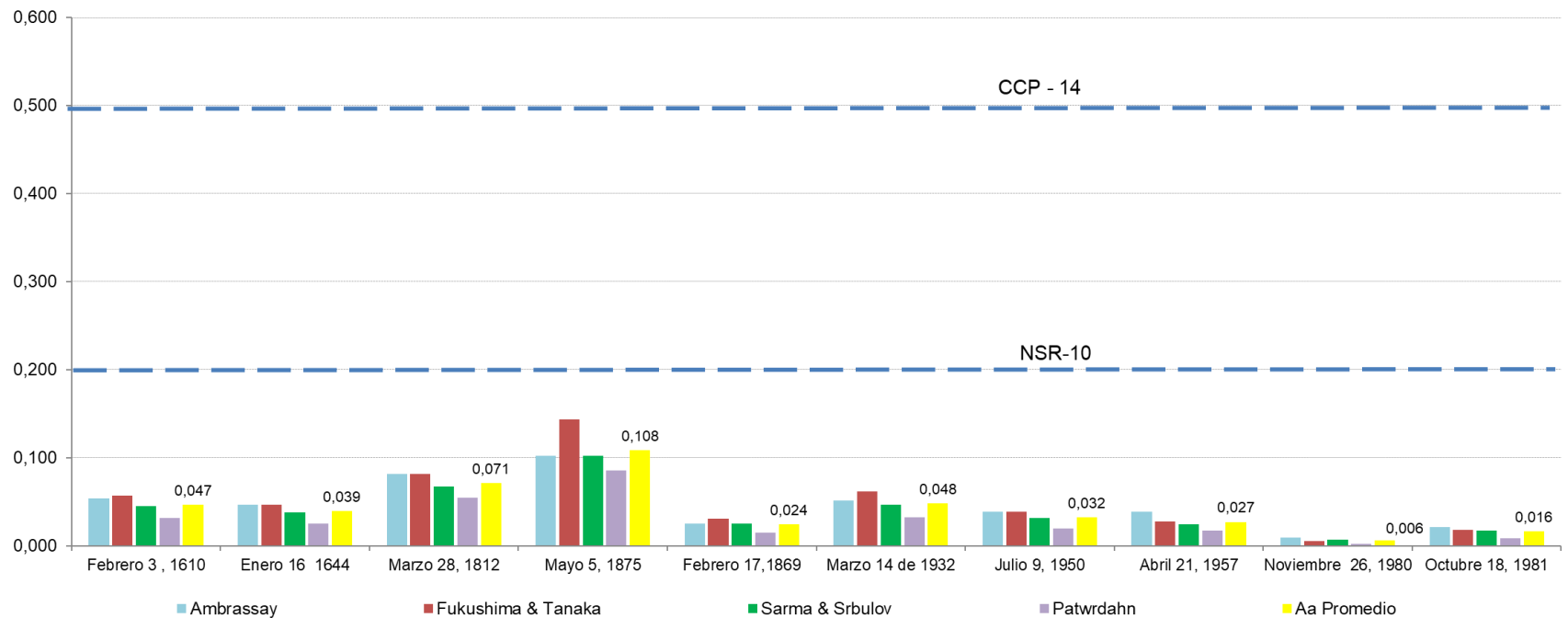
Tabla 10. Diferencias de aceleraciones promedio históricos entre Puente 5 y Puente 12.

Descripción del Sismo	Aa Promedio Puente 5	Aa Promedio Puente 12
Febrero 3 , 1610	0,050	0,047
Enero 16 1644	0,043	0,039
Marzo 28, 1812	0,077	0,071
Mayo 5, 1875	0,113	0,108
Febrero 17,1869	0,024	0,024
Marzo 14 de 1932	0,042	0,048
Julio 9, 1950	0,059	0,032
Abril 21, 1957	0,028	0,027
Noviembre 26, 1980	0,009	0,006
Octubre 18, 1981	0,038	0,016



Fuente. Planeación y Desarrollo (Barrera,2017)

La relación de diferencias entre los puentes 5 y 12, se establece porqué el comportamiento para los puentes 1 al 10 es similar en la ocurrencia del Puente 5, del mismo modo en relación con los puentes 11 al 13, y la ocurrencia en 12, se observa que las oscilaciones entre aceleraciones promedio es mínima, casi irrelevante. Igualmente, que en el puente 5, se determina de forma indispensable trabajar con el código de puentes del 2014.

Figura N° 31. Estimación de Aceleración en roca para Sismos Representativos, Con Norma CCP-14 y NSR 10, Puente 12.



Fuente. Planeación y Desarrollo (Barrera,2017)

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

9.1.1.1 Evaluación de la Geología por Susceptibilidad a Movimientos en Masa.

Para generar la susceptibilidad geológica se tienen en cuenta. Las unidades geológicas aflorantes en el corredor vial en la cual se tienen cuenta 4 ítems como lo muestra la tabla.

Tabla 11. Ítems para generar susceptibilidad.

ITEMS	DEFINICIÓN
Meteorización	En ponderación de la calidad de las rocas.
Cohesión	Categorías de resistencia a la compresión simple de las rocas.
Litología	Calificación de las rocas dependiendo su fábrica y estructura
Depósitos	Para la ponderación de los depósitos se tiene en cuenta esta frontera de resistencia y su comportamiento en taludes y laderas del país y se presenta la calificación de las unidades litológicas (Depósitos) a partir de la información contenida en la "Clasificación regional de amenaza relativa por movimientos en masa en Colombia" (SGC, 2009).



Fuente. Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2013).

9.1.1.2 Evaluación de las pendientes para los eventos por movimientos en masa

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0° a 90° o en porcentaje, se relaciona con los movimientos en masa de manera que; a mayor el grado de pendiente aumenta la susceptibilidad a los movimientos en masa.

Tabla 12. Categorización de pendientes para movimientos en masa.

Numero	Rango	Tipo	Susceptibilidad	Categoría
1	0 - 3	Plana	1	Muy Baja

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ	

Numero	Rango	Tipo	Susceptibilidad	Categoría
2	3 -7	Ondulada	1	Muy Baja
3	7 -12	Ligeramente inclinada	2	Baja
4	12 – 25	Inclinada	2	Baja
5	25 -50	Muy Inclinada	3	Media
6	50 - 75	Escarpada	5	Alta
7	>75	Muy Escarpada	4	Muy Alta

Fuente. Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2013).



El concepto de pendiente en sí, es la relación que existe entre el desnivel (Y) y la distancia en horizontal (X) que debemos recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados. Su aplicación al terreno se basa en el control del desnivel existente en una ladera (Y) mediante las cotas, y su variación en el espacio (Zuñiga, Henry, 2010).

La caracterización de pendientes del terreno nos indica las posibilidades y limitantes en toda la gama de actividades que podemos llevar a cabo en el territorio de una manera ordenada, minimizando el riesgo y zonificando las amenazas naturales.

El modelamiento de las pendientes del terreno se lleva a cabo en un entorno SIG, con insumos especializados, rectificados y geoprocesados para obtener un producto final confiable. En resumen, el proceso es el siguiente.

- Hillshade o sombras: A partir del modelo de sombras, que es un subproducto generado a partir del modelo digital de elevación (DEM) de 30 metros de resolución espacial, se puede extraer el valor morfométrico de la pendiente del terreno que contiene cada pixel o celda de la capa raster DEM.

Este valor se recalcula para obtener valores en porcentaje de inclinación, y posteriormente pueda ser comprendido con mayor simplicidad.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Una vez llevados a cabo los pasos de procesamiento de la capa raster de elevación (DEM), se obtiene como resultado un mapa de pendientes del terreno, cuya leyenda nos describe en porcentaje de inclinación y por medio de colores, de qué manera se encuentran distribuidas las pendientes en el territorio.

9.1.2 AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCION EN MASA.



De acuerdo a los rangos de valores obtenidos como sumatoria de las variables parciales consideradas al superponer las unidades temáticas, se definen las unidades designadas para la zonificación de amenaza por remoción en masa, las cuales representan sectores del territorio donde convergen grados relativamente homogéneos o niveles cualitativos de susceptibilidad a la inestabilidad del terreno.

La Figura contiene la zonificación de Amenaza por Remoción Masa, elaborada a escala 1:25.000, mediante la metodología de superposición temática.

Figura N° 32. Amenaza media por fenómenos de remoción en masa.



Fuente. Planeación y Desarrollo (Cantillo, 2017).

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Amenaza Alta: Zonas de laderas con pendientes inclinadas con rangos mayores a 75°, presentes en unidades geomorfológicas de origen denudacional y Fluvial con geoformas de grandes planicies.

Amenaza Media: Zonas con laderas muy inclinada a abrupta cuyos rangos de pendiente son del orden de 25° a 50°, en unidades geomorfológicas de origen denudacional, con geoformas de laderas muy inclinadas a abruptas, laderas colinadas, estas geoformas; con resistencia de duras a medias, baja presencia de inundaciones.



Susceptibilidad Baja: Zonas con laderas muy abruptas a escarpadas con rangos de pendientes menores a 25°, en unidades geomorfológicas de origen denudacional con geoformas de laderas abruptas a escarpadas, cerros.

9.1.3 AMENAZA POR INUNDACIÓN.

Las zonas que presentan amenaza por inundación se caracterizan por presentar un relieve muy suave, con pendiente inferiores a los 12°, y suelos predominantemente arcillosos poco permeables, las condiciones hidrológicas de la zona son según el IDEAM 2008 son de alta pluviosidad (3.001-7.000 mm/año) y humedad relativa del 83% clasificado como un clima Cálido Muy Húmedo, dentro de estas zonas se encuentran las unidades geomorfológicas planos anegadizos, cauces activos y llanuras de inundación. Dependiendo de la intensidad y la gravedad se clasifica en: Amenaza Alta por Inundación – Aai, Amenaza Media por Inundación – Ami, y Amenaza Baja por Inundación – Abi Para cada uno de los puentes se caracterizó la amenaza por inundación que predomina.

9.1.4 EVALUACIÓN DE LA GEOLOGÍA

Tomando como base la descripción litoestratigráfica de cada Formación Geológica descrita anteriormente, se diferenciaron los tipos de rocas que afloran en el área de estudio y se le asignaron rangos por parámetro de precipitación, de acuerdo al tamaño y composición de cada unidad geológica, entendiendo que en las rocas de porosidad y permeabilidad alta los valores de en el grado de susceptibilidad a la inundación son Baja, el grado de susceptibilidad a la

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

inundación asignado a rocas con propiedades hidrológicas bajas (porosidad y permeabilidad) son de Media y Alta.

Las formaciones de rocas no consolidadas, o poco estratificadas, que están constituidas por conglomerados, arenas, de grano medio a grueso, de grueso a conglomerático, presentan un grado de susceptibilidad a la inundación Baja, debido al tamaño de grano que permite la infiltración de agua sea alta, las formaciones geológicas que se encuentran constituidas por tamaños de grano de grueso a medio o rocas que posean porosidad y permeabilidad secundaria (Rocas calcáreas), que permiten la infiltración de agua de forma moderada se encuentran dentro del grado de susceptibilidad Media.

9.1.5 EVALUACIÓN DE LA GEOMORFOLÓGICA

Mediante la aplicación de la metodología para la generación de mapas geomorfológicos escala 1:100.000, SGC (2011), Se definen los atributos de morfometría y morfodinámica a los cuales se le asignaron el grado de susceptibilidad a cada una de las variables.



9.1.6 MAPA DE PENDIENTES

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0° a 90° o en porcentaje, se relaciona con las inundaciones de manera que; a mayor el grado de pendiente disminuye la susceptibilidad a inundaciones en el corredor vial.

Tabla 13. Categorización de pendientes para movimientos en masa.

Número	Rango	Tipo	Susceptibilidad	Categoría
1	0 - 25	Plana y ondulada	1	Muy baja
2	25 -50	Muy Inclínada	3	Media
3	50 - >75	Escarpada	5	Muy alta

Fuente. Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2013).

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

10 HIDROGEOLOGÍA



Las características hidrogeológicas dependen del comportamiento de las distintas litologías de las formaciones evaluadas y la interacción con los cuerpos de agua superficiales. Además, la geomorfología marca un aspecto importante en el comportamiento de las rocas, ya que condiciona las características hidrogeológicas de la zona¹¹.

Toda el agua que se encuentra en el subsuelo, es controlada principalmente por procesos de recarga y descarga, en donde se generan flujos de aguas lluvias los cuales se infiltran por materiales permeables hacia los acuíferos, recarga; mientras que se puede producir pérdidas por evapotranspiración y agua que fluyen hacia los cursos de aguas principales o que son aprovechados en sitios de manifestación. Otra posibilidad de drenaje es la constituida por obras artificiales como pozos, aljibes, acequias, etc.

Las formaciones geológicas presentes en el área se clasificaron en función de su capacidad para almacenar y transmitir el agua en los siguientes tipos:

- **Acuífero:** Es la formación o unidad litológica que posee la facultad de absorber, contener y transmitir el agua, como en las arenas y gravas.
- **Acuitardo:** Son rocas que contienen apreciables cantidades de agua, pero la transmiten muy lentamente.
- **Acuicierre:** (capas confinantes) Son rocas impermeables que, aunque pueden contener grandes cantidades de agua no permiten el flujo de ella a través de sus poros, como las arcillas.
- **Acuífugos:** Son rocas impermeables que no contienen ni transmiten agua, ya que no poseen intersticios intercomunicados y en consecuencia no absorben ni permiten el paso de agua.

¹¹ Si la precipitación es la principal fuente de agua para la recarga de acuíferos, resulta conveniente obtener datos de pluviosidad, escorrentía, evapotranspiración e infiltración para así poder determinar las características hidrológicas e hidrogeológicas de las rocas

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

Para poder clasificar las diferentes rocas según su capacidad de contener agua y permitir su flujo se deben tener en cuenta parámetros tales como porosidad, permeabilidad o conductividad hidráulica, gradiente hidráulico, transmisividad y capacidad específica.

10.1.1 Caracterización Hidrogeológica de las Formaciones

Ya que la zona de estudio no presenta datos cuantitativos de permeabilidad, porosidad, transmisividad, etc. de las rocas, por lo que no se han desarrollado pruebas de campo ni de laboratorio, procedemos a otorgarle a las diferentes formaciones involucradas, una caracterización hidrogeológica determinada cualitativamente según grados de permeabilidad relativa.

Tabla 14. Formaciones Hidrogeológicas

FORMACION	DESCRIPCION	TIPO DE ACUIFERO
Terrazas y aluviones	Gravas, arenas, arcillas	Acuíferos regulares
Barco	Areniscas y lutitas	Acuitardo
Catatumbo, Mito-Juan, Colon, Luna.,	Lutitas, calizas, chert	Acuicierre

Fuente. Planeación y Desarrollo (Parra, 2017).



Con respecto a la base de información de los SEVs, se observan espesores de coluvión, formación infrayacente, variaciones de los niveles freáticos, en cada uno de los puentes. Como se observa en la siguiente tabla, los sondeos eléctricos verticales se realizaron para analizar los niveles de saturación en los puentes y realizar perfiles Hidrogeológico. (Ver planos Hidrogeológicos)

En la siguiente tabla, se relaciona el espesor aproximado de los suelos residuales de la formación o del depósito cuaternario pertinente, la profundidad del nivel freático y la formación geológica a la que pertenece cada uno.

Tabla 15. Sondeo Eléctricos Verticales

SITIO DEL CORREDOR VIAL ASTILLEROS-TIBÚ	SEV	ESPOSOR CUATERNARIO O BASAMENTO METEORIZADO	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO	FORMACIÓN GEOLÓGICA
PUENTE # 9	SEV-10	10,62 m Depósito Aluvial	2,10 m	Aluvial

Fuente. Planeación y Desarrollo (Ingeoexploraciones, modificado Estepa, 2017).

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

En la próxima tabla son los resultados del sondeo eléctrico vertical uno, Correspondiente al puente N° 9, con coordenadas Bogotá N = 1´426.395, E = 1´166.078, Z = 66 msnm. Con una profundidad máxima investigada alrededor de 100 metros.

Tabla 16. Sondeo Eléctricos Verticales SEV 10

Profundidad (m) Desde – Hasta	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (Ohm – m)	Correlación Hidrogeológica
0.00 - 0.60	I	269.4	Suelo residual arenoso.
0.60 - 2.10	II	34.2	Depósito aluvial de arenas, arcillas, limos y gravas.
2.10 - 4.98	III	14.6	Depósito aluvial de arenas, arcillas y limos. Húmedo.
4.98 - 10.62	IV	14.5	Depósito aluvial de arenas, arcillas y limos. Húmedo.
10.81 - 14.81	V	623.7	Basamento cretácico fracturado, meteorizado constituido por areniscas finas, lodolitas arenosas, calizas y lutitas. Formación Colón Mito Juan.
14.81 - 100.00	VI	180.5	Basamento cretácico fracturado, meteorizado constituido por intercalaciones de lodolitas y areniscas. Formación Colón Mito Juan.

Fuente. IngeoExploraciones

La presente sección geoelectrica se caracteriza por presentar un delgado depósito cuaternario de tipo planicie aluvial y se encuentran constituidos por sedimentos de grano fino como arenas, arcillas y limos aunque a veces se observan delgados niveles de gravas suprayaciendo a un basamento cretácico fracturado, constituido por intercalaciones de lodolitas, arcillolitas y paquetes menores de areniscas finas y lodolitas arenosas e igualmente de capas de calizas y lutitas; se correlacionan con la Formación Colón Mito Juan.

La información de resistividad da la evidencia de posible agua subterránea relacionada con las Unidades Geoelectricas III y IV.



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

Tabla 17. Relación de nivel freático y unidad geoelectrica.

SITIO DEL CORREDOR VIAL ASTILLEROS-TIBÚ	SEV	UNIDAD GEOELÉCTRICA	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO
PUENTE # 9	SEV-10	II	2,10 m

Fuente. Planeación y Desarrollo Ltda. (Estepa, 2017)

En la tabla anterior se observa la primera unidad geoelectrica afectada por las altas concentraciones de agua confinada, comprendiendo el nivel freático de la zona. Las de más unidades geoelectricas infrayacentes son determinadas como posibles aguas subterráneas, generando diferentes tipos de acuíferos dependiendo de la litología.



Se caracteriza los diferentes tipos de acuíferos presentes en las zonas, dependiendo de la composición textural y la permeabilidad o la capacidad de transmisividad. En la posterior Tabla se describe el tipo de acuífero:

Tabla 18. Tipos de Acuíferos.

SITIO DEL CORREDOR VIAL ASTILLEROS-TIBÚ	SEV	LITOLOGÍA PREDOMINANTE	TIPO DE ACUÍFERO.
PUENTE # 9	SEV-10	Arenas, Gravas, limos, Arcillas	Acuífero Regular

Fuente. Planeación y Desarrollo Ltda. (Estepa, 2017)

En cada uno de los sondeos eléctrico verticales en los puentes, determinaron los niveles de aguas subterráneas probables, niveles freáticos oscilatorios, y finalmente determinar el tipo de acuífero probable determinado por la litología. Lo anterior se observa en cada uno de las tablas de sondeo eléctrico vertical, tabla de relación de nivel freático y unidad geoelectrica, y finalmente la tabla de tipos de acuíferos. Además, se observa la disposición de los materiales en los perfiles hidrogeológicos determinado a partir de las líneas sísmicas, sondeo eléctrico vertical, (Ver anexo Perfil Hidrogeológico)

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

11 ESTUDIOS INDIRECTOS

Para determinar las características geológicas, hidrogeológicas y corroborar las unidades infrayacentes para los pasos elevados, se aplicaron métodos geoelectricos para observa la línea de nivel freático, espesores, posibles aguas subterránea y correlacionar con la información existente. Y el método de refracción sísmica para observar los espesores del material no consolidado y basamentos de roca. Con base en lo anterior se determinó realizar sondeos eléctricos verticales para los pasos elevados (Puentes) y zonas inundables afectados principalmente por flujos de agua in-situ o agua lluvia. En la refracción sísmica determinan el estado del subsuelo para los puentes

11.1 GEOELÉCTRICA



El método Geoelectrico o de resistividad fue ideado por el ingeniero francés Conrad Schlumberger y es el más eficaz hasta el momento, y de más amplia difusión en la prospección de agua subterránea y en la aplicación a los estudios geotécnicos, que consiste en energizar el terreno para evaluar las resistividades del subsuelo realizando una serie de mediciones de Intensidad de corriente como del gradiente de potencial desde la superficie¹².

11.1.1 Metodología De Trabajo

Para la ejecución del Estudio Geoelectrico se efectuaron cuatro (4) fases o etapas de trabajo que incluyeron las siguientes actividades:

- **Fase de Reconocimiento Lito-Estratigráfico y Estructural:** Realizada en los alrededores del área del proyecto, con el fin de reconocer la geología local, estratigrafía, geomorfología, inclinación (actitud) de las capas de roca en superficie y constatar e identificar los principales agentes hídricos.
- **Fase de Adquisición de Datos:** Efectuada con la visita puntual al sitio de interés geotécnico para planear la ubicación y ejecución de los Sondeos

¹² Estudio Geológico Realizado Para El Corredor Vial Toledo-Chinácota, Norte De Santander, IngeoExploraciones, 2017.

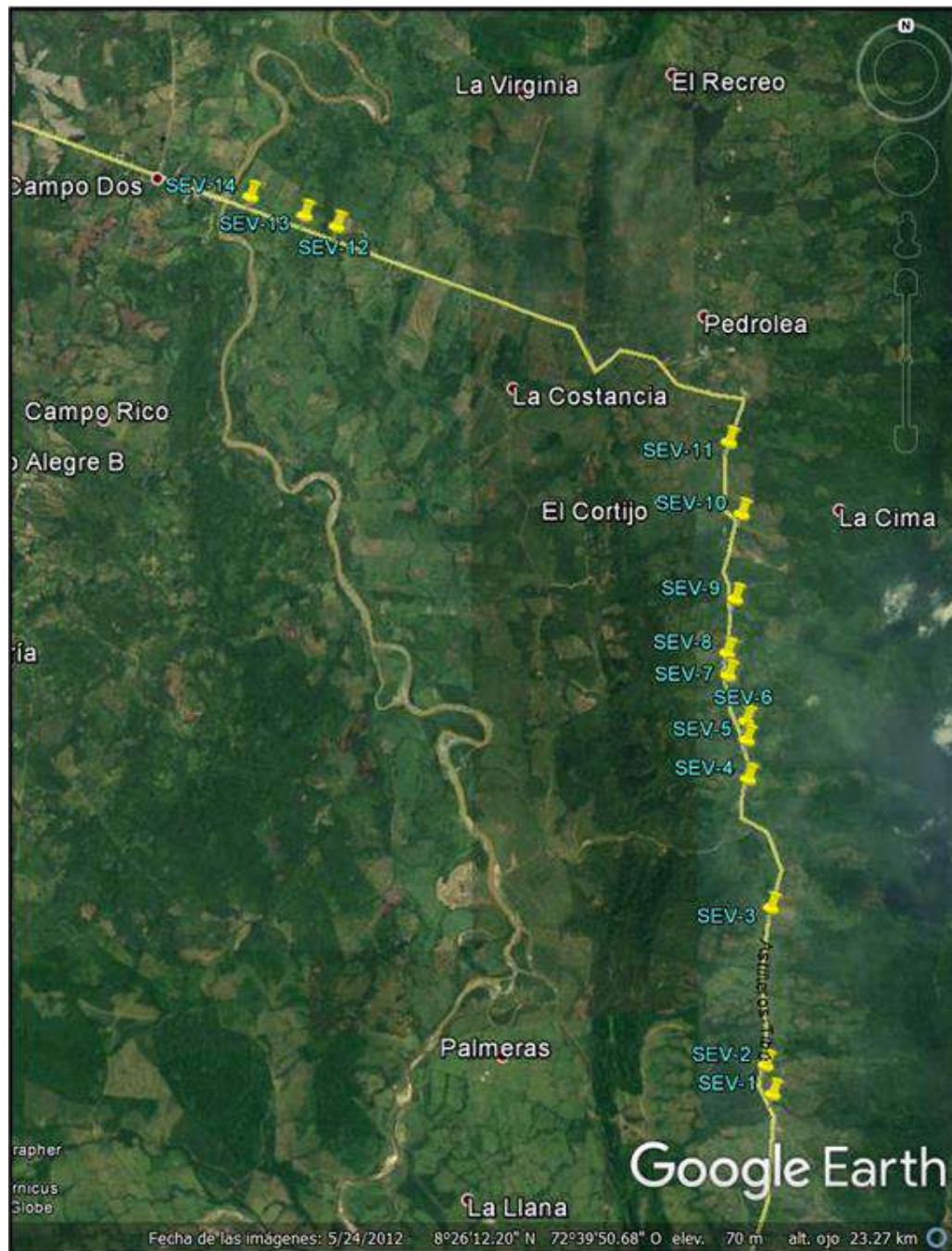
 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Eléctricos Verticales SEV-1, SEV-2, SEV-3, SEV-4, SEV-5, SEV-6, SEV-7, SEV-8, SEV-9, SEV-10, SEV-11, SEV-12, SEV-13 y SEV-14, con una profundidad de investigación Geofísica de 100.00 m para todos.



- **Fase de Valoración de Información:** Revisión bibliográfica y análisis de la Información geológica existente de superficie y subsuelo para el sector.
- **Fase de Procesamiento e Interpretación:** Con los datos adquiridos de las fases anteriores y utilizando software de inversión y modelización AGI EarthImager 1D para la interpretación de los sondeos Geoeléctricos se realizó el procesamiento e interpretación de los datos y se correlacionaron los resultados con la información regional y local.

Los sondeos Geoeléctricos se realizan con un Equipo de resistividad MINISTING IP el cual cuenta con su respectivo Certificado de Calibración, y es un equipo medidor de resistividad del subsuelo con almacenamiento de lecturas en memoria RAM en forma automática con ciclos de definidos por el usuario. Proporciona la exactitud más alta y los niveles más bajos de ruido en la industria.

Figura N° 33. Imagen satelital con la ubicación de los Sondeos Eléctricos Verticales SEV-1, SEV-2, SEV-3, SEV-4, SEV-5, SEV-6, SEV-7, SEV-8, SEV-9, SEV-10, SEV-11, SEV-12, SEV-13, y SEV-14 en el corredor Vial Astilleros-Tibú en el departamento Norte de Santander.



Fuente. IngeoExploraciones

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

11.1.2 Interpretación De Resultados

11.1.2.1 Sondeo Eléctrico Vertical SEV – 10

LOCALIZACIÓN: Sector Puente #9 Corredor Vial Astilleros-Tibú.

PROFUNDIDAD INVESTIGADA: AB/2 = 100.00 m.

TERRENO: Plano a ligeramente inclinado

COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ: N = 1'426.395, E = 1'166.078, Z = 66 msnm

COORDENADAS ORIGEN ESTE CENTRAL: N = 1'426.388, E = 835.673

Tabla 19. Sondeo Eléctrico Vertical SEV - 10

Profundidad (m) Desde - Hasta	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (Ohm - m)	Correlación Hidrogeológica
0.00 - 0.60	I	269.4	Suelo residual arenoso.
0.60 - 2.10	II	34.2	Depósito aluvial de arenas, arcillas, limos y gravas.
2.10 - 4.98	III	14.6	Depósito aluvial de arenas, arcillas y limos. Húmedo.
4.98 - 10.62	IV	14.5	Depósito aluvial de arenas, arcillas y limos. Húmedo.
10.81 - 14.81	V	623.7	Basamento cretácico fracturado, meteorizado constituido por areniscas finas, lodolitas arenosas, calizas y lutitas. Formación Colón Mito Juan.
14.81 - 100.00	VI	180.5	Basamento cretácico fracturado, meteorizado constituido por intercalaciones de lodolitas y areniscas. Formación Colón Mito Juan.

Fuente. IngeoExploraciones



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

Figura No. 34.Foto del lugar en donde se ejecutó el SEV-10





Fuente. IngeoExploraciones

11.1.2.1.1 **Observaciones Sondeo Eléctrico Vertical SEV – 10**

La presente sección geoelectrica se caracteriza por presentar un delgado depósito cuaternario de tipo planicie aluvial y se encuentran constituidos por sedimentos de grano fino como arenas, arcillas y limos aunque a veces se observan delgados niveles de gravas suprayaciendo a un basamento cretácico fracturado, constituido por intercalaciones de lodolitas, arcillolitas y paquetes menores de areniscas finas y lodolitas arenosas e igualmente de capas de calizas y lutitas; se correlacionan con la Formación Colón Mito Juan.



La información de resistividad da la evidencia de posible agua subterránea relacionada con las Unidades Geoelectricas III y IV.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

11.1.3 Conclusiones Y Recomendaciones

De acuerdo con las observaciones de campo efectuadas y la interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales **SEV-10** realizados para el corredor Vial Astilleros-Tibú, Norte de Santander es posible obtener las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Las interpretaciones de los sondeos muestran un equilibrio entre las resistividades verdaderas con el espesor y profundidad de las diferentes unidades geoelectricas definidas en cada solución final individual.
-
- En general esta región genera una expresión Geomorfológica denudacional estructural con laderas inclinadas con un suelo residual y en algunos sectores es plana con material aluvial meteorizado que ha dado lugar a la formación de una capa húmica o suelo.
- En un marco geográfico y geológico Regional la zona de estudio se encuentra ubicada Sureste del municipio de Tibú, en el corredor vial del sector Astilleros-Tibú, sobre delgados depósitos Aluviales y de Planicies Aluviales que está afectando a depósitos más antiguos como son los del Paleógeno y Cretácico.
- Localmente, los sectores estudiados corresponden a la siguiente litología:
 - Los sitios denominados como SEV-10 su sección geoelectrica presenta una litología de un delgado depósito cuaternario de tipo planicie aluvial y se encuentran constituidos por sedimentos de grano fino como arenas, arcillas y limos aunque a veces se observan delgados niveles de gravas suprayaciendo a un basamento cretácico fracturado, constituido por intercalaciones de lodolitas, arcillolitas y paquetes menores de areniscas finas y lodolitas arenosas e igualmente de capas de calizas y lutitas; se correlacionan con la Formación Colón Mito Juan.
- El carácter sedimentológico de estos depósitos de Planicie Aluvial depende esencialmente del tipo de rocas de las regiones drenadas. Los sedimentos en general son de grano fino (arenas, arcillas y limos), aunque a veces se observan niveles delgados de gravas finas. El origen de estos depósitos está relacionado con las inundaciones periódicas recientes de los principales cauces del área
-
- El carácter litológico de los depósitos de tipo aluvial depende esencialmente de la naturaleza petrográfica de las regiones drenadas. En general, son intercalaciones de capas de gravas, arenas, limos y arcillas, formados por la acumulación de material de

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

los ríos y quebradas del área. Los depósitos aluviales en las partes más bajas y cercanas a los cauces son susceptibles a fenómenos de inundación y erosión por socavamiento de orillas.. El patrón de drenaje es dendrítico de densidad baja, con sectores meándricos. Esta zona es inundable en época de lluvias. Los depósitos aluviales cubren discordantemente la paleotopografía.

- Las unidades geoelectricas III y IV del SEV-10, se encuentran con posible presencia de aguas subterráneas para el día de la exploración geofísica de campo.
- Parece ser que la zona principal de recarga para estos sectores es el resultado de la infiltración directa de las precipitaciones que ocurren en el área, de las corrientes superficiales y el aporte de las aguas precipitadas en la zona montañosa durante la estación lluviosa.
- En general el sector estudiado presenta aparente estabilidad en las unidades geológicas.
- En general el basamento de los sitios investigados presenta fracturamiento y meteorización debido al tectonismo presente en el área.
- ♦ En la siguiente tabla se presenta el espesor aproximado de los depósitos aluviales, del basamento meteorizado y la profundidad aproximada del Nivel Freático para cada sitio de interés para el día de la adquisición de los datos de campo:

Tabla 20.Resumen técnico



SITIO DEL CORREDOR VIAL ASTILLEROS-TIBÚ	SEV	ESPESOR CUATERNARIO O BASAMENTO METEORIZADO	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO
PUENTE # 9	SEV-10	10,62 m Depósito Aluvial	2,10 m

Fuente. IngeExploraciones

11.1.4 Observaciones Geoelectricas Generales

Los resultados de los sondeos eléctrico verticales, relaciona los espesores de los depósitos no consolidados, correspondientes a suelos residuales, material de coluvi6n, se relaciona las capas húmedas de gran profundidad con posibles aguas subterráneas.

Se determina una posible línea del nivel freático estacionario, que cambia con respecto al clima dominante en las temporadas del año. Lo cual infiere a temporadas invernales niveles más altos, y temporadas secas más profundos. En los perfiles hidrogeológicos, se

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

observa la disposición geológica a nivel de formación, apoyado en las interpretaciones de la exploración indirecta, como es sísmica de refracción, sondeos eléctricos verticales.

Se recomienda realizar tomografías eléctricas o más sondeos eléctrico verticales, para determinar el espesor, longitudes de las aguas subterráneas, determinar a nivel litológico cada uno de los acuíferos a detalle.



11.2 SÍSMICA DE REFRACCIÓN

Su principio fundamental se basa en la medición de los tiempos de viaje de ondas sísmicas generadas por una Fuente impulsiva en la superficie del subsuelo y que son refractadas en las interfaces entre medios (refractores) con propiedades físicas (i.e. impedancias acústicas) diferentes. El análisis de dichos tiempos de viaje, bajo ciertas hipótesis definidas y siguiendo las leyes de la propagación de ondas, permite en principio obtener un perfil en profundidad de la distribución geométrica de los diferentes refractores, con las correspondientes velocidades a las cuales la onda sísmica se propaga a través de ellos (Redpath, 1973).

11.2.1 Metodología Del Trabajo

Para la ejecución del Estudio Geofísico se efectuaron cuatro (4) fases o etapas de trabajo que incluyeron las siguientes actividades:

- Fase de Reconocimiento Lito-Estratigráfico y Estructural: Realizada en los alrededores del área del proyecto, con el fin de reconocer la geología local, estratigrafía, geomorfología, inclinación (actitud) de las capas de roca en superficie.
- Fase de Adquisición de Datos: Efectuada con la visita puntual en los sitios del proyecto para mejoramiento del corredor vial Astilleros - Tibú, en el departamento del Norte de Santander, para planear la ubicación y ejecución de las Líneas de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales, con una profundidad de investigación Geofísica de 20 metros.
- Fase de Valoración de Información: Revisión bibliográfica y análisis de la Información geológica existente de superficie y subsuelo, para el sector del estudio.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

- Fase de Procesamiento e Interpretación: Con los datos adquiridos de las fases anteriores y utilizando los softwares de inversión y modelización SEISIMAGER 2D Y SEISIMAGER/SW de la compañía Geometrics Inc, se realizó el procesamiento e interpretación de los datos.





 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Figura No. 35.. Imagen satelital con ubicación de las líneas de Refracción Sísmica LS18 y LS19, en el corredor vial Astilleros - Tibú, en el departamento Norte de Santander.



Fuente. IngeoExploraciones

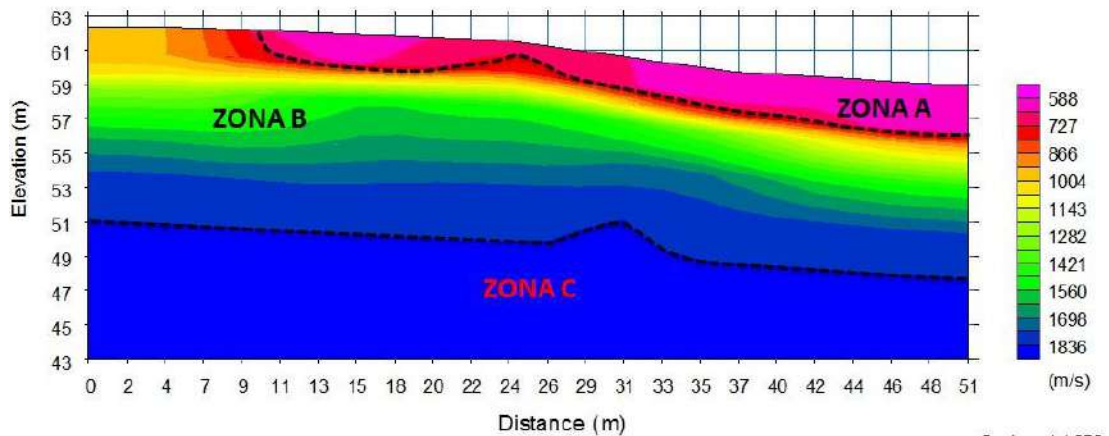
 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p> <p>DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400</p> <p>VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

11.2.2 Interpretación De Resultados

11.2.2.1 LINEA SISMICA 18

LOCALIZACIÓN: Sector Puente #9. Vía Astilleros - Tibú, NS. LONGITUD DEL TENDIDO: 50.6 metros. ESPACIAMIENTO ENTRE GEOFONOS: 2.2 metros. PROFUNDIDAD INVESTIGADA: 18 m. TERRENO: Pendiente - Ondulado
COORDENADAS: Geófono No 1 = X= 1426283 Y= 1165994 Z= 70 m. Geófono No 24 = X= 1426320 Y= 1166026 Z= 63 m

Figura No. 36. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D.



Fuente. IngeoExploraciones

11.2.2.1.1 Observaciones Tomografía Sísmica LS 18

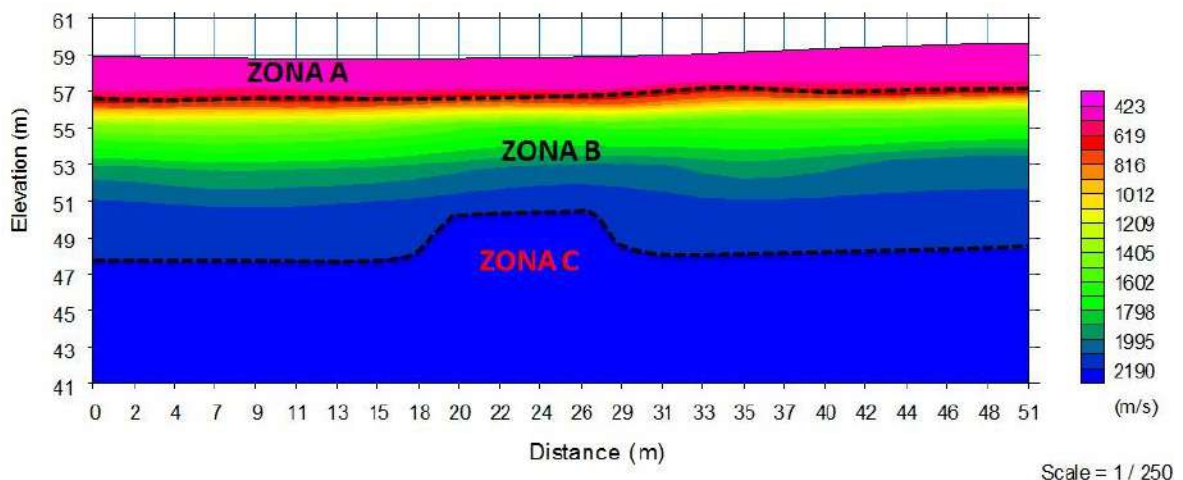
La imagen de Tomografía Sísmica **LS18** presenta un modelo detallado calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 10 capas que muestran la variación de la velocidad con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes.

De acuerdo a los resultado de la imagen de tomografía sísmica **LS 18** se identifican tres zonas; La **ZONA A** corresponde a un deposito aluvial con un espesor que varía entre los **0.6 y 2.8 metros** aproximadamente. La **ZONA B** corresponde a un basamento cretácico muy fracturado y meteorizado con un espesor que varía entre los **7.6 y 11.4 metros** aproximadamente. La **ZONA C** corresponde a un basamento cretácico fracturado, sus propiedades geomecánicas aumentan a medida que su profundidad es mayor, se estima que su profundidad máxima desde la superficie es de **11.5 metros**.

11.2.2.2 LINEA SISMICA 19

LOCALIZACIÓN: Sector Puente #9. Vía Astilleros - Tibú, NS. LONGITUD DEL TENDIDO: 50.6 metros. ESPACIAMIENTO ENTRE GEOFONOS: 2.2 metros. PROFUNDIDAD INVESTIGADA: 18 m. TERRENO: Pendiente - Ondulado. COORDENADAS: Geófono No 1 = X= 1426336 Y= 1166039 Z= 68 m. Geófono No 24 = X= 1426378 Y= 1166067 Z= 68 m

Figura No. 37. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D.





Fuente. IngeoExploraciones

11.2.2.2.1 Observaciones Tomografía Sísmica LS 19

La imagen de Tomografía Sísmica **LS19** presenta un modelo detallado calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 10 capas que muestran la variación de la velocidad con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes.

De acuerdo a los resultado de la imagen de tomografía sísmica **LS19** se identifican tres zonas; La **ZONA A** corresponde a un suelo con un espesor que varía entre los **1.8 y 2.4 metros** aproximadamente. La **ZONA B** corresponde a un basamento cretácico muy fracturado y meteorizado con un espesor que varía entre los **6.2 y 9.0 metros** aproximadamente. La **ZONA C** corresponde a un basamento cretácico fracturado, sus propiedades geomecánicas aumentan a medida que su profundidad es mayor, se estima que su profundidad máxima desde la superficie es de **11.0 metros**.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

11.2.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las observaciones de campo y a las interpretaciones de las Líneas Sísmicas LS18, LS19 realizadas en corredor vial Astilleros - Tibú, departamento de Norte de Santander es posible obtener las siguientes conclusiones y recomendaciones:

En general esta región genera una expresión Geomorfológica denudacional estructural con laderas inclinadas con un suelo residual y en algunos sectores es plana con material aluvial meteorizado que ha dado lugar a la formación de una capa húmica o suelo.



En un marco geográfico y geológico Regional la zona de estudio se encuentra ubicada Sureste del municipio de Tibú, en el corredor vial del sector Astilleros-Tibú, sobre delgados depósitos Aluviales y de Planicies Aluviales que está afectando a depósitos más antiguos como son los del Paleógeno y Cretácico.

En general el basamento de los sitios investigados presentan una meteorización y fracturamiento debido al tectonismo presente en el área.

11.2.3.1 CONCLUSIONES TOMOGRAFÍAS SÍSMICAS

En La imágenes de Tomografía Sísmica **LS18, LS19** presentan un modelo detallado calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 10 capas que muestran la variación de la velocidad con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes y una buena interpretación.

De acuerdo a los resultado de la imagen de tomografía sísmica **LS18** se identifica tres zonas; La **ZONA A** corresponde a un deposito aluvial con un espesor que varía entre los **0.6 y 2.8 metros** aproximadamente. La **ZONA B** corresponde a un basamento cretácico muy fracturado y meteorizado con un espesor que varía entre los **7.6 y 11.4 metros** aproximadamente. La **ZONA C** corresponde a un basamento cretácico fracturado, sus propiedades

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

geomecánicas aumentan a medida que su profundidad es mayor, se estima que su profundidad máxima desde la superficie es de **11.5 metros**.

De acuerdo a los resultado de la imagen de tomografía sísmica **LS19** se identifican tres zonas; La **ZONA A** corresponde a un suelo con un espesor que varía entre los **1.8 y 2.4 metros** aproximadamente. La **ZONA B** corresponde a un basamento cretácico muy fracturado y meteorizado con un espesor que varía entre los **6.2 y 9.0 metros** aproximadamente. La **ZONA C** corresponde a un basamento cretácico fracturado, sus propiedades geomecánicas aumentan a medida que su profundidad es mayor, se estima que su profundidad máxima desde la superficie es de **11.0 metros**.

11.2.4 Conclusiones Generales - Sísmica De Refracción.



Las linease sísmicas determinan espesores de suelos residuales de diferentes espesores, igualmente con los basamentos cretácicos fracturados y meteorizados, y a su vez con el basamento cretácico perteneciente a la geología regional del cretácico de la formación Colon - Mito Juan.

Tabla 21. Relación geológico-geofísica a partir de la sísmica para el Puentes 9.

PUENTE	LÍNEA SÍSMICA N°	DEPOSITO	ESPESOR	ESPESOR	FORMACIÓN
		ALUVIAL (M)	BASAMENTO FRACTURADO-METEORIZADO (M)	BASAMENTO FRACTURADO (M)	GEOLOGICA LOCAL
9	18	0.6-2.8	7.6-11.4	11.5	Mito Juan
	19	1.8-2.4	6.2-9.0	11.0	Mito Juan



Fuente. Basado en Informe de Sísmica de refracción de Ingeoexploraciones,2017. (Estepa,2017)

En la tabla anterior se relacionan los espesores aproximados para cada uno de los componentes, en la casilla de información geológica para el puente, es la roca que infrayace después del depósito aluvial. Probablemente la correlación determina la exploración geofísica no corresponda a dicha formación. Se deja la salvedad que puede corresponder a la formación que suprayace a esta, debido a la geología estructural que se encuentra.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

11.2.5 **Recomendaciones Sísmica De Refracción.**

La sísmica de refracción es un método confiable y aproximado para ver las características del subsuelo, pero se recomienda contemplar con más métodos como geoelectrónicos Sondeos Eléctricos Verticales –SEVs y métodos directos en caso perforaciones mecánicas para corroborar la información de correlaciones de las formaciones.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	



12 CONCLUSIONES

Las condiciones geológicas para el paso elevado, se encuentran en cuenca debido a que se encuentran bajo la misma cuenca sedimentaria que se produjo hace 225 millones de años, evidenciándose una era Mesozoica provenientes de las unidades del cretácico, hasta finales de la sedimentación o depositación, de la era Cenozoica con las unidades del terciario y depósitos no consolidados.

La morfología, morfodinámica para cada uno de los puentes, son de diferentes grados de complejidad, estructural, geomorfológica, se observa en los procesos tectónicos que se presentan en la cordillera oriental, tanto regionales como locales.

Se ha determinado los grados de complejidad en amenazas geológicas en especial por las inundaciones, generalizando son dos (2) tipos Amenazas alta, media, baja por inundación y amenaza Socavaciones laterales. Además, se confirma la amenaza alta de tipo sísmico y tectónico.

Las unidades geoelectricas para cada una de las formaciones, y litología cumple con diferentes tipos de acuíferos como: Acuitardo, acuífero regular, acuífero libre, acuífero regular. Obteniendo en casos puntuales la línea de nivel freático obtenido a través de los sondeos eléctricos verticales.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

13 BIBLIOGRAFIA

Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015, Pág. 26.

Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Tibú – PBOT, Capitulo 2 Caracterización Biofísica, ≈2000, Pág. 51-54,62,68-70.

Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015, Pág. 201,218-219.



Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 78- Puerto Santander, Memoria Explicativa, 2015, Pág. 112, 125

Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Tibú – PBOT, Capitulo 2 Caracterización Biofísica, ≈2000, Pág. 22-99.

Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015.

Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 78- Puerto Santander, Memoria Explicativa, 2015.

Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Núcleos, Cuenca Catatumbo, Agencia Nacional de Hidrocarburos,2012.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	

Geología, Geofísica y Geoquímica de la Cuenca de Catatumbo, Luis Fernando Zappa Fgueroa, Escuela de Geología, Facultad de Físico-Químicas, Universidad Industrial de Santander, 2009.

Cuencas Catatumbo, Cesar – Ranchería, Cordillera Oriental, Llanos Orientales, Valle Medio y Superior del Magdalena, Subdirección Técnica ANH, 2009.

Informe Ejecutivo Evaluación Del Potencial Hidrocarburos de las Cuencas Colombianas, Grupo De Investigación En Geología De Hidrocarburos Y Carbones, Universidad Industrial De Santander, 2009

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia, Subdirección de Recursos Naturales, Grupo Técnico POMCH 2009-2010

Plancha Geológica del Cuadrángulo F13, escala 1:200.000.

El mapa geológico generalizado del departamento de Norte de Santander 1997, escala 1:250.000



Los mapas de Terrenos Geológicos de Colombia 1983.

Mapa geológico general de Colombia escala 1: 1'500.000 publicado por Ingeominas en 1988

Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015.



Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 78- Puerto Santander, Memoria Explicativa, 2015

Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ	

El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015, Pág. 221-224.



Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 78 – Puerto Santander. Memoria Explicativa, Pág. 127-132.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p> <hr/> <p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
---	--	---

ANEXOS

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

**ANEXO
PLANO GEOLÓGICO
(PUENTE 9)**



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

ANEXO

PLANO UNIDADES



GEOLOICAS SUPERFICIALES-

UGS (PUENTE 9)

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
	<p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	



ANEXO

PLANO DE PENDIENTES (PUENTE 9)



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p> <hr/> <p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
---	--	---

ANEXO

PLANO GEOMORFOLOGICO (PUENTE 9)



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p> <hr/> <p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
---	--	---

ANEXO PLANO DE AMENAZAS (PUENTE 9)

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p> <hr/> <p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
---	--	---



ANEXO

PERFILES HIDROGEOLOGICOS (PUENTE 9)

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p> <hr/> <p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
---	--	---

ANEXO

**EXPLORACIÓN GEOFÍSICA
MEDIANTE REFRACCIÓN
SÍSMICA EN EL CORREDOR
VIAL ASTILLEROS- TIBÚ,
DEPARTAMENTO DE NORTE
DE SANTANDER**

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA ASTILLEROS - TIBÚ DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p> <hr/> <p>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, Y AMENAZAS PARA EL PASO ELEVADO LOCALIZADO EN EL PR 39+400 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>	 <p>P&D CONSULTORES</p>
---	--	---

ANEXO

ESTUDIO GEOELÉCTRICO



REALIZADO PARA EL

CORREDOR VIAL

ASTILLEROS-TIBÚ,

DEPARTAMENTO NORTE DE



SANTANDER

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

CONTRATO 0130/2017
**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER**

<p>CONTENIDO:</p> <p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO</p> <p>TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS – TIBÚ</p>
--

JUNIO 2017

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000	

Resumen: Este documento contiene los análisis realizados para la estimación de los caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno, así como los niveles máximos de agua, en las cuencas hidrográficas generadas hasta los puentes de la vía que comunica Astilleros-Tibú, en Norte de Santander.		
Palabras Clave: Puentes, cuencas hidrográficas, caudales máximos, precipitación máxima en 24 horas, rugosidad, condiciones de frontera, borde libre, galibo.		
Idioma: Español	Número de Copias:	Número de Páginas:
Documentos Complementarios:		Clasificación de Seguridad: No Clasificado.
Notas del Destinatario:		

VERSIÓN No. 0	NOMBRE	FECHA
AUTOR:	PLANEACIÓN Y DESARROLLO LTDA.	
	RESPONSABLE:	CARGO:
	Erik Gelvez Ojeda Mat.:	Asesor Componente Hidrológico e Hidráulico Msc Recursos hidráulicos
	REVISOR:	
	Jorge Enrique Barrera C.	Director de Consultoría
INTERVENTOR:	CONSORCIO VÍA ASTILLEROS TIBÚ	
	RESPONSABLE:	CARGO:
	Cesar Eduardo Gómez	Director de Interventoría
SUPERVISIÓN:	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA	
	RESPONSABLE:	CARGO:
	Jorge Enrique Arias Sanguino	Profesional Supervisor







 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	10
1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
2 INFORMACIÓN BASE	13
2.1 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.....	13
2.2 METEOROLÓGICA	13
3 CAUDALES MÁXIMOS.....	15
3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS.....	16
3.1.1 Tiempo de concentración	18
3.2 CAUDALES MÁXIMOS EN LOS PUENTES 3, 6 Y 8	22
3.2.1 Método Racional.....	22
3.2.2 Caudales máximos	26
3.3 CAUDALES MÁXIMOS EN LOS PUENTES 1, 2, 4, 5, 7, 9, 10 Y SOBRE EL CHINATO HASTA EL PUENTE 8	26
3.3.1 Modelo lluvia – escorrentía	26
3.3.2 Caudales máximos	35
4 ESTUDIO DE INUNDACIÓN	37
4.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA	37
4.1.1 Secciones transversales.....	37
4.1.2 Rugosidad del cauce.....	38
4.1.3 Coeficientes de pérdidas menores	40
4.1.4 Condiciones de Frontera.....	40
4.2 NIVELES DE AGUA EN LA CONDICIÓN ACTUAL.....	41
4.2.1 Puente 1	41
4.2.2 Puente 2	44
4.2.3 Puente 3	46
4.2.4 Puente 4 a 8.....	48
4.2.5 Puente 9	61
4.2.6 Puente 10	64
4.2.7 Alternativa evaluada para disminuir el nivel del agua.....	67
5 NIVELES MÍNIMOS RECOMENDADOS PARA LA RASANTE DE LA VÍA Y VIGA INFERIOR DEL PUENTE.....	70

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

5.1	NIVELES MÍNIMOS PARA LA RASANTE DE LA VÍA.....	70
5.2	COTAS MÍNIMAS RECOMENDADAS PARA LA VIGA INFERIOR DEL PUENTE Y LONGITUD MÍNIMA DEL PUENTE	73
6	VERIFICACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA.....	76
6.1	COTA DE LA RASANTE	76
6.1.1	Probabilidad de inundación de la rasante.....	78
6.2	COTA Y LONGITUD MÍNIMA DE PUENTES.....	79
6.3	ALTERNATIVA DE BOX-CULVERT	81
7	ESTUDIO DE SOCAVACIÓN.....	83
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1.1 Localización del corredor en estudio	11
Figura 1.2 Localización del tramo en estudio	12
Figura 2.1 Localización estación climatologica representativa de la zona de estudio.	14
Figura 3.1 Delimitación de las cuencas asociadas a los puentes 1 a 10 con cartografía IGAC.....	17
Figura 3.2 Delimitación de la cuenca del Caño Chinato hasta el puente 8.....	18
Figura 3.3 Estación Petrolea. Curvas IDF	25
Figura 3.4 Resultado grafico de los ajustes estadísticos de la serie anual de precipitaciones máximas en 24 horas. Estación Petrolea	30
Figura 3.5 Hietogramas de diseño.....	31
Figura 3.6 Hidrograma adimensional del Soil Conservation Service (SCS)	34
Figura 4.1 Comparación de la cobertura vegetal del Caño Chinato y el drenaje del puente 4.....	40
Figura 4.2 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 1	42
Figura 4.3 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 1.....	43
Figura 4.4 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 2	44
Figura 4.5 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 2.....	45
Figura 4.6 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 3	46
Figura 4.7 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 3.....	47
Figura 4.8 Secciones usadas en drenaje 4 - Caño Chinato entre las abscisas K35+380 y K35+920 de la vía Astilleros-Tibú.....	48
Figura 4.9 Secciones usadas en drenaje 5 - Caño Chinato entre las abscisas K35+920 y K36+460 de la vía Astilleros-Tibú.....	49
Figura 4.10 Secciones usadas en Caño Chinato (entre drenajes 5 y 6) entre las abscisas K36+460 y K36+960 de la vía Astilleros-Tibú	50
Figura 4.11 Secciones usadas en drenaje 6 - Caño Chinato entre las abscisas K36+960 y K37+480 de la vía Astilleros-Tibú.....	51
Figura 4.12 Secciones usadas en drenaje 7 - Caño Chinato entre las abscisas K37+480 y K37+980 de la vía Astilleros-Tibú.....	52





 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

Figura 4.13 Secciones usadas en drenaje 8 – Caño Chinato entre las abscisas K37+980 y K38+260 de la vía Astilleros-Tibú.....	53
Figura 4.14 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) drenaje 4 – Caño Chinato entre las abscisas K35+380 y K35+920 de la vía Astilleros-Tibú	56
Figura 4.15 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en drenaje 5 – Caño Chinato entre las abscisas K35+920 y K36+460 de la vía Astilleros-Tibú	57
Figura 4.16 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en Caño Chinato (entre drenajes 5 y 6) entre las abscisas K36+460 y K36+960 de la vía Astilleros-Tibú	58
Figura 4.17 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en drenaje 6 – Caño Chinato entre las abscisas K36+960 y K37+480 de la vía Astilleros-Tibú	59
Figura 4.18 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en drenaje 7 – Caño Chinato entre las abscisas K37+480 y K37+980 de la vía Astilleros-Tibú	60
Figura 4.19 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en drenaje 8 – Caño Chinato entre las abscisas K37+980 y K38+260 de la vía Astilleros-Tibú	61
Figura 4.20 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 9	62
Figura 4.21 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 9.....	64
Figura 4.22 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 10.....	65
Figura 4.23 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 10	67
Figura 4.24 Sección típica de la modificación de la sección en el sector de cada puente.	68
Figura 5.1 Perfil puente 1	73
Figura 5.2 Perfil puente 5	75
Figura 6.1 Verificación del galibo en el puente 1	80
Figura 7.1 Perfil de socavación en el puente 1	85
Figura 7.2 Perfil de socavación en el puente 2	85
Figura 7.3 Perfil de socavación en el puente 3	86
Figura 7.4 Perfil de socavación en el puente 4	86
Figura 7.5 Perfil de socavación en el puente 9	87
Figura 7.6 Perfil de socavación en el puente 10	87

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

LISTA DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 2.1 Estación de precipitación de la zona de estudio.....	13
Tabla 3.1 Relación de método usado para estimar los caudales máximos en cada cuenca	15
Tabla 3.2 Formulaciones empíricas para el cálculo del tiempo de concentración	19
Tabla 3.3 Tiempo de concentración (min) cuencas de estudio.....	20
Tabla 3.4 Características morfométricas cuencas en estudio.....	21
Tabla 3.5 Coeficientes de escorrentía cuencas en estudio.....	23
Tabla 3.6 Coeficientes de la ecuación de regionalización de las IDF	24
Tabla 3.7 Estación Petrolea Valores de Intensidad-Duración-Frecuencia	25
Tabla 3.8 Intensidades para diferentes periodos de retorno Cauces 3,6 y 8.....	26
Tabla 3.9 Caudales con diferente periodo de retorno en los puente 3, 6 y 8	26
Tabla 3.10 CN Ponderado	28
Tabla 3.11 Serie anual de precipitación máxima en 24 horas. Estación Petrolea ...	28
Tabla 3.12 Valores de precipitación (mm) para diferentes Periodos de Retorno estación Petrolea	31
Tabla 3.13 Factores de reducción por área	33
Tabla 3.14 Valores de precipitación en mm, para diferentes periodos de retorno afectados por el factor de reducción de área	33
Tabla 3.15 Caudales máximos (m ³ /s) sobre cuencas en estudio	35
Tabla 4.1 Relación de pendientes normales usadas en los diferentes modelos	41
Tabla 4.2 Niveles de agua para Tr 100 años (60,4 m ³ /s) en las inmediaciones del puente 1.....	42
Tabla 4.3 Niveles de agua para Tr 100 años (59,6 m ³ /s) en las inmediaciones del puente 2.....	45
Tabla 4.4 Niveles de agua para Tr 100 años (13,48 m ³ /s) en las inmediaciones del puente 3.....	47
Tabla 4.5 Niveles de agua para Tr 100 años entre Puente 4 y Puente 8 (K35+390 – K38+260).....	54
Tabla 4.6 Niveles de agua para Tr 100 años (135,3 m ³ /s) en las inmediaciones del puente 9.....	63
Tabla 4.7 Niveles de agua para Tr 100 años (135,1 m ³ /s) en las inmediaciones del puente 10.....	66
Tabla 4.8 Secciones usadas en los diferentes modelos.....	68
Tabla 4.9 Tramo de rasante en los cuales el nivel de agua se reduce.....	69





 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	



Tabla 5.1 Niveles mínimos sugeridos para el tramo 1 (K31+000 a K41+000) de la vía Astilleros-Tibú, en las zona de influencia de los caños 1 a 10 y del Caño Chinato	72
Tabla 5.2 Cotas mínimas de la viga inferior y longitudes de los puentes recomendadas desde el punto de vista hidráulico.....	75
Tabla 6.1 Verificación de la cota mínima recomendada para protección ante la inundación de la creciente con 100 de periodo de retorno	77
Tabla 6.2 Verificación del periodo de retorno para el cual estará protegida la vía ante la inundación	iError! Marcador no definido.
Tabla 6.3 Probabilidad que sea igualada o excedida la creciente de diseño de la vía	78
Tabla 6.4 Verificación de la luz libre del puente	79
Tabla 6.5 Verificación de la cota mínima de la viga inferior del puente.....	79
Tabla 6.6 Dimensiones estudiadas y resultados obtenidos con la alternativa de box-culvert	81
Tabla 7.1 Resumen de resultados del estudio de socavación.....	84

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

LISTA DE FOTOGRAFÍAS



PÁGINA

Fotografía 4.1 Aguas abajo Puente 2	38
Fotografía 4.2 Aguas abajo puente 4	39
Fotografía 6.1 Basura acumulada en la pila intermedia del puente en el caño 2	82

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Cálculo del tiempo de concentración de las diferentes cuencas	93
Anexo 2 Modelos hidráulicos	94
Anexo 3 Niveles de agua para diferentes periodos de retorno.....	95
Anexo 4 Esquemas.....	96

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

INTRODUCCIÓN



En este documento se presentan el estudio hidrológico e hidráulico de inundación para las cuencas asociadas a los 10 puentes identificados en el tramo en estudio de la vía que comunica a Astilleros con Tibú, entre las abscisas K31+000 y K41+000.

Inicialmente, en el capítulo 2, se reseña la información que sirvió de base para la elaboración del estudio. Posteriormente, en el capítulo 3, se muestra la metodología y para estimar los caudales máximos a diferentes periodos de retorno para las diferentes cuencas y se presentan los valores obtenidos.

En el capítulo 4 se realiza el estudio de inundación, se explica el proceso y principales supuestos realizados para la modelación hidráulica y presentan los niveles agua estimados.

En el capítulo 5, se recomiendan los niveles mínimos de la rasante y la cotas mínimas de las vigas inferiores de los puentes. Mientras que en el capítulo 6 se verifica el cumplimiento de las cotas mínimas recomendadas en el diseño geométrico de la vía.

Finalmente, en el capítulo 6.3, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000</p>	

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El corredor en estudio comunica el centro poblado de Astilleros (municipio de El Zulia) con el casco urbano del municipio de Tibú, en el departamento de Norte de Santander, como se muestra en la Figura 1.1 Esta vía tiene una longitud de 70 km aproximadamente. El presente estudio se desarrolló para el tramo entre las abscisas K31+000 y K41+000.

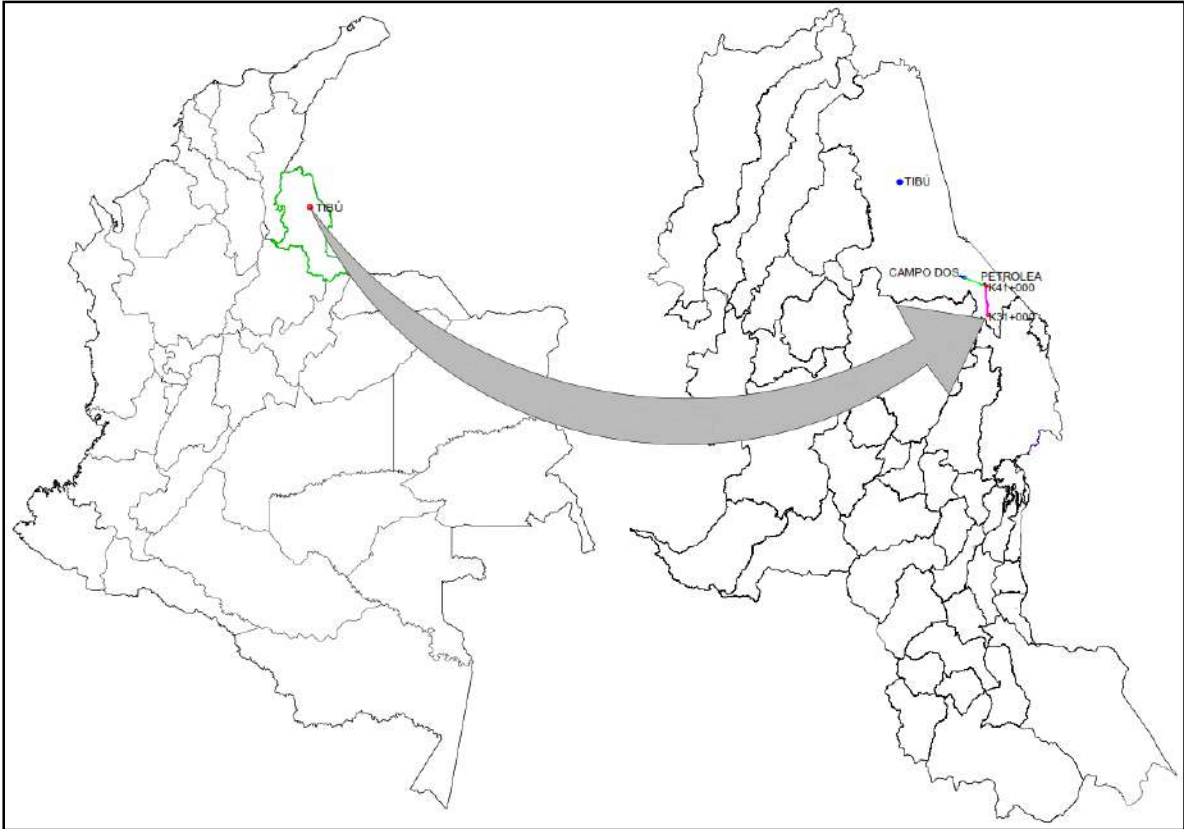


Figura 1.1 Localización del corredor en estudio
Elaboro: P&D Consultores

En la Figura 1.2 se muestra la localización del tramo de vía que se estudia en el presente documento.





Figura 1.2 Localización del tramo en estudio

Fuente: Elaborado a partir del mapa de carreteras de Colombia, del INVIAS¹

La cuenca en estudio está compuesta por los afluentes del Caño Chinato, los cuales fluyen en dirección sureste –norte, presenta características de buena conservación de su capa vegetal y los usos del suelo predominante son los bosques y pastos.

¹ Tomado el 10 de mayo de 2017 de <http://hermes.invias.gov.co/carreteras/>

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

2 INFORMACIÓN BASE

Se realizó la recopilación de información cartográfica en el IGAC e información pluviométrica de las estaciones localizadas en la zona las cuales son operadas por el IDEAM (Instituto de hidrología y estudios ambientales).

A continuación, se presentan el detalle de la información recopilada:

2.1 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

Se realizó la recopilación de la información cartográfica descrita a continuación:

- Restitución cartográfica a escala 1:25.000, planchas No. 77 IIA,77 IIC,77 IIIC,77IIID,77 IVA,77 IVC,78 IB,78 ID,78 IIIB, 78 IIID,86 IIB,86 IID,86 IVB,86 IID,86 IVD,87 IA, 87 IC, 87 ID,87 IIC, 87 IIIA, 87 IIIB, 87 IIIC, 87 IIID, 98 IA, 98 IIB.
- Levantamiento Topográfico amarrado a mojones geo-referenciados con GPS sub-milimétrico, realizado por Planeación y Desarrollo Ltda, consultores (Topoconstrucciones SAS) durante el segundo semestre de 2017.

2.2 METEOROLÓGICA

Se realizó la revisión de la base de datos del IDEAM para seleccionar las estaciones que permitieran realizar la caracterización pluviométrica de la zona del proyecto. En la zona de interés se encuentra activa una estación que permite conocer el comportamiento de la precipitación en las cuencas en estudio. Las características y su localización se presentan a continuación en la Tabla 2.1 y Figura 2.1:

Tabla 2.1 Estación de precipitación de la zona de estudio

Código	Nombre	Tipo Estación	Corriente	Periodo de registro	Elevación (msnm)
16035020	Petrolea	CO*	Caño Picho	1973-2009	62

*CO= Estación climatológica ordinaria.

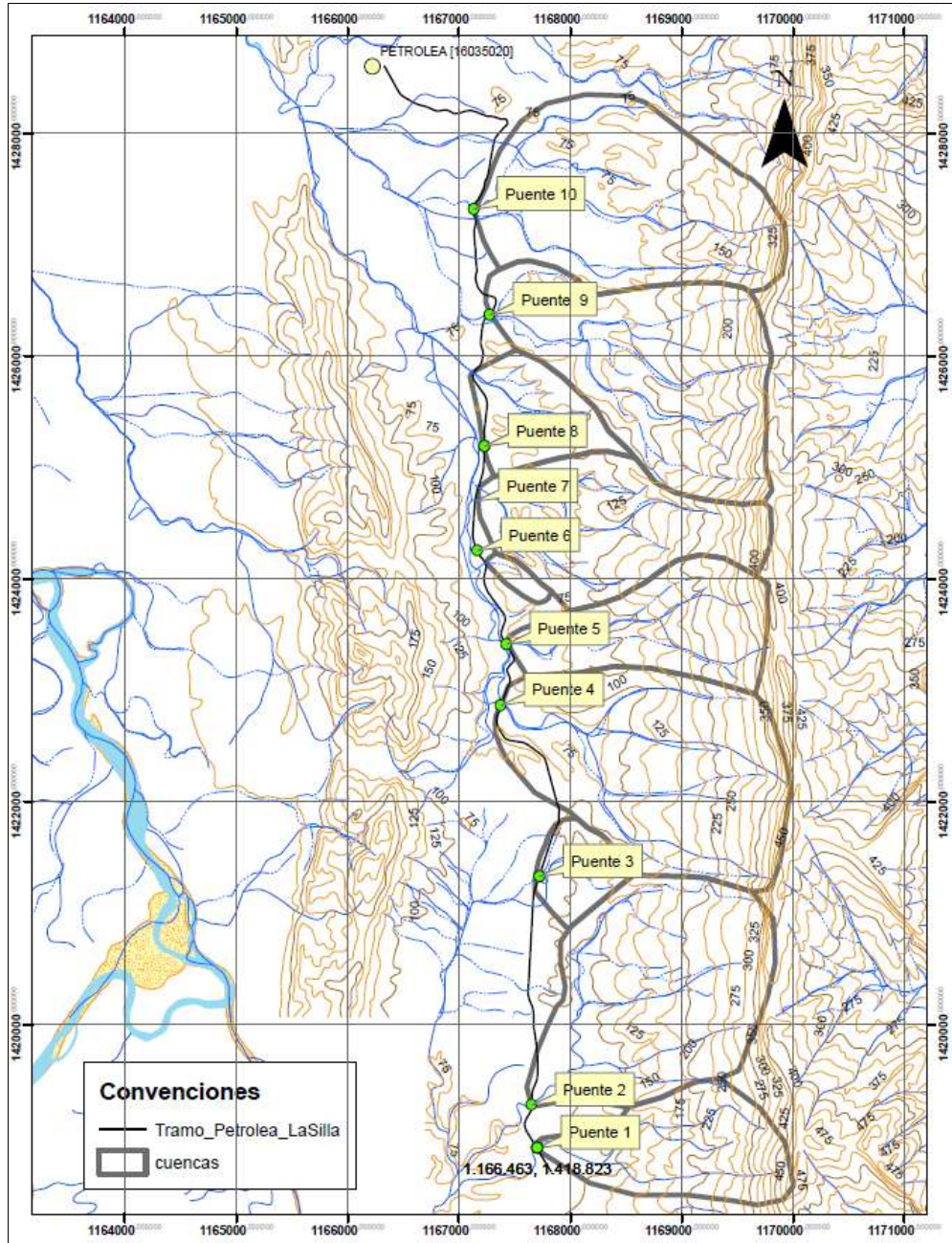




Figura 2.1 Localización estación climatológica representativa de la zona de estudio.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

3 CAUDALES MÁXIMOS



Se recurrió a dos metodologías indirectas para la estimación de los caudales máximos en las cuencas hidrográficas asociadas a los puentes ubicados en el tramo Astilleros-Tibú, teniendo en cuenta que no existen estaciones de caudales que permitan determinarlos de forma directa. Para seleccionar la metodología se consideró el área de cada cuenca: para las cuencas menores a 1 km² se utilizó el método racional y para las mayores a 1km² se realizó la aplicación del modelo lluvia escorrentía, usando el software de dominio público HEC – HMS.

Fue necesario estimar los caudales aguas abajo de la confluencia del caño Chinato con el drenaje del puente 8, para poder estimar los niveles de inundación en el tramo de vía comprendido entre los puentes 4 y 8, considerando la cercanía a la vía de las confluencias de estos drenajes con del caño Chinato.

En la Tabla 3.1 se relaciona el método empleado para el cálculo de los caudales máximos en cada puente.

Tabla 3.1 Relación de método usado para estimar los caudales máximos en cada cuenca

Puente asociado	Área de drenaje (km²)	Método usado para estimar Q_{max}
Puente 1	1,64	Lluvia-escorrentía
Puente 2	3,49	Lluvia-escorrentía
Puente 3	0,53	Racional
Puente 4	3,90	Lluvia-escorrentía
Puente 5	1,79	Lluvia-escorrentía
Puente 6	0,12	Racional
Puente 7	2,31	Lluvia-escorrentía
Puente 8	0,94	Racional
Caño Chinato hasta puente 8	13,14	Lluvia-escorrentía
Puente 9	3,48	Lluvia-escorrentía
Puente 10	3,62	Lluvia-escorrentía

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

A continuación, se presenta la estimación de las características morfométricas de las cuencas en estudio y la aplicación de los dos métodos para la estimación de los caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno:

3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Se realizó la delimitación de las cuencas hidrográficas que están asociadas a los 10 puentes localizados en el tramo Astilleros-Tibu, a partir de la cartográfica escala 1:25.000. Adicionalmente se definieron características tales como perímetro, longitud del cauce, tiempo de concentración y pendiente. Los nombres de algunos cauces se identificaron a partir de la hidrografía recopilada, mientras que otros no pudieron ser reconocidos en esta información secundaria por lo que fueron numerados del 1 al 5.

En la Figura 3.1 y la Figura 3.2 se delimitan las cuencas en estudio.



Gobernación
de Norte de
Santander

SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA

CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-
PR41+000

P&D
CONSULTORES

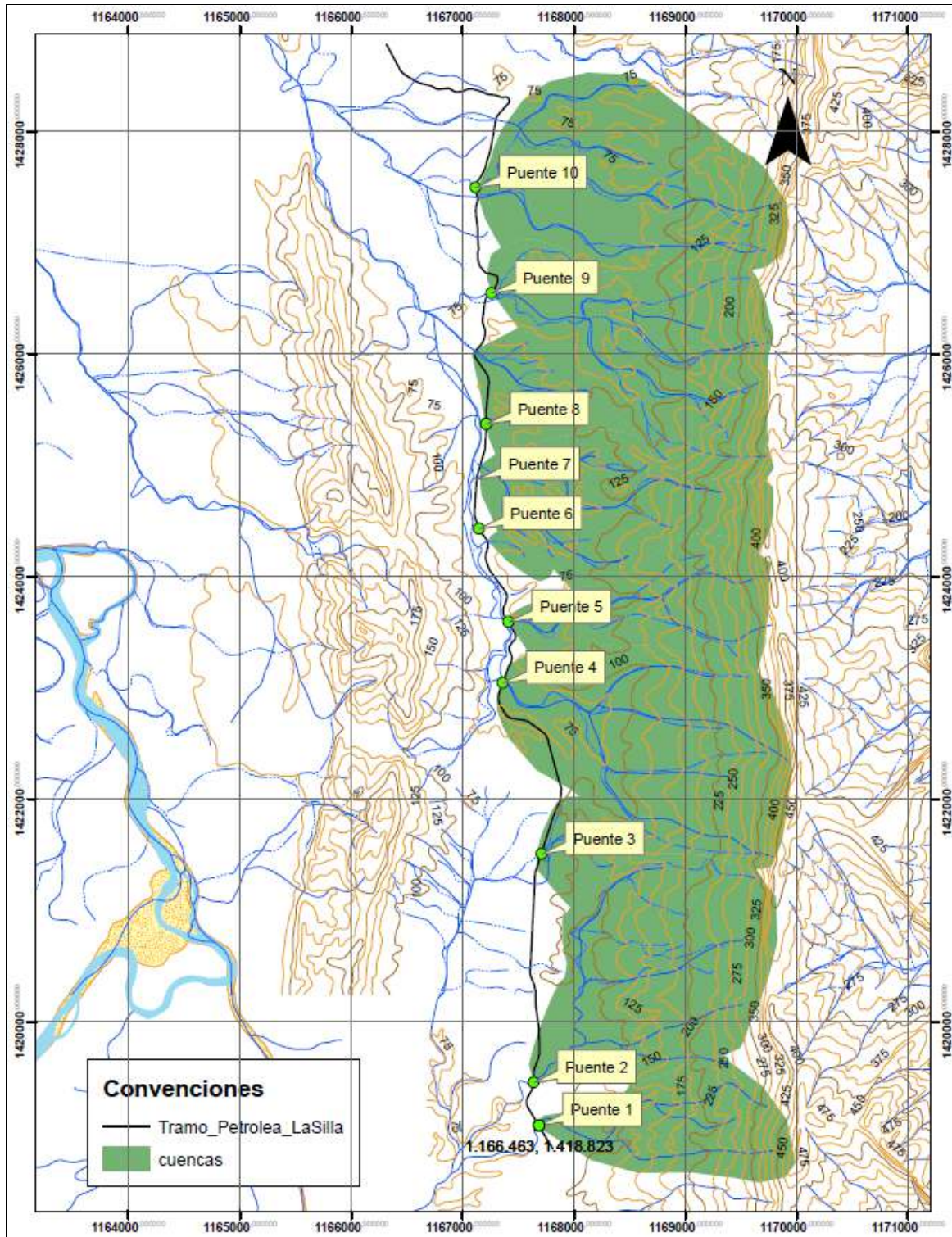


Figura 3.1 Delimitación de las cuencas asociadas a los puentes 1 a 10 con cartografía IGAC

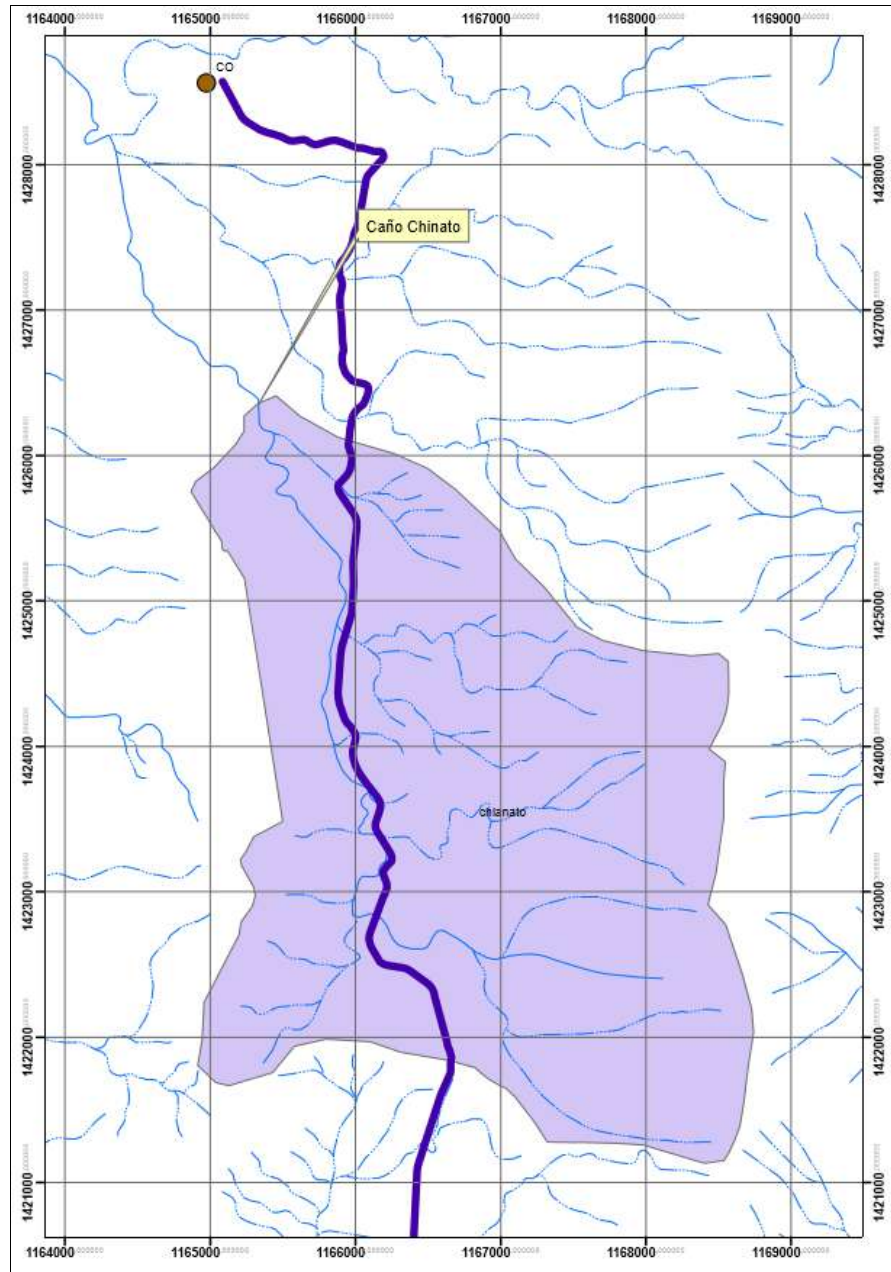




Figura 3.2 Delimitación de la cuenca del Caño Chinato hasta el puente 8

3.1.1 Tiempo de concentración



A continuación, se presenta la estimación del tiempo de concentración para las cuencas en estudio, el cual es el tiempo que toma el agua superficial en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000	

El tiempo de concentración para las cuencas en estudio se calculó utilizando diferentes metodologías con el fin de aumentar el grado de certeza. En la Tabla 3.2 se presentan las diferentes metodologías utilizadas.

Tabla 3.2 Formulaciones empíricas para el cálculo del tiempo de concentración

Fórmula	Ecuación	Parámetros
<i>Kirpich</i>	$T_c = 0,06628 \left(\frac{L_D}{S^{0,5}} \right)^{0,77}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)
<i>Témez</i>	$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (%)
<i>Williams</i>	$T_c = 0,683 \left(\frac{L A^{0,40}}{D S^{0,25}} \right)$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) D = Diámetro de una cuenca circular con área A (km) A = Área de la cuenca (km ²)
<i>Bransby - Williams</i>	$T_c = \frac{14,6L}{A^{0,1} S^{0,2}}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (min) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m) A = Área de la cuenca (km ²)
<i>Giandotti</i>	$T_c = \left(\frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{25,3\sqrt{L S}} \right)$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m) A = Área de la cuenca (km ²)
<i>Johnstone y Cross</i>	$T_c = 2,6 \left(\frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,5}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h)



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000	

Fórmula	Ecuación	Parámetros
		L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/km)
<i>SCS - Ranser</i>	$T_c = 0,947 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) H = Diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente principal (m)
<i>Ventura - Heras</i>	$T_c = 0,3 \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,75}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (%)
<i>Ven Te Chow</i>	$T_c = 0,273 \left(\frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,64}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)
<i>Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos</i>	$T_c = 0,28 \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)

El tiempo de concentración definitivo se determinó mediante la estimación del promedio (μ) y la desviación estándar (σ), descartando los valores alejados del valor promedio más de una vez la desviación estándar [$\mu - \sigma$, $\mu + \sigma$] y hallando el promedio con los valores restantes. De esta manera se adoptaron los tiempos de concentración presentados en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Tiempo de concentración (min) cuencas de estudio

Cuenca	Nombre cauce	Puente asociado	Tiempo de concentración (min)
1	Caño EL Catorce	Puente 1	46,80
2	Cauce 1	Puente 2	97,20
3	Caño Grande	Puente 3	36,60

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000	



Cuenca	Nombre cauce	Puente asociado	Tiempo de concentración (min)
4	Caño Chinato	Puente 4	53,40
5	Cauce 2	Puente 5	51,60
6	Cauce 3	Puente 6	10,80
7	Caño Santa Rosa	Puente 7	61,80
8	Cauce 4	Puente 8	41,14
	Caño Chinato – Cuenca hasta Puente8		246,60
9	Caño Salado	Puente 9	38,40
10	Cauce 5	Puente 10	40,27

En el Anexo 1 se presentan los estimativos de tiempos de concentración para las cuencas en estudio, usando las metodologías mostradas en la Tabla 3.2

Adicionalmente, se estimó la pendiente, perímetro, longitud de las diez cuencas en estudio y sus resultados se presentan a continuación en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4 Características morfométricas cuencas en estudio

Cuenca	Nombre cauce	Puente asociado	Área de drenaje (km²)	Perímetro (km)	Longitud (km)	Pendiente (m/m)
1	Caño El Catorce	Puente 1	1,64	5,59	2,50	0,06
2	Cauce 1	Puente 2	3,49	7,20	3,90	0,02
3	Caño Grande	Puente 3	0,53	2,80	1,00	0,01
4	Caño Chinato	Puente 4	3,90	7,67	2,94	0,04
5	Cauce 2	Puente 5	1,79	6,10	3,18	0,04
6	Cauce 3	Puente 6	0,12	1,51	0,33	0,06
7	Caño Santa Rosa	Puente 7	2,31	6,82	3,18	0,04
8	Cauce 4	Puente 8	0,94	4,21	1,20	0,007
	Caño Chinato – Cuenca hasta Puente8		13,14	16,74	8,13	0,005
9	Caño Salado	Puente 9	3,48	7,98	1,91	0,05
10	Cauce 5	Puente 10	3,62	7,55	1,78	0,03

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

3.2 CAUDALES MÁXIMOS EN LOS PUENTES 3, 6 Y 8

Los caudales máximos en los puentes 3, 6 y 8 se estimaron con el método racional. A continuación, se describe esta metodología y presentan los caudales máximos estimados, para diferentes periodos de retorno (Tr).

3.2.1 Método Racional

El método racional (ver Ecuación 3.1) es un procedimiento relativamente simple, el cual es recomendado para cuencas de máximo 2,5 km² de área, ya que tiende a sobrestimar los caudales. Esto ocurre porque el procedimiento supone una intensidad uniforme de la precipitación (misma cantidad de lluvia por unidad de tiempo) en toda la cuenca estudiada.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Dónde:

Q = Caudal máximo, en m³/s.

C = Coeficiente de escorrentía, adimensional (ver Tabla 3.5)

I = Intensidad de la lluvia, en mm/h.



A = Área de drenaje, en ha.

En el presente estudio se aplicó el método racional solo para las cuencas menores a 1km², ya que con el modelo lluvia – escorrentía se obtienen mejores aproximaciones al considerar las características morfométricas de las cuencas.

Las variables de Intensidad de la lluvia y coeficiente de escorrentía, requeridas para la aplicación del método racional se describen a continuación:

3.2.1.1 Coeficiente de escorrentía (adimensional)

El coeficiente de escorrentía es un factor adimensional que relaciona el caudal máximo con la intensidad de precipitación, después de descontar las pérdidas de agua por almacenamiento, retención e infiltración. Es propio de cada cuenca y

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

depende principalmente del tipo de suelo, de la cobertura vegetal y de la pendiente de la cuenca.

La cobertura vegetal de las cuencas en estudio corresponde a pastizales y bosques y tienen una pendiente media entre 2% y 7%. En la Tabla 3.5 se presentan los coeficientes de escorrentía adoptados para los diferentes periodos de retorno, los cuales corresponden a los valores recomendados por Chow [1].

Tabla 3.5 Coeficientes de escorrentía cuencas en estudio



Periodo de retorno (Años)	Ce
2,33	0,31
5	0,34
10	0,36
25	0,40
50	0,43
100	0,47
500	0,56

3.2.1.2 Intensidad de la precipitación (curvas IDF)

Las curvas intensidad duración frecuencia (curvas IDF) constituyen una forma de sintetizar la información de precipitación para las tormentas de corta duración. Su construcción se puede realizar por dos métodos diferentes, dependiendo de la información disponible: a partir de ajustes estadísticos de registros continuos de precipitación (registros pluviográficos) y a partir de curvas con parámetros regionalizados (curvas sintéticas). En este caso se elaboraron curvas IDF sintéticas considerando que no se cuenta con registros continuos de precipitación en las estaciones de la zona de estudio, toda vez que solos se realizan dos lecturas diarias (7:00 a.m. y 5:00 p.m).

Para la construcción de las curvas IDF se usó la metodología de Vargas y Díaz-Granados [2] la cual fue formulada a partir del análisis de más de 200 curvas IDF y registros pluviométricos concurrentes en Colombia. Para la generación sintética de curvas IDF se usa la Ecuación 3.2.

$$I = a \frac{T^b}{t^c} M^d N^e P T^f \quad \text{Ecuación 3.2}$$

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

Donde:

T: Periodo de retorno, en años.

t: Duración de los eventos, en horas.

M: Precipitación promedio máxima para el período en el que se tiene registro, en (mm),

N; Número de días de lluvia, *N*.

PT: Precipitación media anual, en mm.

a, b, c, d, e, f: Coeficientes regionales. Los coeficientes aplicados se presentan en la Tabla 3.6, considerando que el tramo de vía en estudio se ubica en la zona andina.

Tabla 3.6 Coeficientes de la ecuación de regionalización de las IDF

a	b	c	d	e	f
1,61	0,19	0,65	0,75	-0,15	0,08

En la Figura 3.3 se presentan las curvas IDF construidas con la metodología descrita anteriormente, mientras que en la Tabla 3.7 se presenta un resumen de los datos obtenidos.

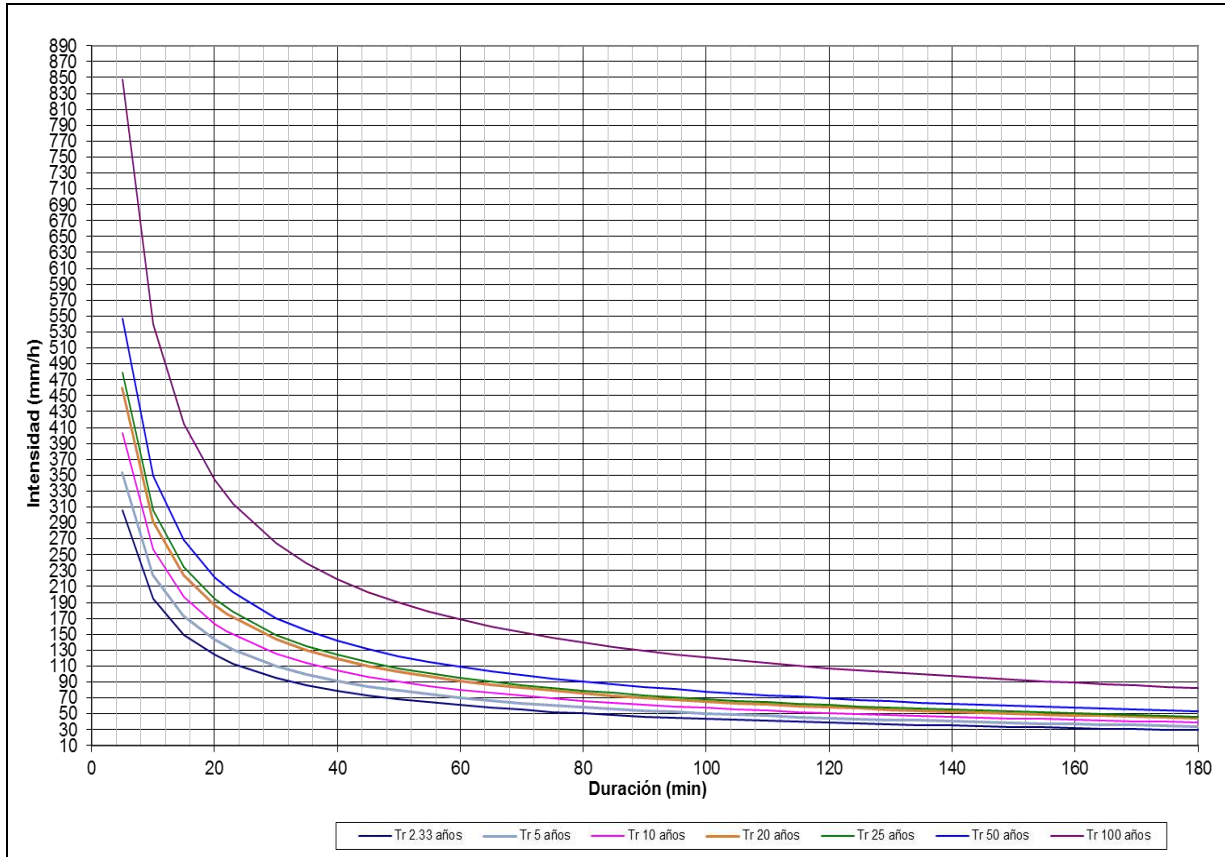


Figura 3.3 Estación Petrolera. Curvas IDF

Tabla 3.7 Estación Petrolera Valores de Intensidad-Duración-Frecuencia

Periodo de retorno (Años)	Intensidad (mm/h)											
	Duración (min)											
	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2,33	149,6	124,1	95,3	79,1	68,4	60,8	55,0	50,4	46,7	43,6	41,0	38,7
5	173,0	143,5	110,2	91,4	79,1	70,2	63,6	58,3	54,0	50,4	47,4	44,8
10	197,3	163,7	125,8	104,3	90,2	80,1	72,5	66,5	61,6	57,5	54,0	51,1
20	225,1	186,7	143,5	119,0	102,9	91,4	82,7	75,8	70,2	65,6	61,6	58,3
25	234,8	194,8	149,7	124,1	107,4	95,4	86,3	79,1	73,3	68,4	64,3	60,8
50	267,9	222,2	170,7	141,6	122,5	108,8	98,4	90,2	83,6	78,1	73,4	69,3
100	414,9	344,2	264,4	219,3	189,7	168,5	152,5	139,8	129,5	120,9	113,6	107,4

Posteriormente se determinan las intensidades en mm/h (ver Tabla 3.8) que corresponde a cada periodo de retorno, con ayuda de la curva IDF mostrada en la



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

Figura 3.3, para una duración igual al tiempo de concentración de cada cuenca de estudio.

Tabla 3.8 Intensidades para diferentes periodos de retorno Cauces 3,6 y 8.

(TR) años	I (mm/h)
2,33	95,3
5	110,2
10	125,8
25	149,7
50	170,7
100	194,8
500	264,4

3.2.2 Caudales máximos

En la Tabla 3.9 se presentan los caudales obtenidos para las cuencas asociadas a los puentes 3, 6 y 8, empleando el método racional.

Tabla 3.9 Caudales con diferente periodo de retorno en los puentes 3, 6 y 8



Cuenca	Caudales para diferentes Tr (m³/s)						
	2,33 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
3	4,4	5,5	6,7	8,8	10,8	13,5	21,8
6	1,0	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	4,8
8	7,7	9,8	11,8	15,6	19,2	23,9	38,7

3.3 CAUDALES MÁXIMOS EN LOS PUENTES 1, 2, 4, 5, 7, 9, 10 Y SOBRE EL CHINATO HASTA EL PUENTE 8

Los caudales máximos en los puentes 1, 2, 4, 5, 7, 9, 10 y en el Caño Chinato hasta el puente 8 se estimaron con un modelo lluvia-escorrentía usando el programa HEC-HMS. A continuación, se describe esta metodología y se presentan los caudales máximos estimados, para diferentes periodos de retorno (Tr).

3.3.1 Modelo lluvia – escorrentía

Se utilizó el modelo lluvia escorrentía planteado por el Soil Conservation Service (SCS), debido a su simplicidad y porque la información requerida o variables de

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

entrada están disponibles para las cuencas analizadas. Este método consiste en transformar un hidrógrama unitario planteado por el SCS en caudal.

El software usado para aplicar este método fue el HEC-HMS v3.5. Las variables de entrada al modelo son:

- Área de la cuenca (km²).
- Tiempo de concentración (minutos).
- Numero de Curva (CN)
- Precipitación Máxima para diferentes Periodos de retorno (mm)
- Distribución temporal de la tormenta.
- Factor de Reducción por Área.

A continuación, se describen cada uno de los parámetros.

3.3.1.1 Área de la cuenca

Las áreas delimitadas se presentan en la Tabla 3.4.

3.3.1.2 Tiempo de concentración

Los tiempos de concentración estimados se presentan en la Tabla 3.3.

3.3.1.3 Número de Curva (CN)

Las pérdidas de precipitación se estimaron con base en la metodología del número de curva (CN) del Soil Conservation Service (SCS).

El CN de cada cuenca se determinó a partir de los usos del suelo y los grupos hidrológicos de suelo. Las cuencas estudiadas tienen principalmente usos de tierra de pastizales y bosque, de acuerdo a las observaciones realizadas durante la salida de reconocimiento y a la información disponible del sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial², en formato *Shape*. De acuerdo Chow [1], en estos casos el valor del CN, debe ser ponderado considerando el porcentaje de la cuenca que presenta cada uno de los usos. En la Tabla 3.10 se presenta el resultado del CN ponderado.

² Tomado el 10 de mayo de 2017de http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

Tabla 3.10 CN Ponderado

Cuenca	Cn ponderado
1	69,0
2	66,0
4	66,0
5	66,0
7	69,0
Caño Chinato hasta puente 8	73,0
9	69,0
10	69,0

3.3.1.4 Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno

La precipitación es la variable más influyente en el proceso de la transformación de lluvia en escorrentía, puesto que una parte de esta es la que se convierte en precipitación efectiva o escorrentía superficial. La precipitación es una variable en el espacio y el tiempo, lo cual hace que la estimación de la lluvia de diseño sea una aproximación a las condiciones reales en que se presenta la precipitación en la cuenca.

Se recopiló el parámetro precipitación máxima en 24 horas de la estación Petrolea del IDEAM, ya que es la única estación que tiene influencia en las cuencas de estudio. El período de registro recopilado fue 1973 – 2009. En la Tabla 3.11 se presentan los valores anuales de precipitación máxima en 24 horas en la estación Petrolea.

Tabla 3.11 Serie anual de precipitación máxima en 24 horas. Estación Petrolea

Año	Precipitación máxima en 24 horas (mm)
1973	123
1974	91
1975	130
1976	78
1977	95,3

Año	Precipitación máxima en 24 horas (mm)
1979	100,5
1980	90,6
1981	110,4
1982	107,4
1983	165,7
1984	88,2
1985	234
1987	128,3
1988	102
1989	96
1990	150
1991	162,2
1992	80
1993	123,5
1994	137
1995	135
1996	100
1997	125
1998	136
1999	130
2000	130
2001	130
2002	140,4
2003	185
2004	81,2
2005	90,2
2006	80,6
2007	154,7
2008	50,4
2009	90,3

Los registros recopilados se ajustaron a diferentes distribuciones probabilísticas Normal, Gumbel, Pearson Tipo III, Log – Pearson Tipo III, Log – Normal y EV3, con

el fin de determinar la precipitación asociada a 2,33,5, 20, 50,100 y 500 años de periodo de retorno.

Se le aplicó la prueba de Chi -2 a todas las distribuciones con el fin de encontrar cuál de los ajustes presentaba un menor error, siendo la distribución EV3 la que presenta un menor valor de error.

En la Figura 3.4 se presenta el resultado del ajuste estadístico realizado a la serie de precipitaciones anuales máximas en 24 horas.

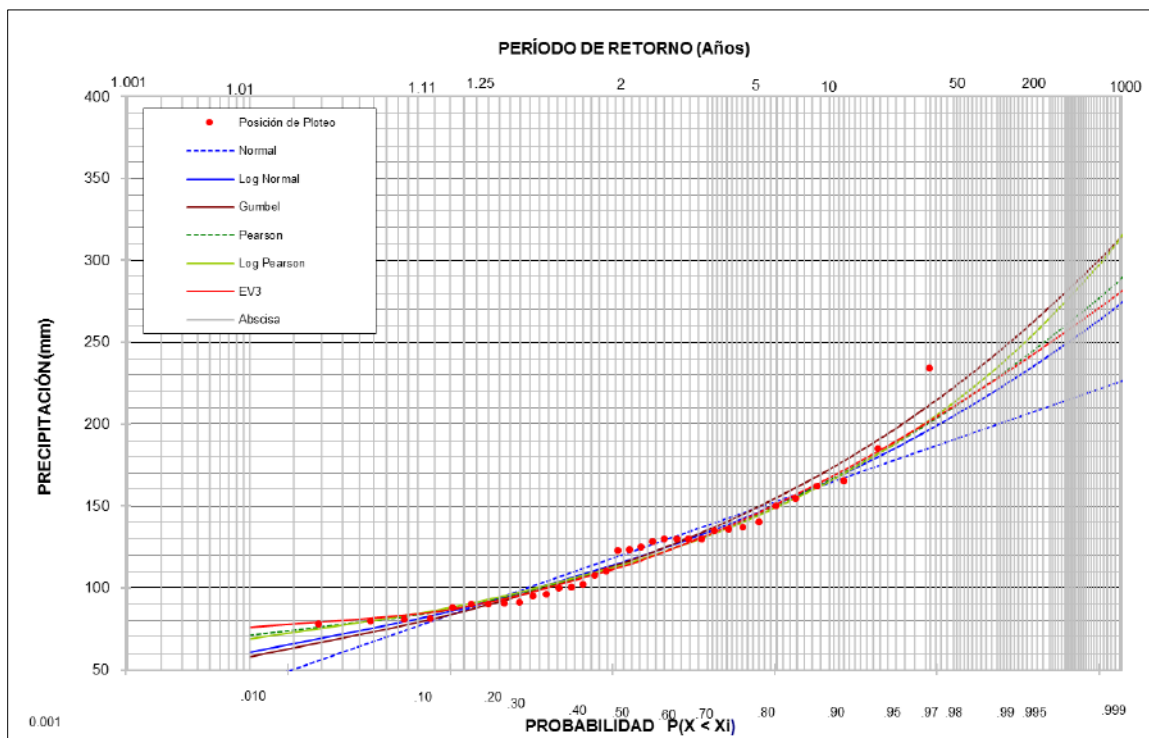


Figura 3.4 Resultado gráfico de los ajustes estadísticos de la serie anual de precipitaciones máximas en 24 horas. Estación Petrolea

En la Tabla 3.12 se presentan los resultados de estos análisis para los periodos de retorno mencionados.

Tabla 3.12 Valores de precipitación (mm) para diferentes Periodos de Retorno estación Petrolea

Tr (años)	Precipitación máxima 24 horas
2,33	119,24
5	145,99
10,00	167,25
25	192,80
50	210,78
100	227,90
500	265,10

3.3.1.5 Distribución temporal de la tormenta

Para la aplicación de modelos lluvia-escorrentía es necesario calcular los hietogramas de precipitación, que básicamente son el ordenamiento de la precipitación de diseño durante la duración total del aguacero de diseño y el periodo de retorno que se esté analizando.

Existe una metodología propuesta por el SCS, en la cual se distribuye la precipitación en cuatro tipos de distribuciones presentados en la Figura 3.5.

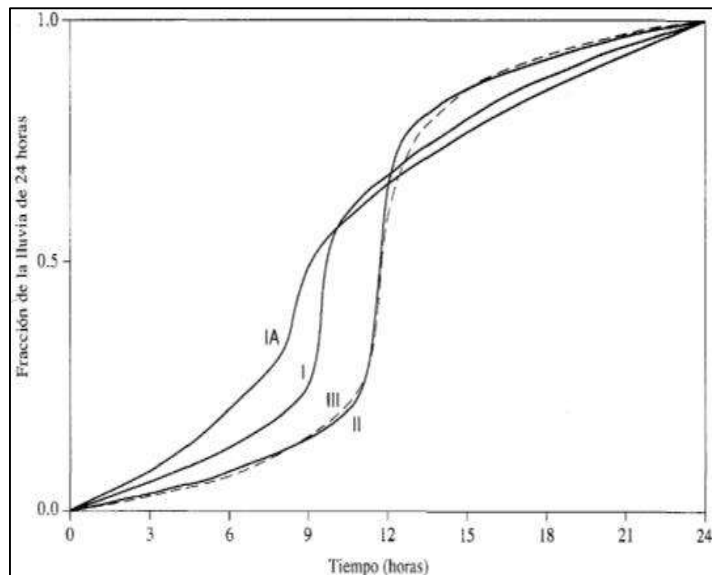




Figura 3.5 Hietogramas de diseño

Fuente: Ven Te Chow (1994). Hidrología Aplicada. Pág. 474. Edit. McGraw Hill.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

Para el presente análisis se adoptó el hietograma Tipo II, ya que representa de manera más crítica las condiciones de una tormenta porque se concentra el 80% de la precipitación en el 30% del tiempo.

Los valores obtenidos para diferentes periodos de retorno fueron distribuidos considerando una duración igual al tiempo de concentración estimado en cada cuenca.

3.3.1.6 Factor de Reducción por Área

La intensidad promedio de lluvia en la hoya hidrográfica se estima con la Ecuación 3.3.

$$I_m = i_0 f(a) \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Dónde:

I_m : Intensidad promedio de lluvia en la hoya hidrográfica, mm/h.

i_0 : Intensidad de lluvia máxima puntual medida en la estación, mm/h.

$f(a)$: Factor de reducción por área.



Se estimó un factor de reducción por área para considerar la espacialidad de la cuenca en el hietograma de diseño resultante, toda vez que la tormenta es menos intensa a medida que la extensión de la cuenca es mayor. Para esto se usaron las metodologías de Fhrüling (ver Ecuación 3.4), Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América (USACE – ver Ecuación 3.5) y Norteamérica (ver Ecuación 3.6).

$$f(a) = 1 - 0,0054 \sqrt[4]{A} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

$$f(a) = 1 - 0.00268 * t_c^{0.261} * A^{0.387} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

$$f(a) == 1 - 0.05 * t_c^{0.361} * A^{0.264} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Donde:

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000	

A: Área de drenaje, en km².

t_c : Tiempo de concentración hoya en horas (h).

En la Tabla 3.13 se presentan los factores de reducción por área para cada cuenca y el factor seleccionado, el cual corresponde al promedio de las tres metodologías.

Tabla 3.13 Factores de reducción por área

Cuenca	Fhrüling	USACE	Norteamérica	Factor seleccionado
1	0,81	0,97	0,95	0,91
2	0,77	0,96	0,92	0,88
4	0,85	0,98	0,96	0,88
5	0,76	0,95	0,93	0,90
7	0,80	0,97	0,94	0,90
Caño Chinato hasta puente 8	0,67	0,95	0,84	0,82
9	0,77	0,95	0,94	0,89
10	0,76	0,95	0,94	0,88

Empleando la Ecuación 3.3 se obtuvieron los valores de precipitación para diferentes periodos de retorno en las cuencas mostrados en la Tabla 3.14. Para esto se usaron los valores de precipitación máxima presentados en la Tabla 3.12 y los factores de reducción mostrados en la Tabla 3.13.

Tabla 3.14 Valores de precipitación en mm, para diferentes periodos de retorno afectados por el factor de reducción de área

Cuenca	Precipitación en mm para diferentes periodos de retorno (Tr)						
	2,33	5	10	25	50	100	500
1	108,12	132,38	151,66	174,82	191,12	206,64	240,38
2	105,15	128,74	147,49	170,02	185,87	200,97	233,77
4	105,12	128,70	147,44	169,96	185,82	200,91	233,70
5	107,82	132,00	151,23	174,32	190,58	206,06	239,70
7	106,91	130,89	149,95	172,86	188,98	204,33	237,68
Caño Chinato hasta puente 8	97,78	119,71	137,15	158,09	172,84	186,88	217,38
9	105,68	129,39	148,24	170,88	186,82	201,99	234,96
10	105,51	129,18	147,99	170,59	186,50	201,65	234,56

3.3.1.7 Transformación Escorrentía – Caudal

Para la transformación de la escorrentía en caudal, fue utilizado el método del hidrograma unitario del SCS.

3.3.1.7.1 *Hidrograma Unitario del SCS*

Los hidrogramas unitarios se utilizan para estimar el caudal que se tendrá en un punto de la corriente, con base en la lluvia que se presente en dicha cuenca para un período de retorno dado.

El hidrograma unitario utilizado fue el del SCS. En este hidrograma el caudal se expresa por la relación entre el caudal (q) con el caudal pico (q_p) y entre el tiempo (t) con el tiempo de ocurrencia del caudal pico (T_p). Conocidos los valores de q_p y T_p se pueden encontrar las abscisas t y las ordenadas q , del hidrograma unitario SCS (ver Figura 3.6).

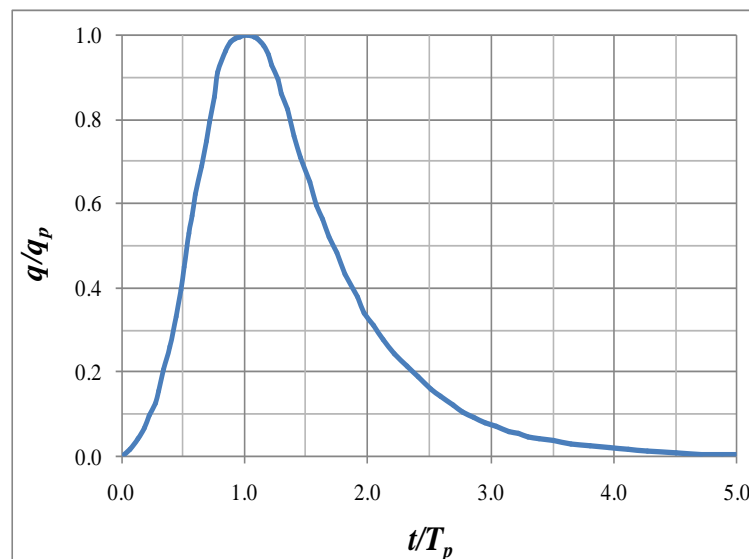




Figura 3.6 Hidrograma adimensional del Soil Conservation Service (SCS)

El caudal pico y el tiempo de ocurrencia del caudal pico se estiman con la Ecuación 3.7 y la Ecuación 3.8, respectivamente.

$$q_p = \frac{0,2083AE}{T_p} \quad \text{Ecuación 3.7}$$

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000	

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p$$

Ecuación 3.8

Dónde:

q_p : Caudal pico unitario, en $m^3/s/mm$.

A : Área de drenaje, en km^2 .

E : Escorrentía unitaria, 1 mm.

t_r : Duración de la lluvia efectiva, horas.

t_p : Retardo de la cuenca en horas, que es equivalente a $0,6 T_c$.



3.3.2 Caudales máximos

En la Tabla 3.15 se presentan los caudales máximos estimados para las cuencas asociadas a los puentes 1, 2, 4, 5, 7, 9 y 10, usando la metodología descrita en el numeral 3.3.1.

Tabla 3.15 Caudales máximos (m^3/s) sobre cuencas en estudio



Cuenca	Caudales máximos (m^3/s) para diferentes T_r						
	2,33 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
1	19,0	28,2	36,1	46,0	53,3	60,4	76,2
2	17,5	26,7	34,6	44,8	52,2	59,6	76,3
4	34,2	51,7	66,8	86,0	100,1	113,9	149,4
5	16,8	25,3	32,5	41,8	48,8	55,7	71,3
7	22,0	32,5	41,5	52,9	61,3	69,4	87,5
Caño Chinato hasta puente 8	29,20	43,10	55,10	70,20	81,20	91,90	115,90
9	43,4	64,0	81,5	103,6	119,7	135,3	170,3
10	43,3	63,8	81,3	103,3	119,4	135,1	169,9

En la Tabla 3.15 se evidencia que hay una atenuación del caudal pico en el caño Chinato, en comparación con los valores estimados para la cuenca 4. Esto es algo común debido al tiempo de retención, ya que para las cuencas relativamente pequeñas la gran mayoría de lluvia se convierte en escorrentía de forma inmediata, como sucedió en la tragedia de Mocoa-Colombia en el año 2017. Mientras que en una cuenca más grande se presenta una amortiguación del caudal pico similar a un

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

embalse, aunque a una escala menor, debido al tiempo que se tarda el agua en viajar desde el punto de caída hasta los sitios de interés:

- Las metodologías de estimación del tiempo de concentración tienen en cuenta parámetros como el área, longitud, pendiente del cauce y diferencia de elevación de la cuenca. Se obtienen mayores tiempos de concentración considerando que el Caño Chinato, en comparación con los puentes 4 a 10, tiene una cuenca de mayor tamaño, con un cauce más largo, pendiente media menor y una diferencia de elevaciones mayores. Al tener un mayor tiempo de concentración se espera el caudal ($Q=v/t$) pico se reduzca, toda vez que el recorrido del agua es mayor (t) y con ello el mismo volumen (v) de agua viaja a una velocidad menor.
- El otro factor que influye en la reducción de los valores de caudales máximo es la precipitación máxima en 24 horas, la cual es distribuida uniformemente en la cuenca considerando el factor de reducción por área. Este factor depende directamente del área de la cuenca, por lo que el caño Chinato que tiene una mayor área, en comparación con los puentes 4 a 10, le corresponde un factor que reduce en mayor proporción la intensidad de la lluvia.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

4 ESTUDIO DE INUNDACIÓN

El estudio de inundación se desarrolló en dos etapas. La primera consistió en el cálculo del perfil hidráulico y la segunda etapa se esquematizó las respectivas manchas de inundación.

Se estimó el perfil hidráulico en los diferentes drenajes que cruzan la vía entre las abscisas K31+000 y K41+000 de la vía que comunica al centro poblado de Astilleros (municipio de El Zulia) con el casco urbano del municipio de Tibú. Se consideraron únicamente los drenajes sobre los cuales existen puentes en la actualidad.

En el presente capítulo se presenta la metodología, principales supuestos y el resumen de los resultados obtenidos a partir de la modelación hidráulica. En el Anexo 2 se presentan todos los resultados de la modelación hidráulica.



4.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA

Los perfiles hidráulicos se realizaron con la ayuda del software de dominio público HEC-RAS 4.1.0, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del United States Army Corps of Engineers (USACE).

Con este programa es posible analizar el comportamiento hidráulico del flujo a superficie libre para condiciones de flujo permanente, como se requiere para el caso del presente estudio. A continuación, se indica la información incorporada al modelo hidráulico con HEC-RAS®:

4.1.1 Secciones transversales

Las secciones transversales corresponden a la información topográfica del cauce, medida en secciones perpendiculares al eje del cauce, para las cuales se estiman la altura de flujo. Las secciones incorporadas se obtuvieron a partir de la topografía indicada en el numeral 2.1, la cual incorpora las batimetrías realizadas en los diferentes cauces.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

Las secciones transversales usadas en cada modelo se presentan en el numeral 4.2.



4.1.2 Rugosidad del cauce

En el presente estudio se seleccionaron los valores de rugosidad por comparación con valores de referencia dado por Chow [3] para corrientes naturales. Los coeficientes de rugosidad permiten incluir la resistencia de la sección al flujo del agua y es de gran importancia para determinar la altura de flujo. Para definir el valor más adecuado de rugosidad se debe revisar aspectos como el material que compone el lecho, la cobertura vegetal, tipo vegetación y velocidades de flujo observadas.

Se identificó que en los cauces asociados a los puentes 1 a 10 el material de lecho está compuesto únicamente por material fino, los taludes y llanuras de inundación (bancas) tienen abundante cobertura vegetal conformada por árboles y arbustos (ver Fotografía 4.1 y Fotografía 4.2) y se evidencia bajas velocidades de flujo.



Fotografía 4.1 Aguas abajo Puente 2



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	



Fotografía 4.2 Aguas abajo puente 4

Se seleccionó el valor de 0,07 para el cauce principal y de 0,10 para las bancas para los drenajes propios de los puentes. Estos valores son recomendados por Chow para cauces principales caracterizados por ser tramos lentos con presencia de maleza y para bancas con árboles y matorrales bajos.

En el caso del modelo hidráulico del Caño Chinato se modificó el coeficiente de rugosidad para las bancas a 0,07 considerando que en esta zona se encuentra deforestada (zona amarilla en la Figura 4.1) y la vegetación que prima son los pastos. Según Chow esta condición de rugosidad es similar a planicies de inundación con pocos árboles y matorrales. El coeficiente para cauce principal del Chinato se mantiene constante ya que se identifica que el material de lecho está compuesto únicamente por material fino, tienen presencia de árboles y arbustos (ver Figura 4.1) y se evidencia bajas velocidades de flujo.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

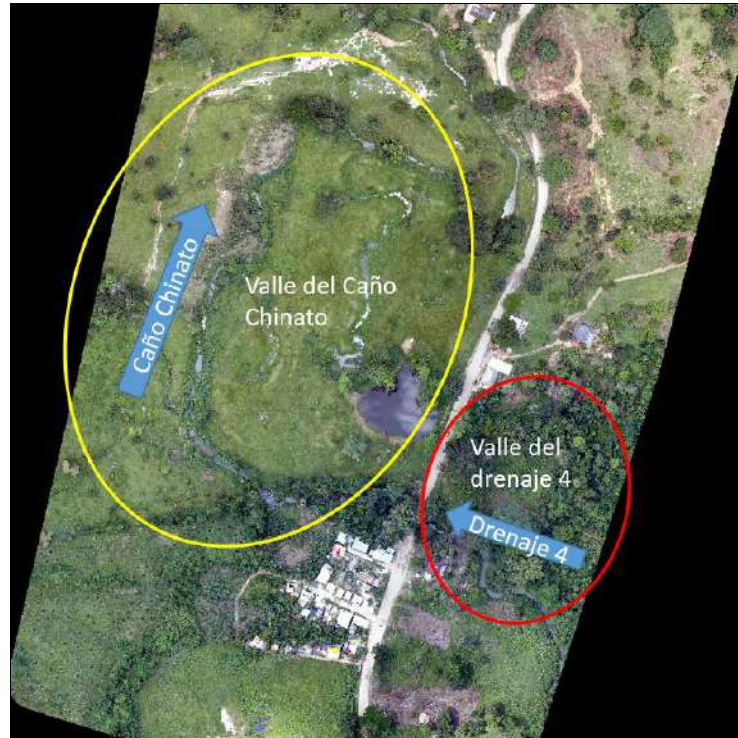




Figura 4.1 Comparación de la cobertura vegetal del Caño Chinato y el drenaje del puente 4

4.1.3 Coeficientes de pérdidas menores

Se utilizaron los coeficientes expansión y contracción de 0,3 y 0,1, respectivamente, de acuerdo con las recomendaciones del USACE para cauces naturales. Estos valores incorporan las pérdidas de energía por aumento o reducción de la velocidad de flujo entre secciones.

4.1.4 Condiciones de Frontera

Son niveles usados como condiciones iniciales de cálculo, que corresponden al primer valor de cálculo para las iteraciones que realiza el modelo. En este caso se supuso condición normal aguas abajo, ya que se evidenció que se presentan velocidades bajas, lo cual es indicativo de flujo sub-crítico. En este caso HEC-RAS®

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

solicita el valor de la pendiente normal. Para cada drenaje se incorporó la pendiente del fondo del cauce, con lo cual se supone que en la sección más aguas abajo se presenta flujo normal.

En la Tabla 4.1 se relacionan las pendientes normales usadas en cada modelo hidráulico.

Tabla 4.1 Relación de pendientes normales usadas en los diferentes modelos

Modelo	Pendiente normal (m/m)
Puente 1	0.003
Puente 2	0.002
Puente 3	0.01
Puente 4 a 8 y Caño Chinato	0.0018
9	0.0014
10	0.002

4.2 NIVELES DE AGUA EN LA CONDICIÓN ACTUAL

A continuación, se presentan los principales resultados del estudio de inundación.

4.2.1 Puente 1

En el modelo hidráulico del drenaje asociado al puente 1 se usaron las secciones mostradas en la Figura 4.2. En esta figura se observa que la sección 249.9141 es la determinante para definir los niveles de agua en la vía y definir la cota de la rasante de la misma.

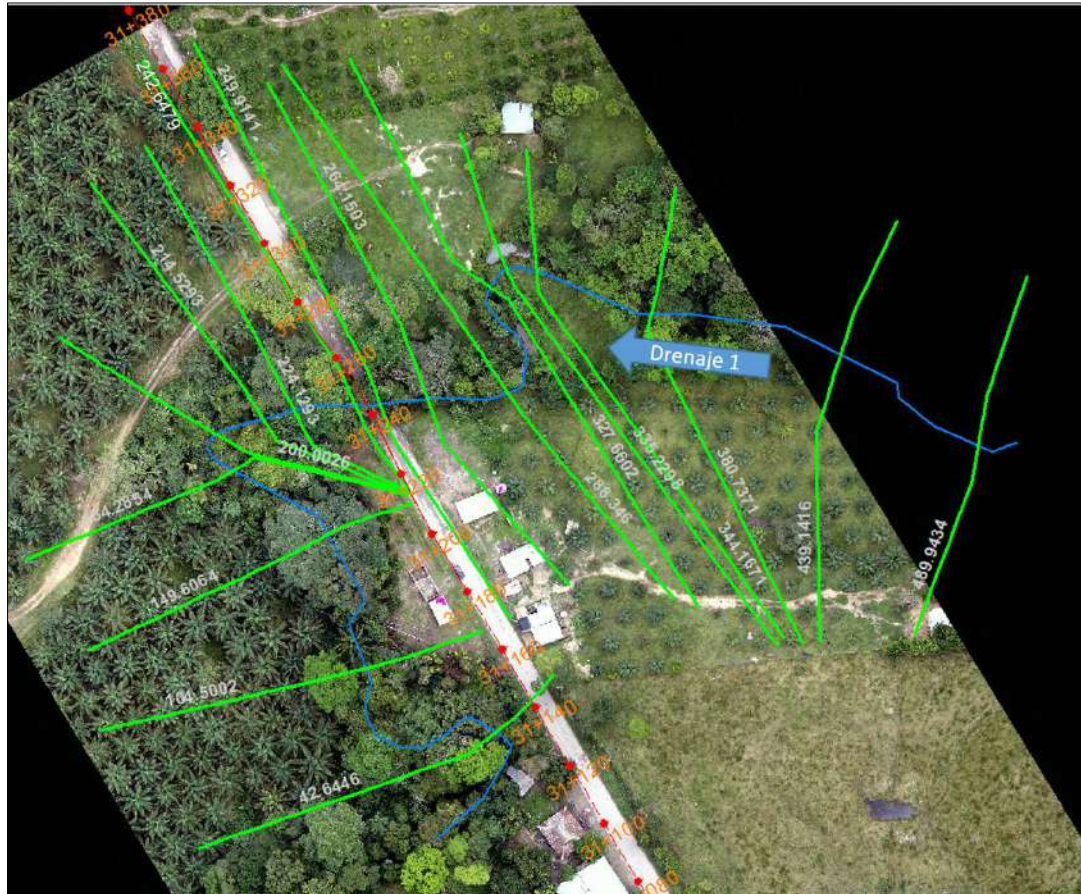


Figura 4.2 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 1

En la Tabla 4.2 se presentan los niveles de agua estimados para la crecientes con 100 años de periodo de retorno ($60,4 \text{ m}^3/\text{s}$), en los dos lados de la vía. En el Anexo 2 y el Anexo 3 se muestran los niveles de agua para todos los periodos de retorno estudiados.

Tabla 4.2 Niveles de agua para Tr 100 años ($60,4 \text{ m}^3/\text{s}$) en las inmediaciones del puente 1.

Abscisas	Modelo	Sección HEC-RAS		Nivel de agua para Tr 100 años (msnm)	
		margen izquierda	margen derecha	margen izquierda	margen derecha
31+140	Puente 1	42.6446		73.64	
31+180		104.5002	249.9141	73.85	74.33
31+220		149.6064	249.9141	73.98	74.33
31+220 - 31+370		242.6479	249.9141	74.10	74.33

En la Figura 4.3 se presentan las manchas de inundación para los periodos de retorno de 2,33 (19 m³/s), 10 (36,1 m³/s), 50 (53,3 m³/s), 100 (60,4 m³/s) y 500 años (76,2 m³/s). Se observa que la vía se inundará para crecientes mayores o iguales a 10 Tr (36,1 m³/s), a partir de la abscisa K31+220. Las avenidas con 100 (60,4 m³/s) y 500 años trasladan los niveles de inundación hacia el puente 2. Para mayor detalle de las manchas de inundación consultar el Anexo 4.

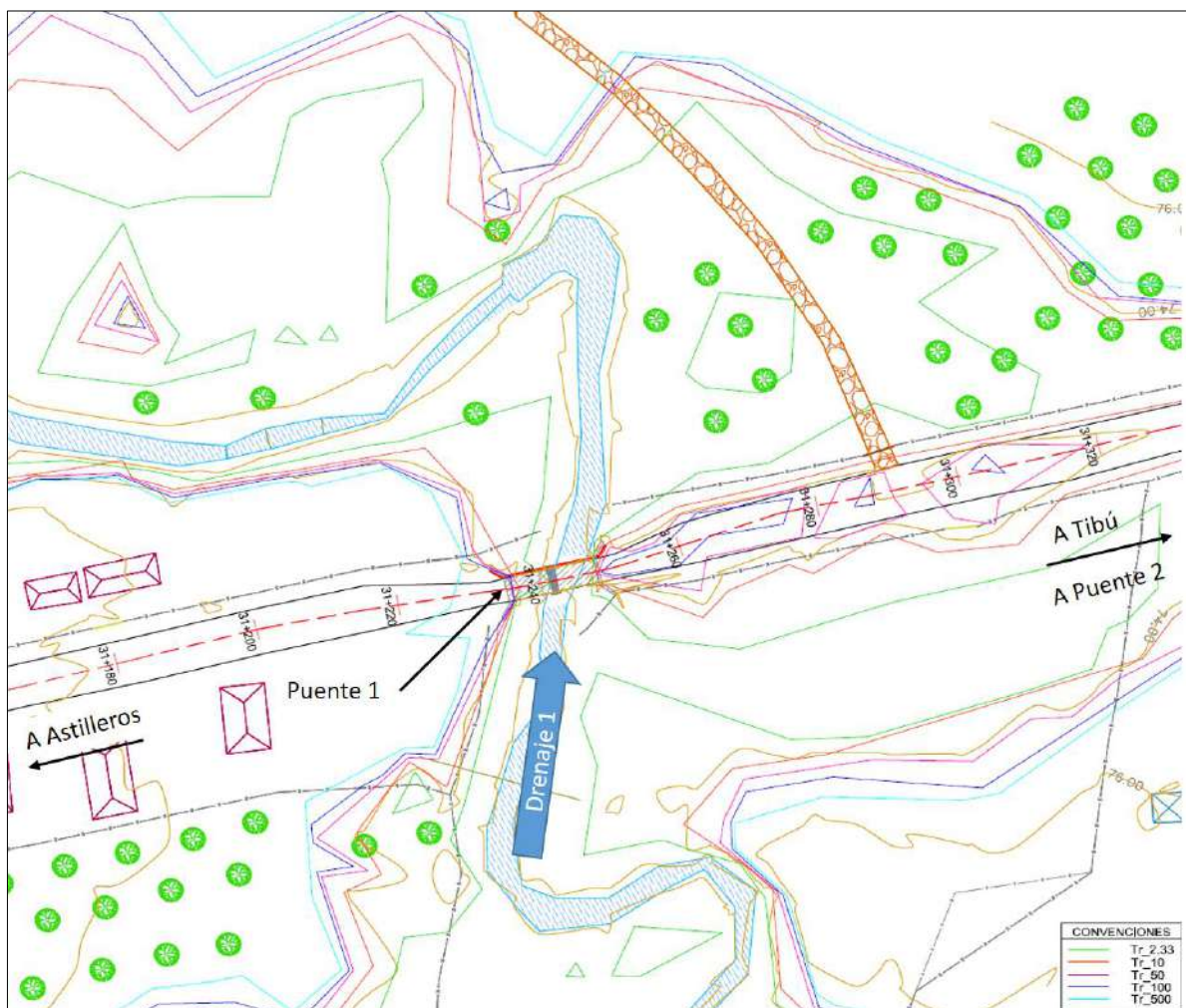


Figura 4.3 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 1

En el capítulo 5 se recomiendan los niveles mínimos de la rasante de la vía y de la viga inferior del puente.

4.2.2 Puente 2

En el modelo hidráulico del drenaje asociado al puente 2 se usaron las secciones mostradas en la Figura 4.4. En esta figura se observa que la sección 117.7422 es la determinante para definir los niveles de agua en la vía y definir la cota de la rasante de la misma.

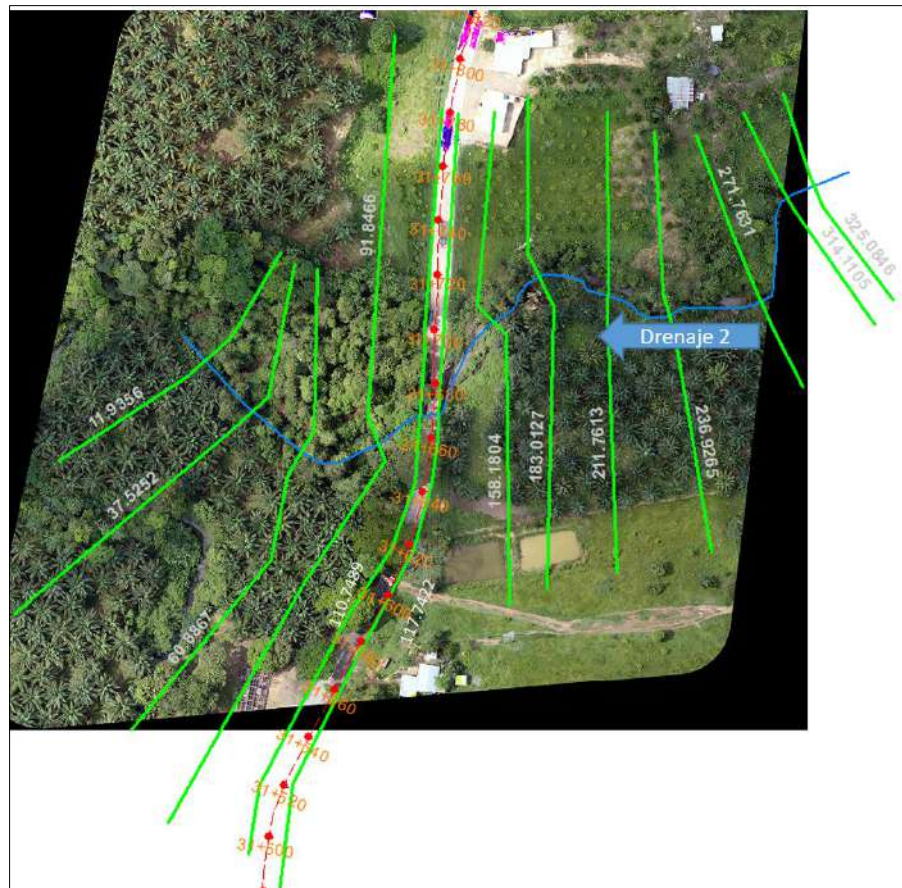


Figura 4.4 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 2

En la Tabla 4.3 se presentan los niveles de agua estimados para la crecientes con 100 años de periodo de retorno (59,6 m³/s), en los dos lados de la vía.

Tabla 4.3 Niveles de agua para Tr 100 años (59,6 m³/s) en las inmediaciones del puente 2

Abscisa	Modelo	Sección HEC-RAS		Nivel de agua para Tr 100 años (msnm)	
		margen izquierda	margen derecha	margen izquierda	margen derecha
31+500 - 31+780	Puente 2	110.7489	117.7422	73.72	73.73

En la Figura 4.5 se presentan las manchas de inundación para los periodos de retorno de 2,33 (17,5 m³/s), 10 (34,6 m³/s), 50 (52,2 m³/s), 100 (59,6 m³/s) y 500 años (76,3 m³/s). Para mayor detalle de las manchas de inundación consultar el Anexo 4.

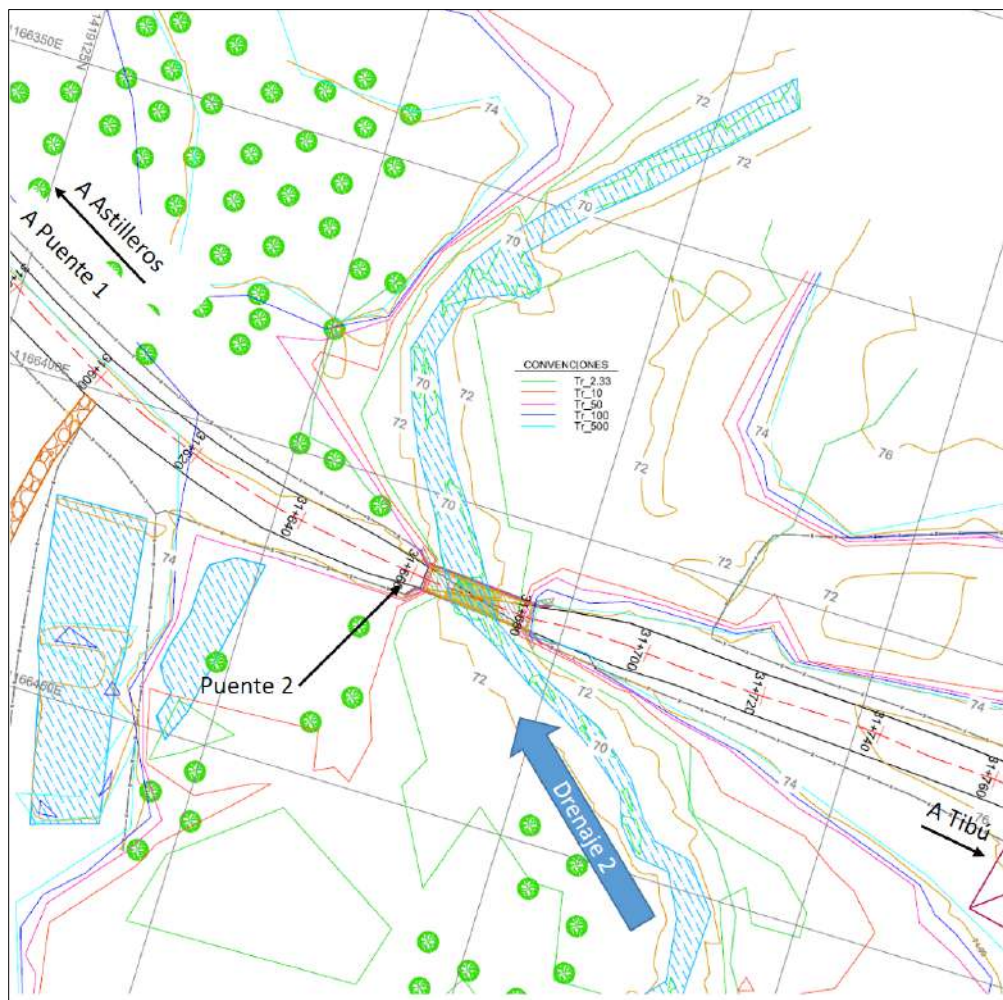


Figura 4.5 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 2

En la Figura 4.5 se identifica que las manchas de inundación del puente 2 se unen con sus similares del puente 1. Sin embargo, la inundación está controlada por la rasante a partir de la abscisa K31+680.

En el capítulo 5 se recomiendan los niveles mínimos de la rasante de la vía y de la viga inferior del puente.

4.2.3 Puente 3

En el modelo hidráulico del drenaje asociado al puente 3 se usaron las secciones mostradas en la Figura 4.6. En esta figura se observa que la sección 206.3502 es la determinante para definir los niveles de agua en la vía y definir la cota de la rasante de la misma.

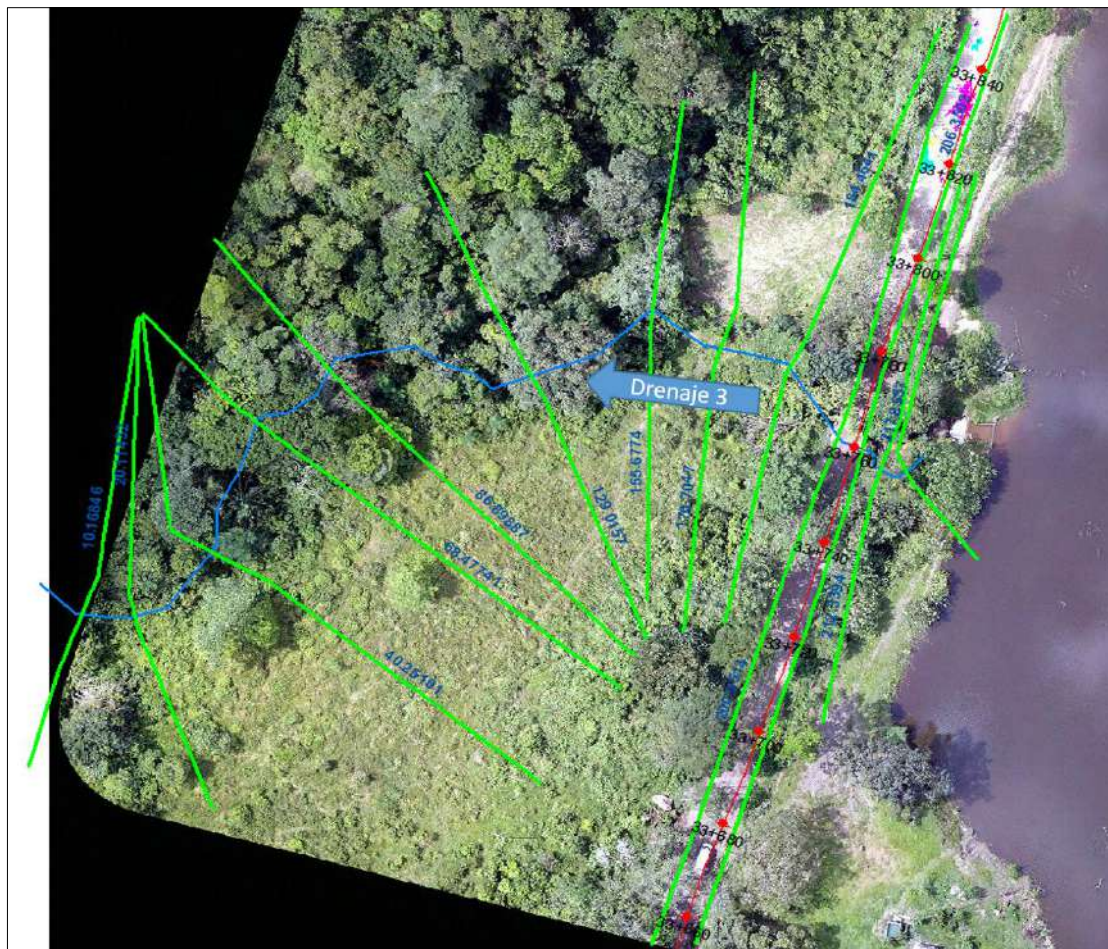


Figura 4.6 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 3

En la Tabla 4.4 se presentan los niveles de agua estimados para la crecientes con 100 años de periodo de retorno (13,48 m³/s), en los dos lados de la vía. En el Anexo 2 y el Anexo 3 se muestran los niveles de agua para todos los periodos de retorno estudiados.

Tabla 4.4 Niveles de agua para Tr 100 años (13,48 m³/s) en las inmediaciones del puente 3.

Abscisa	Modelo	Sección HEC-RAS		Nivel de agua para Tr 100 años (msnm)	
		margen izquierda	margen derecha	margen izquierda	margen derecha
33+660 - 33+850	Puente 3	200.9514	206.3502	78.98	79.09

En la Figura 4.7 se presentan las manchas de inundación para los periodos de retorno de 2,33 (4,35 m³/s), 10 (6,66 m³/s), 50 (10,81 m³/s), 100 (13,48 m³/s) y 500 años (21,8 m³/s). Se observa que la vía no se inundará debido a las crecientes provenientes del lago artificial y el drenaje asociado al puente 3. Para mayor detalle de las manchas de inundación consultar el Anexo 4.

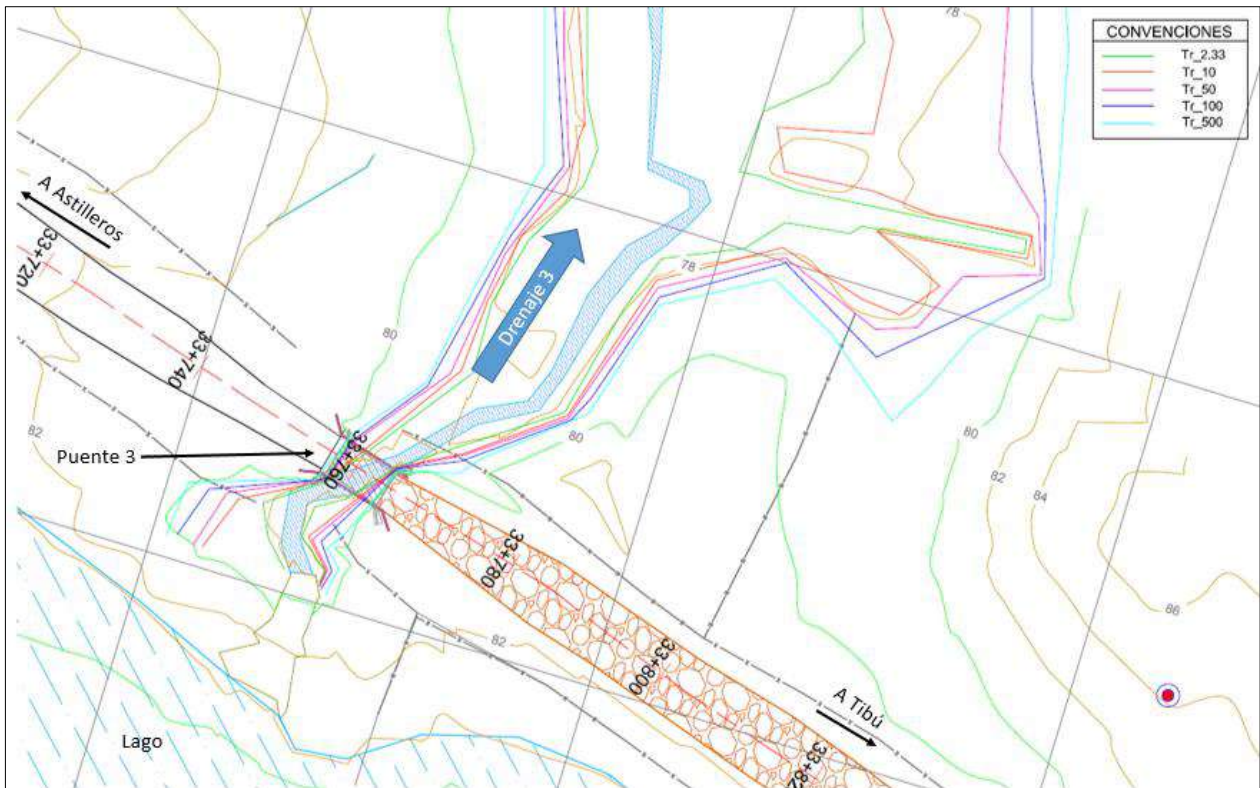


Figura 4.7 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 3

En el capítulo 5 se recomiendan los niveles mínimos de la rasante de la vía y de la viga inferior del puente.

4.2.4 Puente 4 a 8

En el modelo hidráulico del caño Chinato y los diferentes drenajes asociados a los puentes 4 a 9 se usaron las secciones mostradas de la Figura 4.8 a la Figura 4.13

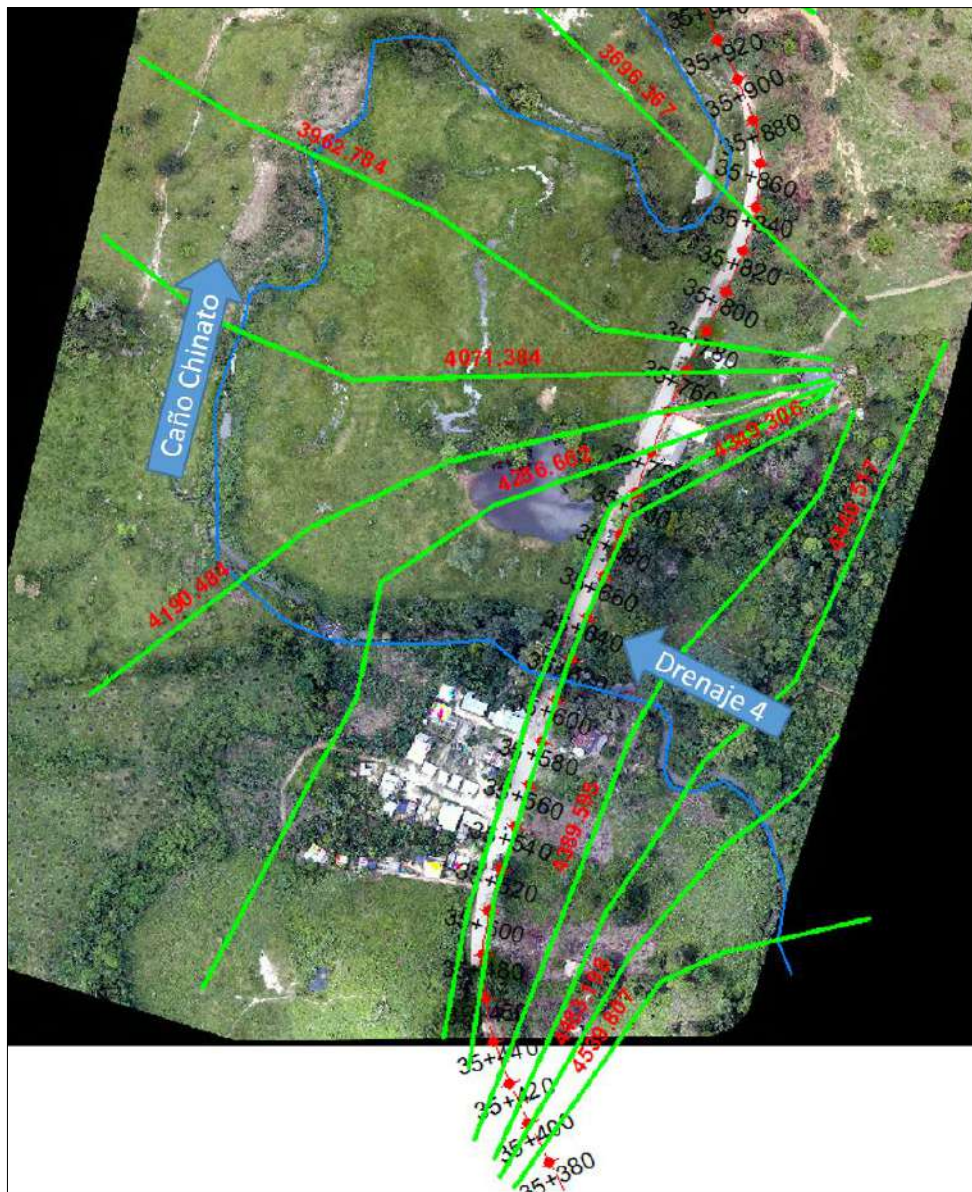


Figura 4.8 Secciones usadas en drenaje 4 – Caño Chinato entre las abscisas K35+380 y K35+920 de la vía Astilleros-Tibú



Gobernación
de Norte de
Santander

SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA

CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-
PR41+000

P&D
CONSULTORES

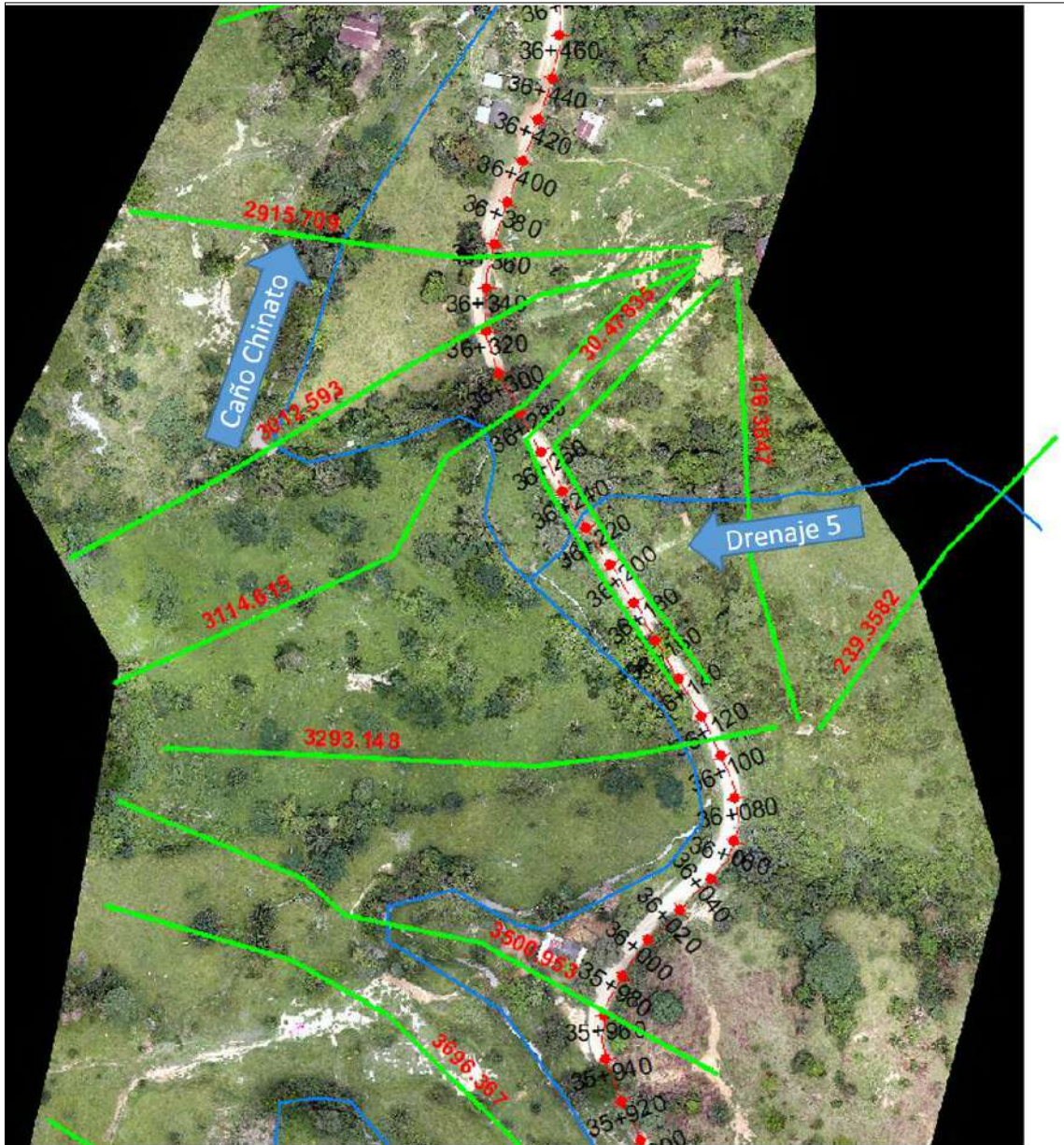


Figura 4.9 Secciones usadas en drenaje 5 – Caño Chinato entre las abscisas K35+920 y K36+460 de la vía Astilleros-Tibú



Gobernación
de Norte de
Santander

SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA

CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-
PR41+000

P&D
CONSULTORES

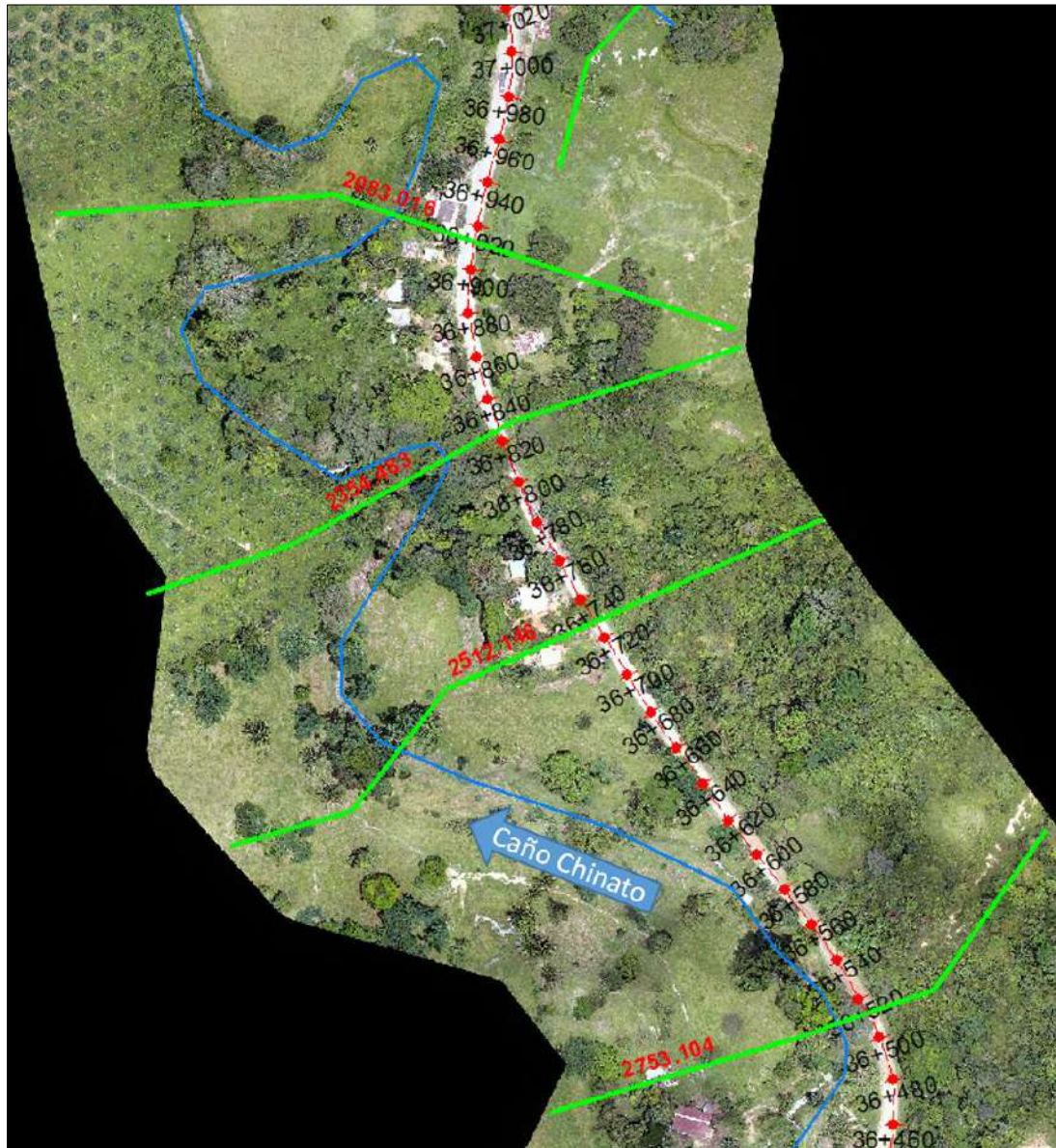


Figura 4.10 Secciones usadas en Caño Chinato (entre drenajes 5 y 6) entre las abscisas K36+460 y K36+960 de la vía Astilleros-Tibú



Gobernación
de Norte de
Santander

SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA

CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-
PR41+000

P&D
CONSULTORES

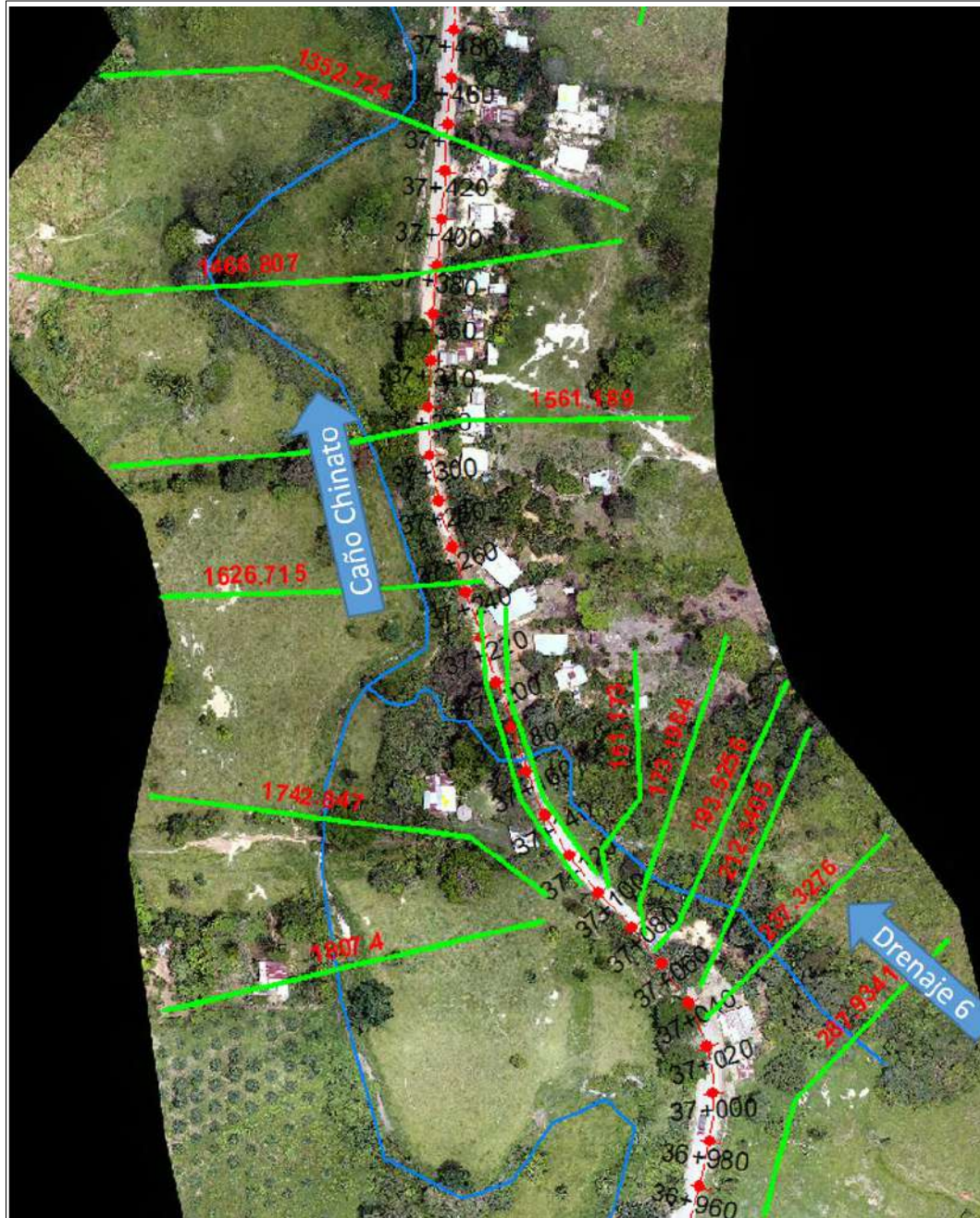


Figura 4.11 Secciones usadas en drenaje 6 – Caño Chinato entre las abscisas K36+960 y K37+480 de la vía Astilleros-Tibú

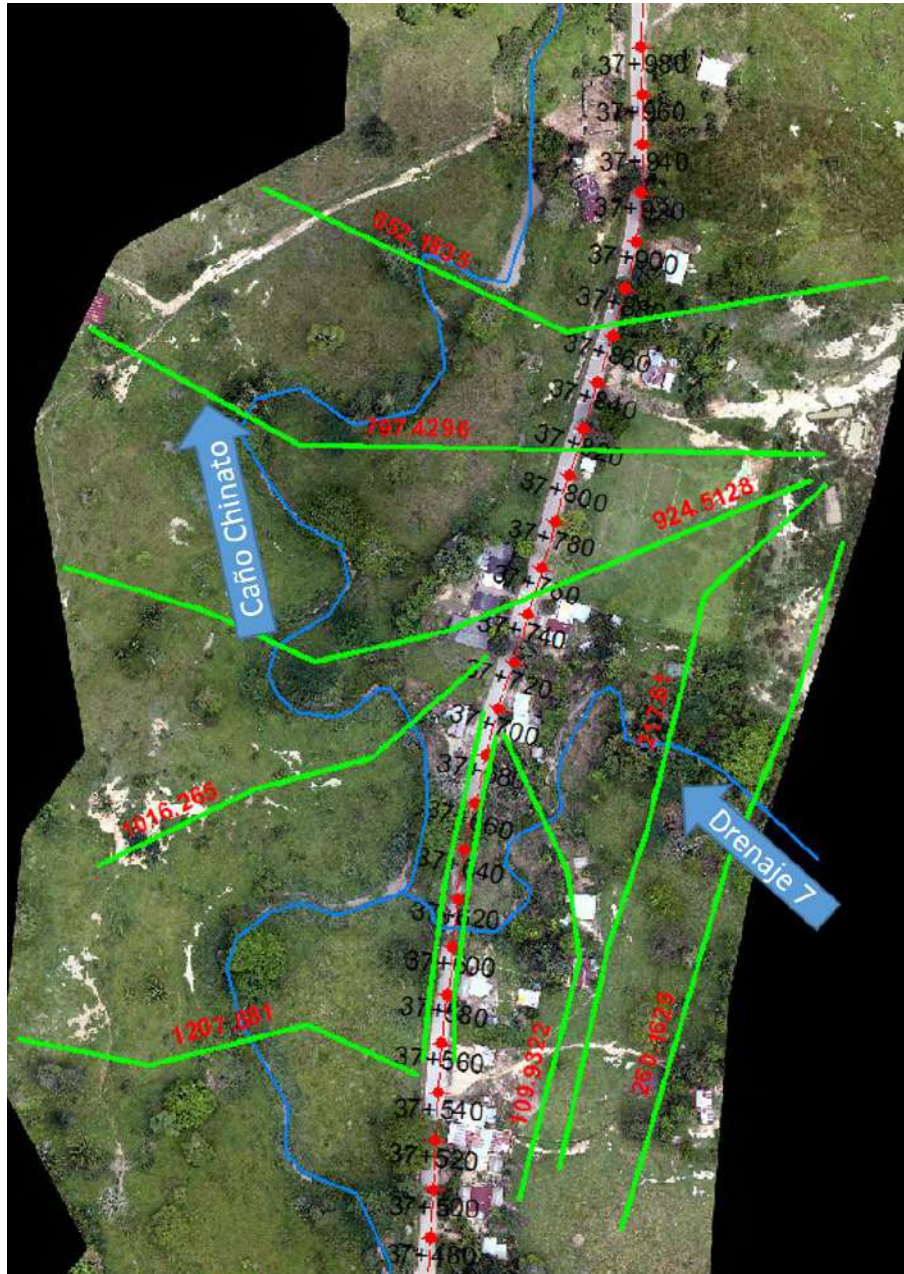


Figura 4.12 Secciones usadas en drenaje 7 – Caño Chinato entre las abscisas K37+480 y K37+980 de la vía Astilleros-Tibú

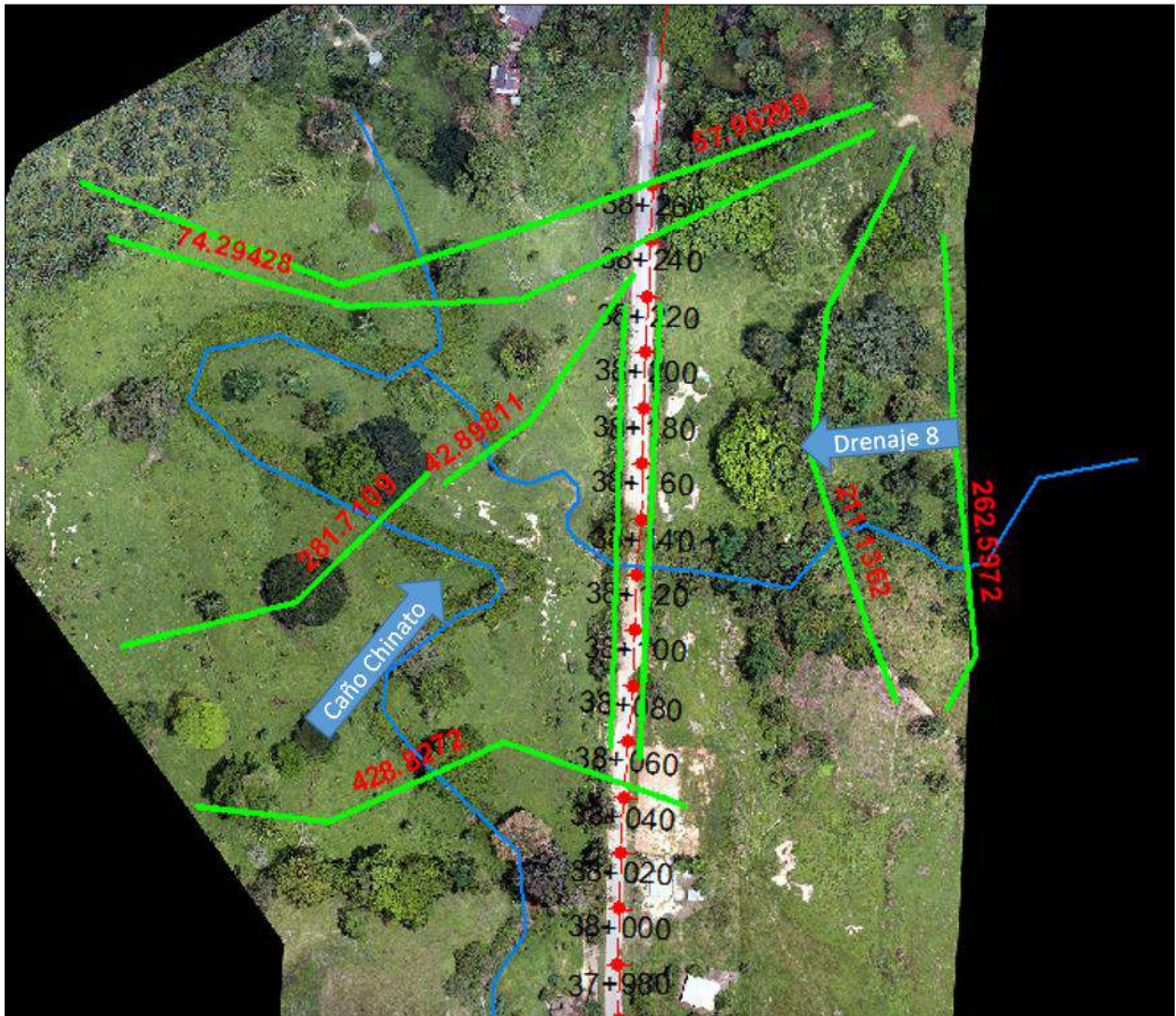


Figura 4.13 Secciones usadas en drenaje 8 – Caño Chinato entre las abscisas K37+980 y K38+260 de la vía Astilleros-Tibú

En la Tabla 4.5 se presentan los niveles de agua estimados para la crecientes con 100 años de periodo de retorno en los dos lados de la vía. En el Anexo 2 y el Anexo 3 se muestran los niveles de agua para todos los periodos de retorno estudiados.





 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000	

Tabla 4.5 Niveles de agua para Tr 100 años entre Puente 4 y Puente 8 (K35+390 – K38+260)

Abscisa actual	Modelo	River - Reach	Sección HEC-RAS		Nivel de agua para Tr 100 años (msnm)	
			margen izquierda	margen derecha	margen izquierda	margen derecha
K35+390	P4P8	C_Chinato - P4		4539.81		68.46
K35+400		C_Chinato - P4		4483.2		68.35
K35+410		C_Chinato - P4		4440.52		68.32
K35+430		C_Chinato - P4		4389.6		68.29
K35+460		C_Chinato - P4	4339.936	4349.31	67.86	67.80
K35+700		C_Chinato - P4	4339.936	4349.31	67.86	67.80
K35+720		C_Chinato - P4	4256.662		67.66	
K35+740		C_Chinato - P4	4190.484		67.59	
K35+760		C_Chinato - P4	4071.384		67.46	
K35+780		C_Chinato - P4	3962.784		67.31	
K35+830		C_Chinato - P4	3696.367		66.31	
K35+960		C_Chinato - P4	3500.953		65.95	
K36+110		C_Chinato - P4	3293.148		65.24	
K36+130		Puente5	30.47836	43.3744	65.35	65.38
K36+270		Puente5	30.47836	43.3744	65.35	65.38
K36+280		C_Chinato - P5P6	3114.615	3114.62	65.37	
K36+320		C_Chinato - P5P6	3012.593		65.36	
K36+360		C_Chinato - P5P6	2915.709		65.30	
K36+510		C_Chinato - P5P6	2753.104		64.89	64.89
K36+730		C_Chinato - P5P6	2512.146	2512.15	64.36	64.36
K36+830		C_Chinato - P5P6	2354.483	2354.48	64.17	64.17
K36+920		C_Chinato - P5P6	2083.016		63.84	
K36+960		Puente6		287.934		64.29
K37+030		Puente6		237.328		62.86
K37+040		Puente6		212.341		62.86
K37+070		Puente6		193.526		62.86
K37+070		C_Chinato - P5P6	1807.4		64.43	
K37+080		Puente6		173.198		62.86
K37+080		C_Chinato - P5P6	1742.847		62.96	
K37+110		Puente6	81.26616	90.3145	62.85	62.85
K37+230		Puente6	81.26616	90.3145	62.85	62.85
K37+250		C_Chinato - P6P7	1626.715		62.83	
K37+310		C_Chinato - P6P7	1561.189		62.73	
K37+380		C_Chinato - P6P7	1466.807		62.52	
K37+430		C_Chinato - P6P7	1352.724		62.26	
K37+500		Puente7		109.932		62.14
K37+540		C_Chinato - P6P7	1207.681		62.05	
K37+560		Puente7	22.20736	32.3872	61.75	61.80
K37+700		Puente7	22.20736	32.3872	61.75	61.80

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000	

Abscisa actual	Modelo	River - Reach	Sección HEC-RAS		Nivel de agua para Tr 100 años (msnm)	
			margen izquierda	margen derecha	margen izquierda	margen derecha
K37+750		C_Chinato - P7P8	924.5128	924.513	61.73	61.73
K37+810		C_Chinato - P7P8	797.4296	797.43	61.71	61.71
K37+870		C_Chinato - P7P8	652.1835	652.184	61.70	61.70
K38+050		C_Chinato - P7P8	428.8272		61.66	
K38+060		Puente8	123.0617	134.788	60.06	60.00
K38+220		Puente8	123.0617	134.788	60.06	60.00
K38+240		C_Chinato - P8Abajo	74.29428		59.99	
K38+260		C_Chinato - P8Abajo	57.96299		59.92	

En la Figura 4.7 se presentan las manchas de inundación para los periodos de retorno de 2,33, 10, 50, 100 y 500 años. Se observa que la vía se inundará principalmente por lo niveles del caño Chinato en diferentes sectores: entre K36+010 y K36+280, K36+460 y K36+820, K37+170 y K37+200, K37+500 y K37+960, K38+130 y K38+170.

Para mayor detalle de las manchas de inundación consultar el Anexo 4.

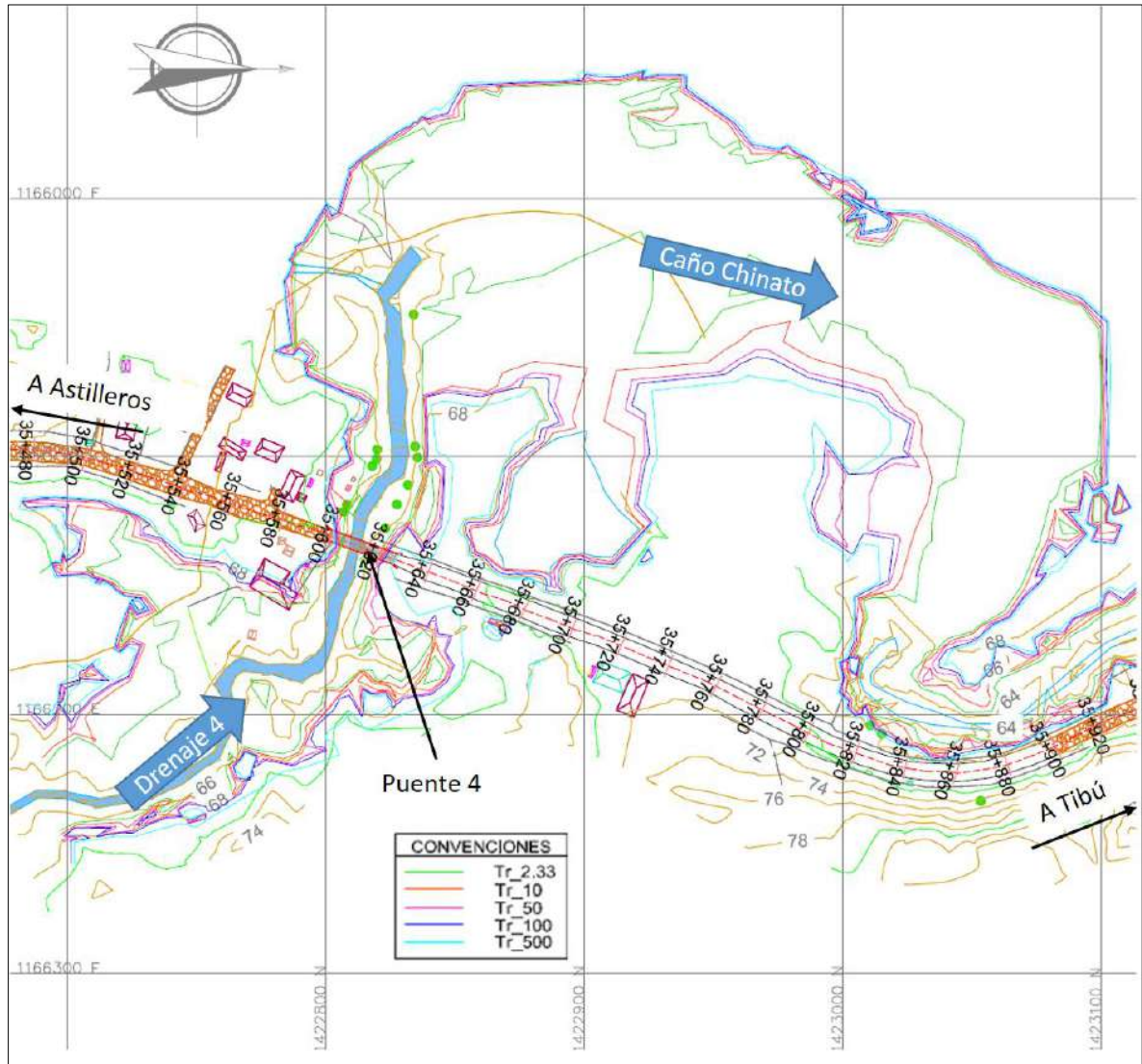


Figura 4.14 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) drenaje 4 – Caño Chinato entre las abscisas K35+380 y K35+920 de la vía Astilleros-Tibú

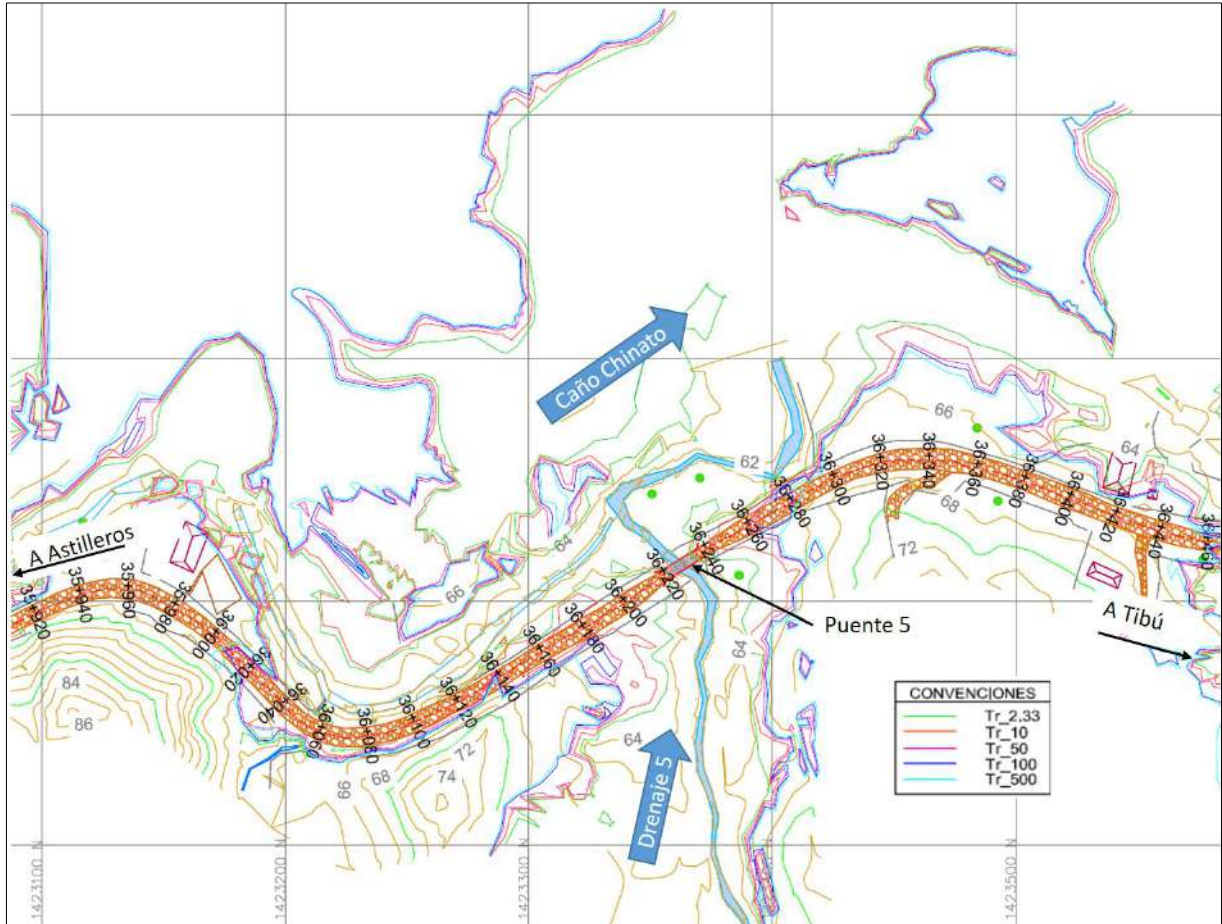


Figura 4.15 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (T_r) en drenaje 5 – Caño Chinato entre las abscisas K35+920 y K36+460 de la vía Astilleros-Tibú

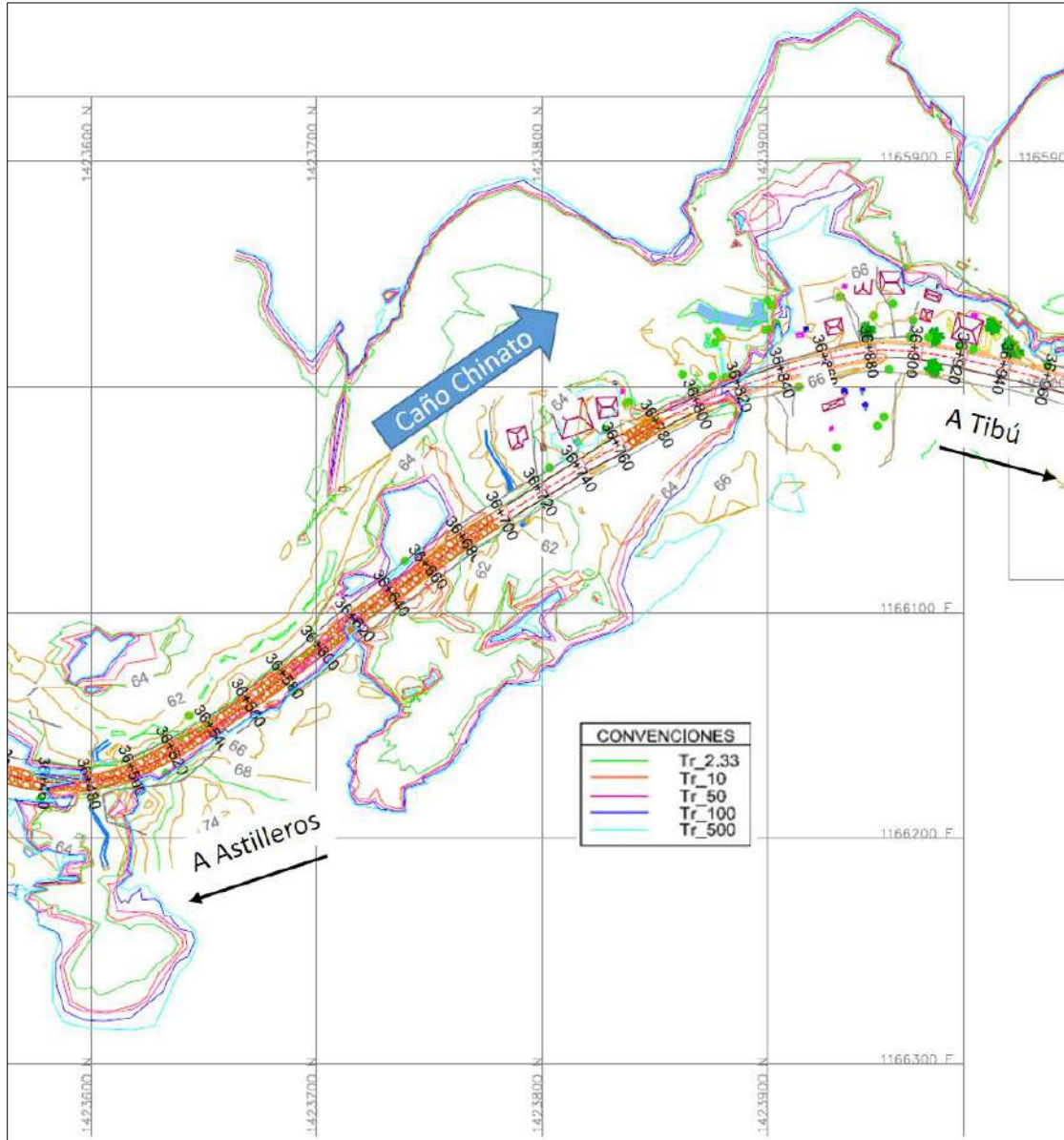


Figura 4.16 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (T_r) en Caño Chinato (entre drenajes 5 y 6) entre las abscisas K36+460 y K36+960 de la vía Astilleros-Tibú

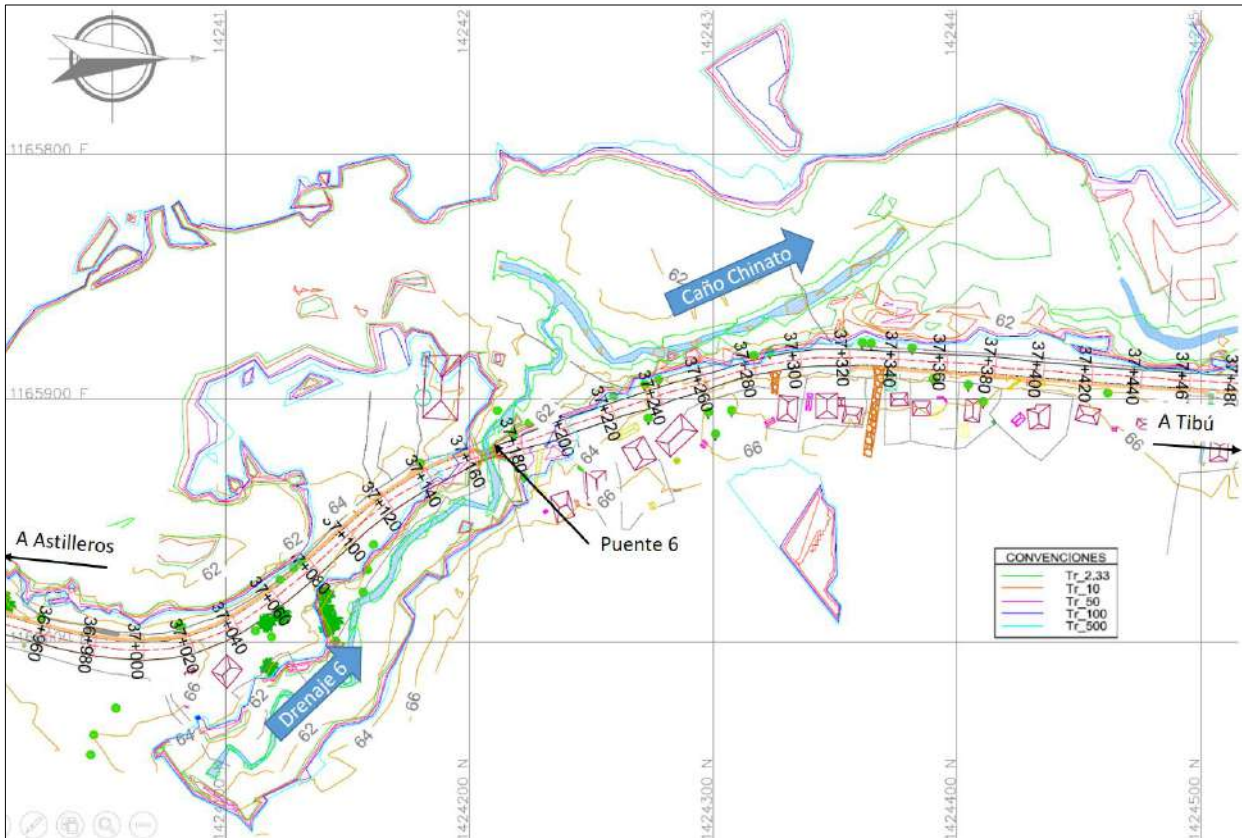


Figura 4.17 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en drenaje 6 – Caño Chinato entre las abscisas K36+960 y K37+480 de la vía Astilleros-Tibú

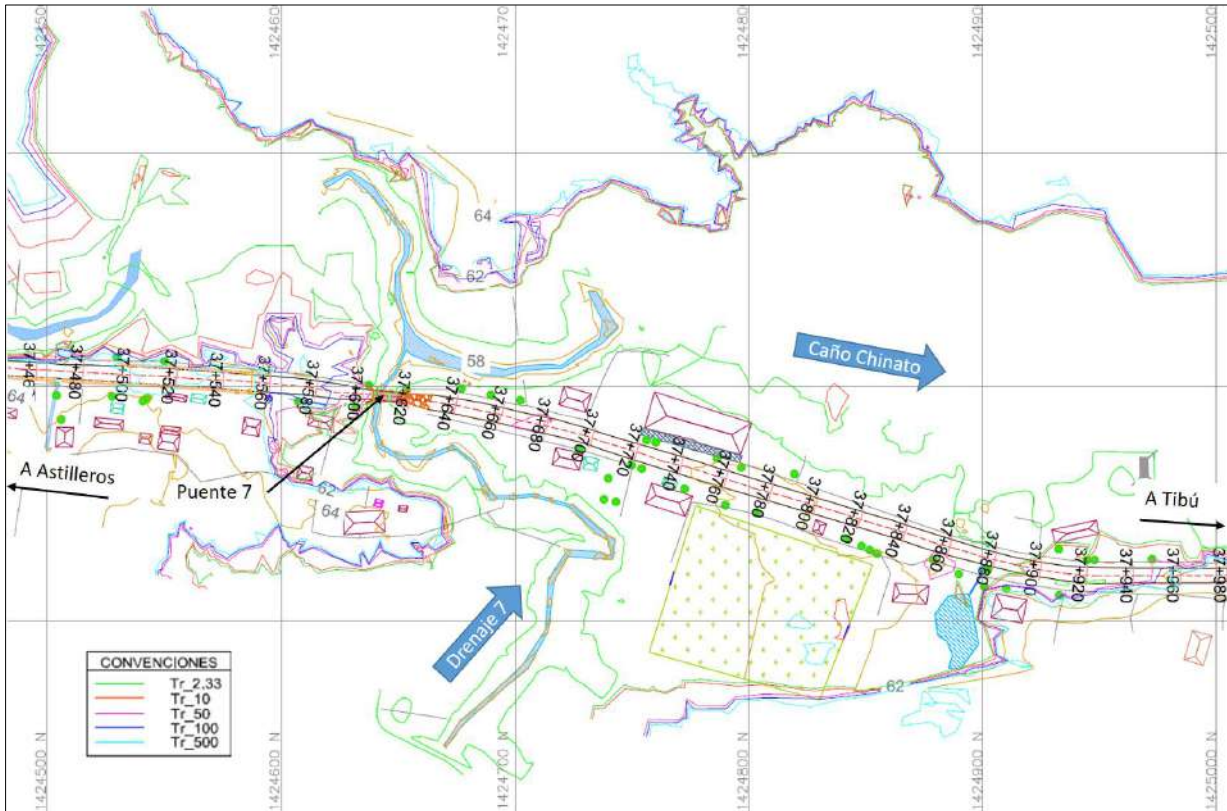


Figura 4.18 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en drenaje 7 – Caño Chinato entre las abscisas K37+480 y K37+980 de la vía Astilleros-Tibú

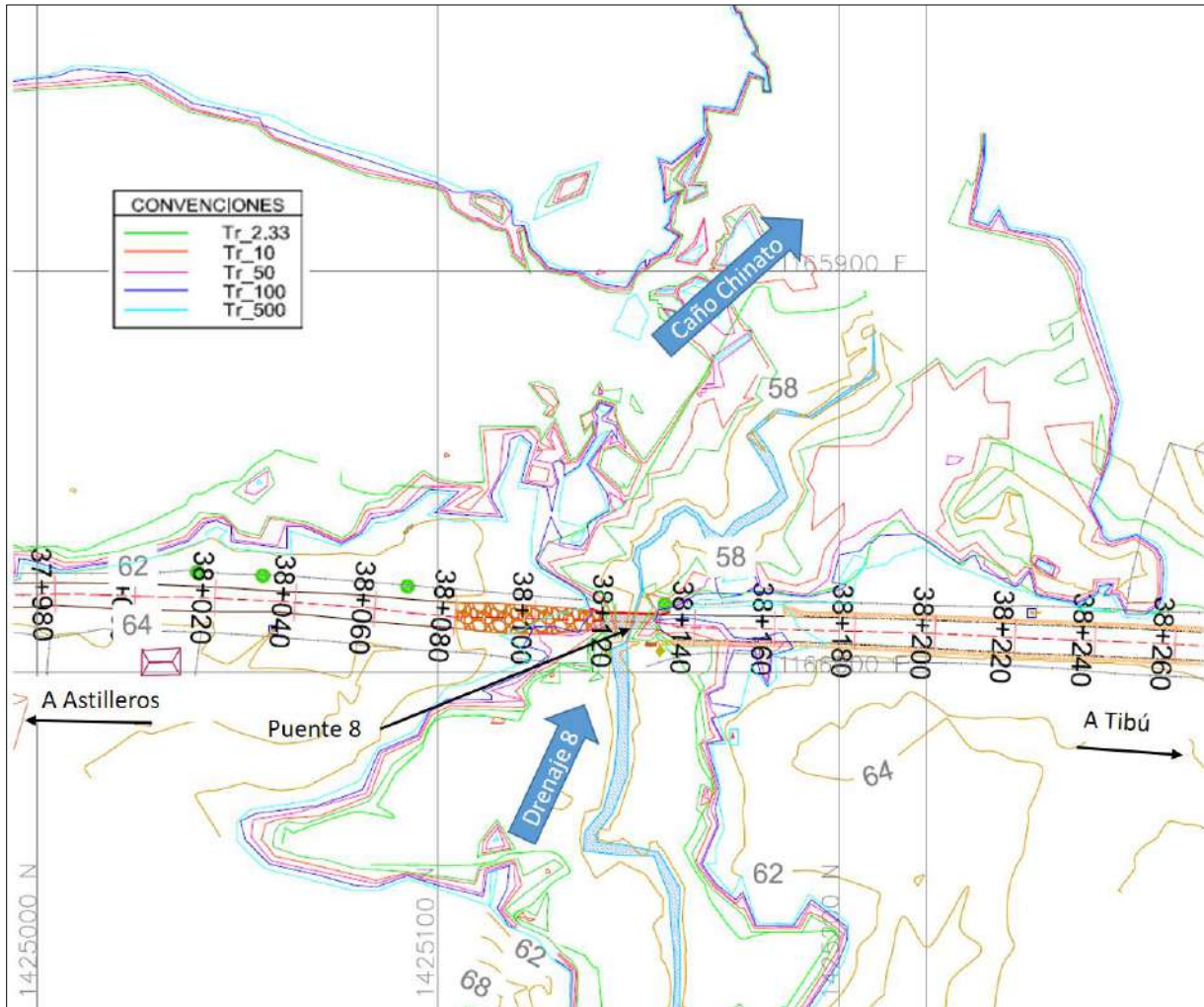


Figura 4.19 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en drenaje 8 – Caño Chinato entre las abscisas K37+980 y K38+260 de la vía Astilleros-Tibú

En el capítulo 5 se recomiendan los niveles mínimos de la rasante de la vía y de la viga inferior del puente.

4.2.5 Puente 9

En el modelo hidráulico del drenaje asociado al puente 9 se usaron las secciones mostradas en la Figura 4.20.

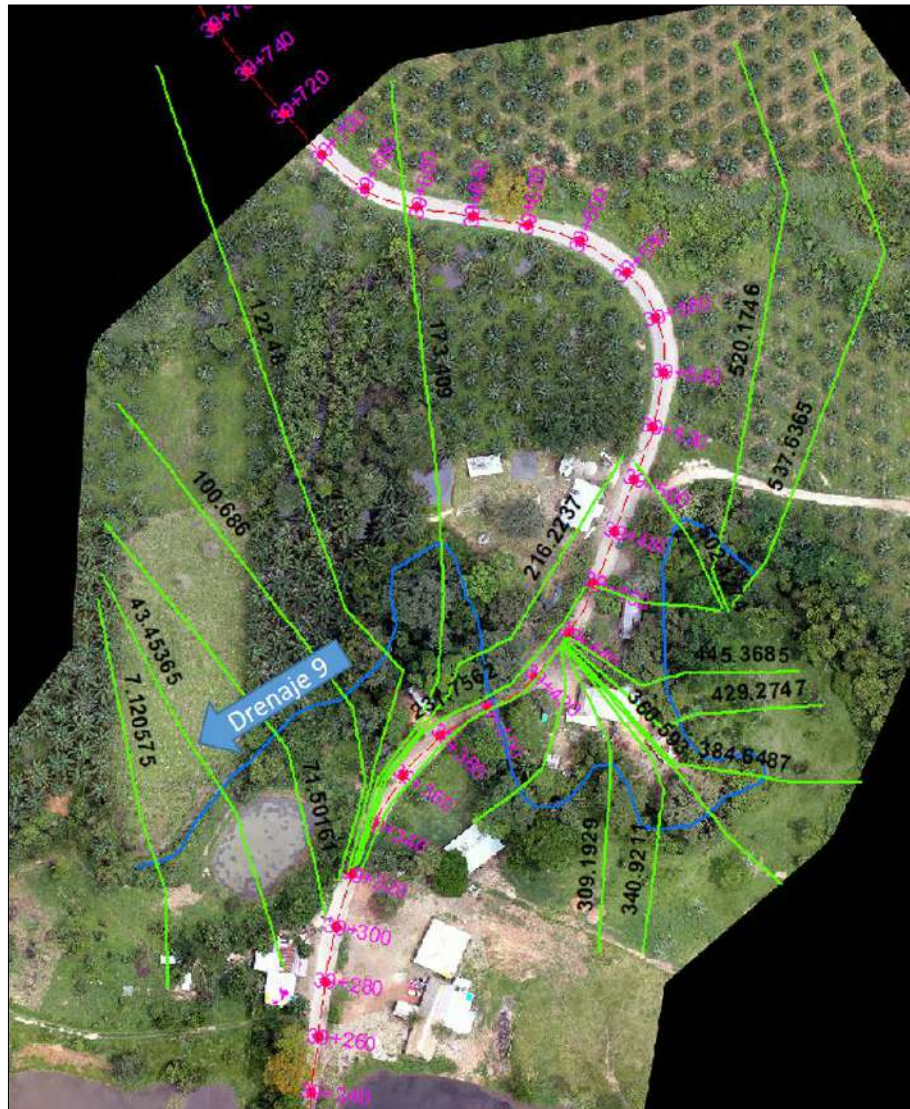


Figura 4.20 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 9

En la Tabla 4.6 se presentan los niveles de agua estimados para la crecientes con 100 años de periodo de retorno ($135,3 \text{ m}^3/\text{s}$), en los dos lados de la vía. En el Anexo 2 y el Anexo 3 se muestran los niveles de agua para todos los periodos de retorno estudiados.



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

Tabla 4.6 Niveles de agua para Tr 100 años (135,3 m³/s) en las inmediaciones del puente 9.

Abscisa	Modelo	Sección HEC-RAS		Nivel de agua para Tr 100 años (msnm)	
		margen izquierda	margen derecha	margen izquierda	margen derecha
K39+280	Puente 9	43.45365		59.79	
K39+300		100.686		59.90	
K39+320		231.7562	236.478	59.95	60.10
K39+440		231.7562	236.478	59.95	60.10
K39+460		216.2237	471.939	59.97	60.61
K39+500		216.2237	502.427	59.97	60.77
K39+520		173.409	520.175	59.99	60.78
K39+680		173.409	520.175	59.99	60.78
K39+750		122.48		59.97	

En la Figura 4.21 se presentan las manchas de inundación para los periodos de retorno de 2,33 (43,4 m³/s), 10 (81,5 m³/s), 50 (119,7 m³/s), 100 (135,3 m³/s) y 500 años (170,3 m³/s). Se observa que la vía se inundará para diferentes crecientes entre las abscisas K39+370 y K39+680. Para mayor detalle de las manchas de inundación consultar el Anexo 4.

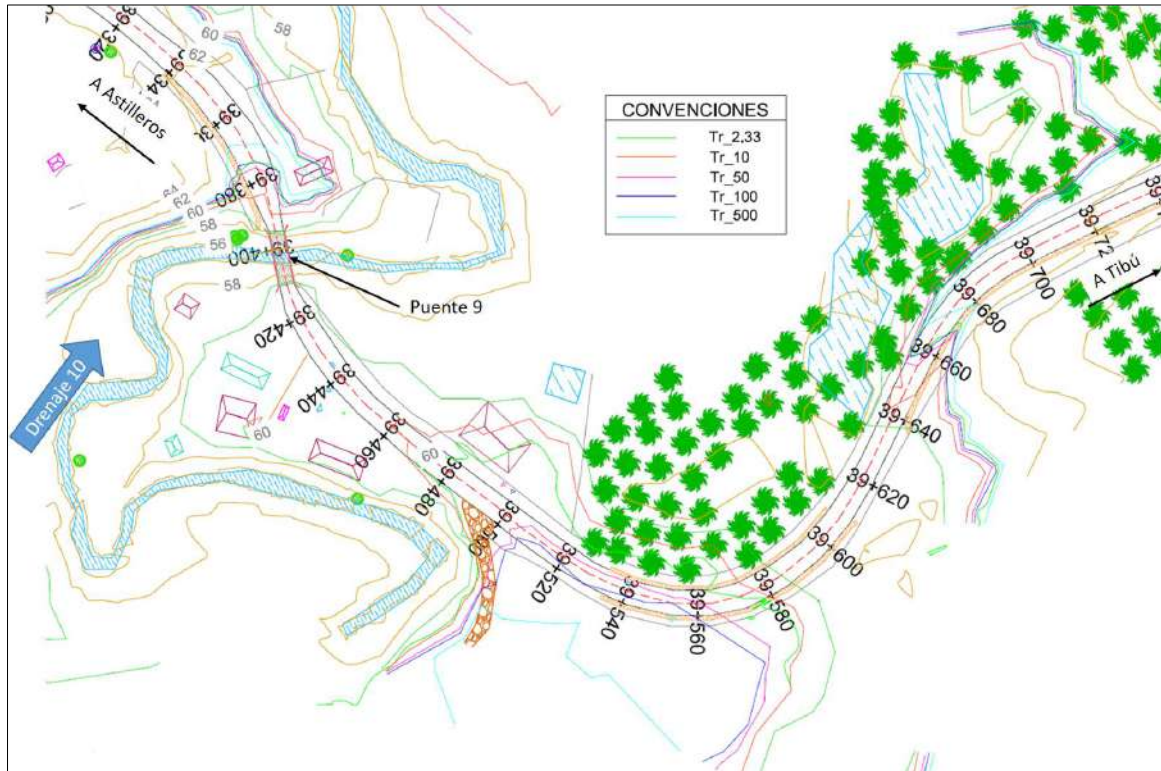


Figura 4.21 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 9

En el capítulo 5 se recomiendan los niveles mínimos de la rasante de la vía y de la viga inferior del puente.

4.2.6 Puente 10

En el modelo hidráulico del drenaje asociado al puente 10 se usaron las secciones mostradas en la Figura 4.22.

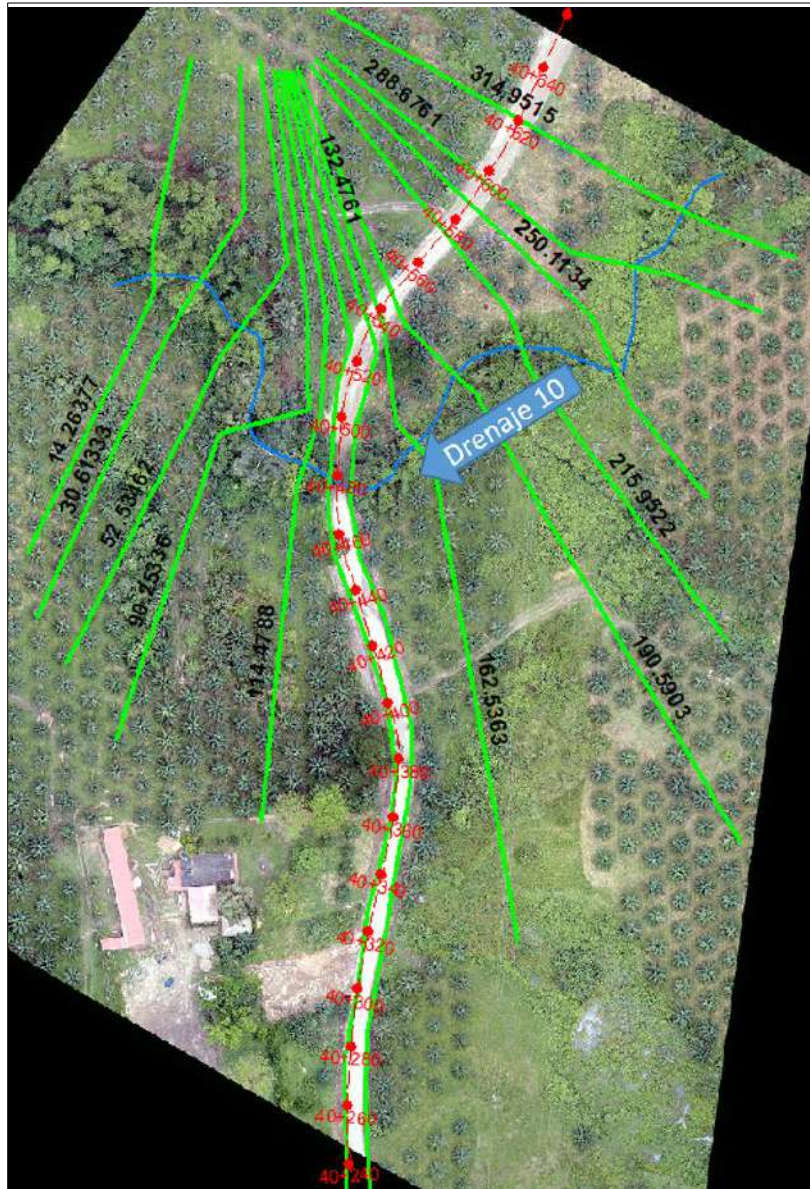


Figura 4.22 Secciones usadas en el modelo del drenaje del puente 10

En la Tabla 4.7 se presentan los niveles de agua estimados para la crecientes con 100 años de periodo de retorno (135,1 m³/s), en los dos lados de la vía. En el Anexo 2 y el Anexo 3 se muestran los niveles de agua para todos los periodos de retorno estudiados.



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000	

Tabla 4.7 Niveles de agua para Tr 100 años (135,1 m³/s) en las inmediaciones del puente 10

Abscisa	Modelo	Sección HEC-RAS		Nivel de agua para Tr 100 años (msnm)	
		margen izquierda	margen derecha	margen izquierda	margen derecha
K40+240	Puente 10	124.1862	132.476	57.17	57.52
K40+530		124.1862	132.476	57.17	57.52
K40+540			162.536		57.56
K40+550			190.59		57.53
K40+580			215.952		57.53
K40+590			250.113		57.53
K40+600			288.676		57.55
K40+620			314.952		57.56

En la Figura 4.21 se presentan las manchas de inundación para los periodos de retorno de 2,33 (43,3 m³/s), 10 (81,3 m³/s), 50 (119,4 m³/s), 100 (135,1 m³/s) y 500 años (169,9 m³/s). Se observa que la vía se inundará para diferentes crecientes entre las abscisas K40+290 y K40+710. Para mayor detalle de las manchas de inundación consultar el Anexo 4.

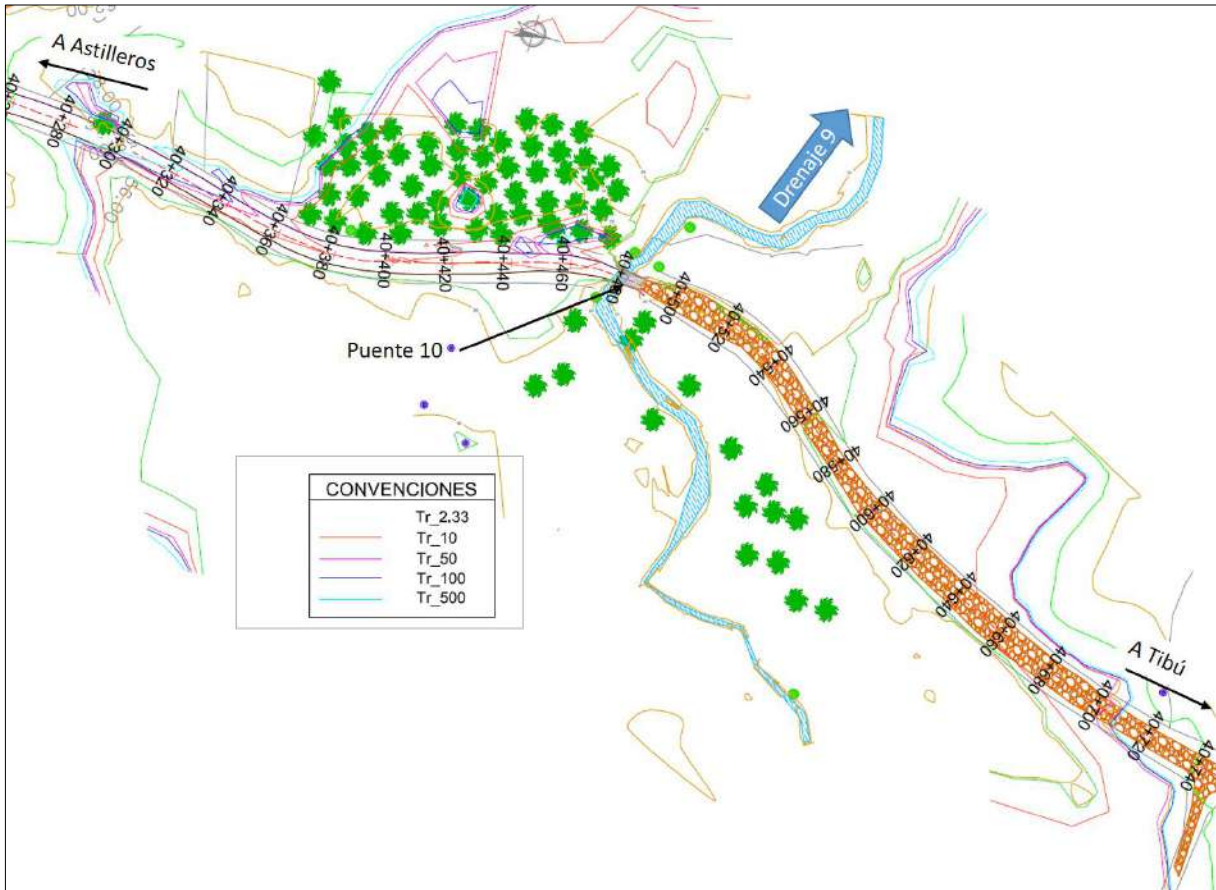


Figura 4.23 Manchas de inundación para diferentes periodos de retorno (Tr) en el puente 10

4.2.7 Alternativa evaluada para disminuir el nivel del agua

Como alternativa para reducir el nivel de agua en los diferentes caños asociados a los puentes 1 a 10, se analizó la posibilidad de ampliar la sección en la zona del puente, para eliminar la restricción que impone la reducción de la sección hidráulica en este punto. En cada caso se supuso una sección de ancho "B", con talud 1,5;1,0, que maximizara la sección hidráulica bajo el puente y no desprotegiera la cimentación de los estribos, como se muestra en la Figura 4.24. Para el caño asociado al puente 3 no se estudió esta posibilidad considerando que no se observa reducción de la sección transversal del cauce.

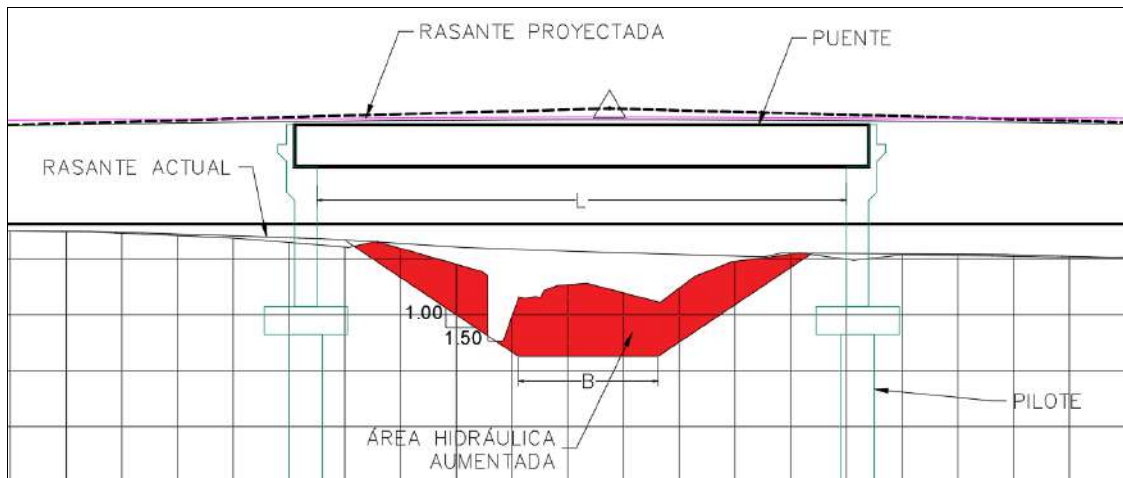


Figura 4.24 Sección típica de la modificación de la sección en el sector de cada puente.

En la Tabla 4.8 se indican las secciones usadas para cada puente.

Tabla 4.8 Secciones usadas en los diferentes modelos

Puente	Ancho de la base (m)
1	4,00
2	5,00
3	
4	7,00
5	8,00
6	5,00
7	4,00
8	4,00
9	8,20
10	5,00

Solo encontraron resultados positivos de reducción en las zonas asociadas a los puentes 8 y 10, como se muestra en la Tabla 4.9. En los demás cauces estudiados las variaciones de nivel no se consideraron significativas, toda vez que la reducción del nivel de flujo fue del orden de 5 cm o menos.

En el desarrollo del estudio de socavación se verificará la necesidad de usar la adecuación de los drenajes con canales regulares para la instalación de protección.





 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER		
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000		

Tabla 4.9 Tramo de rasante en los cuales el nivel de agua se reduce.

Puente asociado	Tramo de vía Eje actual		Tramo de vía Eje propuesto		Nivel de agua para Tr 100 años		Reducción de nivel (m)
	Abscisa inicial	Abscisa final	Abscisa inicial	Abscisa final	Actual (msnm)	Con adecuación de sección (msnm)	
8	K38+050	K38+284	K38+029	K38+263	60.9	60.00	0.90
10	K40+243	K40+703	K40+217	K40+677	58.16	57.56	0.60

Se adopta como solución para la disminución del nivel de agua en las zonas asociadas al puente 8 y 10 una sección trapezoidal de base 4,0 m y 5,0 m, respectivamente, con talud 1,5;1,0, considerando la reducción del nivel de agua indicada en la Tabla 4.9.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000	

5 NIVELES MÍNIMOS RECOMENDADOS PARA LA RASANTE DE LA VÍA Y VIGA INFERIOR DEL PUENTE

En el presente capítulo se indican los principales criterios para seleccionar las cotas mínimas de la rasante de la vía y de la viga inferior de los 10 puentes en estudio. Además, se relacionan los valores finalmente adoptados para para estos dos aspectos.

5.1 NIVELES MÍNIMOS PARA LA RASANTE DE LA VÍA

Las cotas mínimas de la rasante de la vía cercana a cada puente se definieron como la suma de los niveles máximos estimados más una altura adicional de seguridad o borde libre.

Inicialmente se revisó la posibilidad de conservar un borde libre que permita una protección adicional ante sobre-elevaciones del flujo debido a ondas u oleajes. Para esto se usó la ecuación sugerida en el numeral 4.6.1 del manual de drenajes [4], la cual es tomada de las recomendaciones del U.S. Bureau of Reclamation (USBR) para diseño de canales (ver Ecuación 5.1).

$$BL = 0,15 LN Q + 0,47$$

Ecuación 5.1

Dónde:

BL = Borde libre, en m.

Q = Caudal máximo de la creciente de diseño, en m^3/s . Como caudal de diseño se usó en cada caso el valor máximo asociado a la creciente con 100 años de periodo de retorno.

Sin embargo, el borde libre se limitó a un valor máximo de 60 cm, que corresponde a la suma de la altura de la menor estructura de pavimento aplicada S4 (50cm) más 10 cm. Por lo tanto si el borde libre estimado con la Ecuación 5.1 es mayor a 60 cm, este constituiría un valor teórico y no se aplicaría para definir la cota de la rasante. La limitación del borde libre se realizó siguiendo las recomendaciones de la interventoría, de acuerdo a los limitantes de espacio que hay en la zona y la reducción de costo por compra de predios para el desarrollo del proyecto. En la



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000- PR41+000</p>	

Tabla 5.1 se presentan Niveles mínimos sugeridos para el tramo 1 (K31+000 a K41+000) de la vía Astilleros-Tibú.

Tabla 5.1 Niveles mínimos sugeridos para el tramo 1 (K31+000 a K41+000) de la vía Astilleros-Tibú, en las zona de influencia de los caños 1 a 10 y del Caño Chinato

Tramo No	Drenaje	Tramo de vía Eje propuesto		Caudal (m ³ /s)	Borde libre USBR (Teórico)	Borde libre recomendado	Nivel de agua para Tr 100 años	Nivel mínimo teórico	Nivel mínimo sugerido de la rasante
		Abscisa inicial	Abscisa final		(m)	(m)	(msnm)	(msnm)	(msnm)
1	Puente 1 y 2	K31+191	K31+717	60.40	1.09	0.60	74.33	74.93	74.95
2	Caño Chinato entre Puente 4 y 5	K35+864	K35+984	91.90	1.15	0.60	66.95	67.55	67.55
3	Caño Chinato entre Puente 4 y 5	K35+984	K36+082	91.90	1.15	0.60	66.49	67.09	67.10
4	Puente 5	K36+082	K36+265	55.70	1.07	0.60	65.38	65.98	66.00
5	Caño Chinato entre Puente 5 y 6	K36+328	K36+520	91.90	1.15	0.60	65.32	65.92	65.95
6	Caño Chinato entre Puente 5 y 6	K36+520	K36+666	91.90	1.15	0.60	64.84	65.44	65.45
7	Caño Chinato entre Puente 5 y 6	K36+666	K36+826	91.90	1.15	0.60	64.48	65.08	65.10
8	Puente 6	K37+026	K37+256	91.90	1.15	0.60	63.57	64.17	64.20
9	Caño Chinato entre Puente 6 y 7	K37+256	K37+319	91.90	1.15	0.60	62.80	63.40	63.40
10	Caño Chinato entre Puente 6 y 7	K37+319	K37+529	91.90	1.15	0.60	62.64	63.24	63.25
11	Puente 7	K37+529	K38+029	69.40	1.11	0.60	61.80	62.40	62.40
12	Puente 8 y Caño Chinato	K38+029	K38+263	91.90	1.15	0.60	60.06	60.66	60.70
13	Puente 9	K39+287	K39+682	135.30	1.21	0.60	60.78	61.38	61.40
14	Puente 10	K40+217	K40+677	135.10	1.21	0.60	57.56	58.16	58.20

5.2 COTAS MÍNIMAS RECOMENDADAS PARA LA VIGA INFERIOR DEL PUENTE Y LONGITUD MÍNIMA DEL PUENTE

Las cotas de las vigas inferiores de los puentes se definieron para mantener una separación o gálibo mínimo de 2,0 m con la cota máxima del nivel de inundación para la avenida de diseño, considerando que los drenajes no transportan troncos u otros objetos voluminosos. Este criterio se adoptó para cumplir la recomendación de diseño indicada en el numeral 4.5.4.3 del Manual de Drenajes para Carreteras de Colombia [4].

Para definir la cota máxima de inundación se usó el nivel de agua en la sección aguas arriba del puente para el caudal de diseño. Como creciente de diseño se usó la avenida con un periodo de retorno de 1 en 100 años, en todos los casos, de acuerdo a lo exigido en el 2.6.3 de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – CCP 14 [5].

La longitud de cada puente se definió buscando que los estribos de los puentes no obstruyan el paso del agua de la creciente con 100 años de periodo de retorno, como en el caso del puente 1 (ver Figura 5.1).

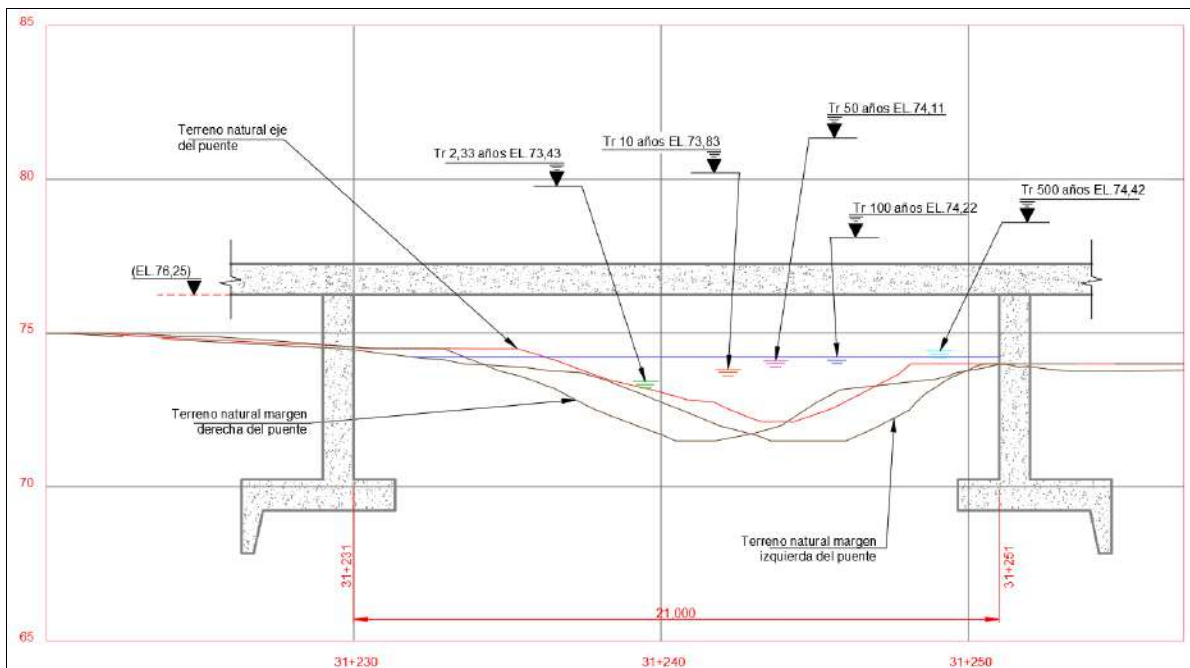




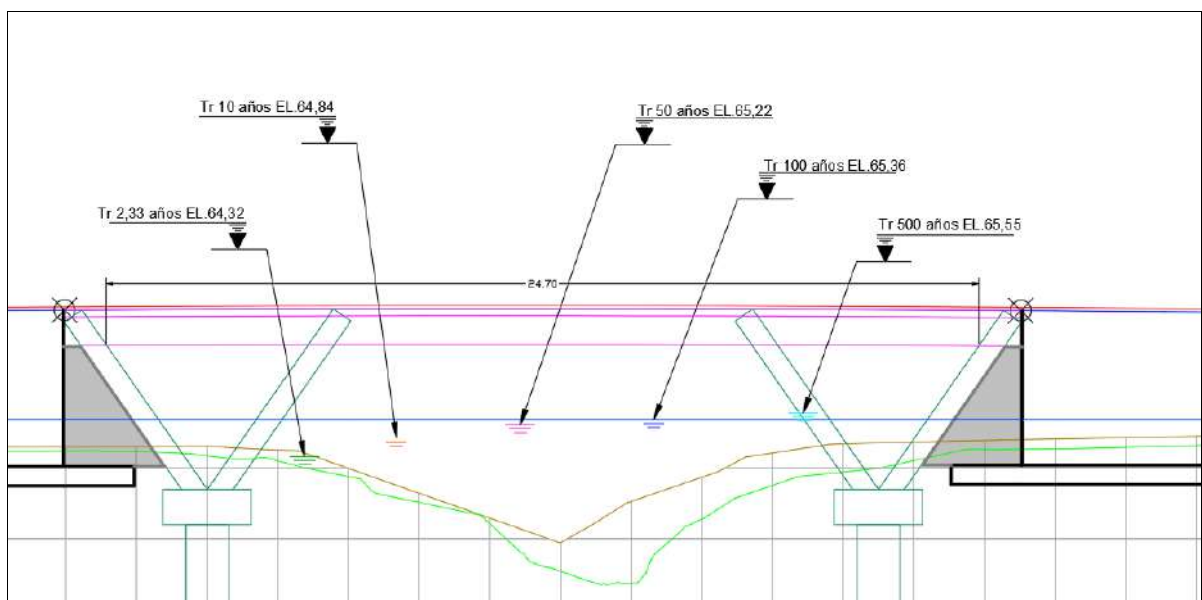
Figura 5.1 Perfil puente 1

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

Sin embargo, para los casos en que la planicie de inundación extendiera el ancho superficial más de 30 m se definieron las longitudes de los puentes a partir un procedimiento iterativo que consistía en estimar los niveles de agua para diferentes longitudes de puentes, iniciando en 30 m. La longitud finalmente adoptada correspondió al menor valor que no aumentara los niveles de agua por encima de los valores estimados para la condición actual. La longitud finalmente adoptada consideró la ampliación de cauce indicada en el numeral 4.2.7.

Ante la eventualidad de que la ampliación de cauce no tenga mantenimiento preventivo en el tiempo se estima que no se presente reducción del gálibo que tendría cada puente para las crecientes con periodo de retorno de 100 y 50 años, sin embargo, esta condición no garantiza la protección ante la socavación.

Este procedimiento se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones de interventoría referente a limitaciones por afectaciones prediales, evitar compra de predios aguas arriba y aguas abajo y evitar la construcción de puente con pilas intermedias (ver figura 5.2). Para controlar los efectos por la reducción de la longitud del puente se proyectó una protección de la sección modificada de cada puente, la cual controla el avance de la socavación bajo la cimentación de los estribos de los puentes. El detalle de este diseño se presenta en el informe correspondiente a Socavación y Puntos Críticos.







 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ	

Figura 5.2 Perfil puente 5

En la Tabla 5.2 se presentan las cotas mínimas de la viga inferior y las longitudes de los puentes recomendadas desde el punto de vista hidráulico, con las restricciones de costo indicadas anteriormente.

Tabla 5.2 Cotas mínimas de la viga inferior y longitudes de los puentes recomendadas desde el punto de vista hidráulico

Puente No	Nivel para creciente de Tr 100 años (msnm)	Cota mínima de la viga inferior (msnm)	Longitud del puente según criterio de ancho superficial (m)	Longitud definida del puente (m)
1	74.22	76.25	23.00	21.00
2	73.73	75.75	28.70	26.00
3	79.09	81.10	11.00	15.00
4	67.80	69.80	30.00	30.00
5	65.36	67.40	30.00	19.00
6	62.85	64.90	30.00	15.00
7	61.66	63.70	30.00	17.00
8	60.00	62.00	30.00	19.00
9	59.94	62.00	30.00	19.00
10	57.19	59.20	30.00	19.00

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

6 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA

En el presente capítulo se verifica en el nivel de protección ante la inundación adoptado finalmente, considerando las limitantes de espacio existentes para la modificación del trazado en planta y perfil.



6.1 COTA DE LA RASANTE

Inicialmente se verificó si el diseño geométrico cumplía con el nivel mínimo recomendado en el numeral 5.1, para la protección de la vía ante la inundación producida por una creciente con periodo de retorno de 100 años, ya que debido a las limitaciones por afectaciones prediales no fue posible cumplir con esta recomendación en todos los sectores del tramo de vía estudiado, toda vez que se requeriría adquirir de predios de difícil compra para poder construir el terraplén de la vía

Se logró mantener una cota igual o superior a la mínima recomendada para la rasante los 14 tramos, de acuerdo a la información mostrada en la Tabla 6.1, con lo cual se concluye que todos los sectores analizados para la vía Tibú-Astilleros, entre las abscisas K31+000 y K41+000, están protegidos ante la inundación producida por crecientes con periodos de retorno menores o iguales a 100 años.

Tabla 6.1 Verificación de la cota mínima recomendada para protección ante la inundación de la creciente con 100 de periodo de retorno

Tramo No	Tramo de vía Eje propuesto		Nivel de agua para Tr 100 años	Nivel mínimo sugerido de la rasante	Nivel mínimo de la rasante en diseño geométrico	Cumple con el borde libre	La rasante se ubica por encima del nivel de agua para Tr 100
	Abscisa inicial	Abscisa final	(msnm)	(msnm)	(msnm)		
1	K31+191	K31+717	74.33	74.95	75.12	OK	OK
2	K35+864	K35+984	66.95	67.55	67.55	OK	OK
3	K35+984	K36+082	66.49	67.10	67.14	OK	OK
4	K36+082	K36+265	65.38	66.00	67.7	OK	OK
5	K36+328	K36+520	65.32	65.95	65.95	OK	OK
6	K36+520	K36+666	64.84	65.45	65.5	OK	OK
7	K36+666	K36+826	64.48	65.10	65.21	OK	OK
8	K37+026	K37+256	63.57	64.20	64.20	OK	OK
9	K37+256	K37+319	62.80	63.40	63.57	OK	OK
10	K37+319	K37+529	62.64	63.25	63.45	OK	OK
11	K37+529	K38+029	61.90	62.40	62.46	OK	OK
12	K38+029	K38+263	60.06	60.70	61.64	OK	OK
13	K39+287	K39+682	60.78	61.40	61.47	OK	OK
14	K40+217	K40+677	57.56	58.20	58.57	OK	OK

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ	

6.1.1 Probabilidad de inundación de la rasante

Se estimó la probabilidad que se presente la inundación en los diferentes tramos, considerando el periodo de retorno para el cual se encuentra protegido y un periodo de hasta 50 años de vida útil de la vía, con la ayuda de la Ecuación 6.1.

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^n \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Dónde:

J = Probabilidad que la creciente de diseño sea igualada o excedida durante n años.



Tr = Periodo de retorno que inunda la vía.

n= Años de operación de la vía.

En la Tabla 6.2 se presenta la probabilidad estimada que se presente una creciente igual o superior a la protección de la rasante. Se identifica que en todos los tramos de vía existe una baja probabilidad (del orden del 5%) que se inunden en los primeros 5 años de operación de la vía.

Tabla 6.2 Probabilidad que sea igualada o excedida la creciente de diseño de la vía

Tramo No	Tramo de vía Eje propuesto		Periodo de retorno del nivel de la rasante (Tr) (años)	Años de operación de la vía					
	Abscisa inicial	Abscisa final		1	5	10	15	25	50
1	K31+191	K31+717	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
2	K35+864	K35+984	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
3	K35+984	K36+082	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
4	K36+082	K36+265	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
5	K36+328	K36+520	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
6	K36+520	K36+666	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
7	K36+666	K36+826	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
8	K37+026	K37+256	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
9	K37+256	K37+319	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
10	K37+319	K37+529	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
11	K37+529	K38+029	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
12	K38+029	K38+263	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
13	K39+287	K39+682	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%
14	K40+217	K40+677	100	1%	5%	10%	14%	22%	39%

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ	

6.2 COTA Y LONGITUD MÍNIMA DE PUENTES

La longitud finalmente proyectada para los puentes fue definida en acuerdo entre la consultoría y la interventoría, los cuales tuvieron en cuenta factores como el diseño geométrico, afectaciones prediales y los costos. En la Tabla 6.3 se presenta la comparación de las longitudes que fueron objeto de evaluación hidráulica con la longitud usada. Se verificó el cumplimiento de la longitud recomendada del puente.

Tabla 6.3 Verificación de la luz libre del puente

Puente No	Longitudes recomendadas (m)	Longitud usada (m)
1	21.00	21.00
2	26.00	26.00
3	15.00	15.00
4	30.00	30.00
5	24.70	24.70
6	15.00	15.00
7	17.00	17.00
8	23.90	23.90
9	24.95	24.95
10	19.00	19.00

Adicionalmente, se verificó que la cota mínima de la viga de los puentes cumpliera con lo indicado en el numeral 5.2. Se identificó que todos los puentes proyectados para la vía Astilleros-Tibú, entre el K31+000 y K41+000, tiene un galibo mayor o igual a 2,0 m sobre el nivel de la creciente de 100 años, como se muestra en la Tabla 6.4

Tabla 6.4 Verificación de la cota mínima de la viga inferior del puente

Puente No	Nivel para creciente de 100 Tr (msnm)	Cota mínima de la viga inferior recomendada (msnm)	Cota mínima de la viga inferior usada (msnm)	Verificación Cota mínima de la viga inferior
1	74.22	76.25	Variable	Cumple parcialmente*
2	73.73	75.75	77.53	OK
3	79.09	81.10	82.20	OK
4	67.80	69.80	71.50	OK
5	65.36	67.40	68.60	OK
6	62.85	64.90	65.90	OK

Puente No	Nivel para creciente de 100 Tr (msnm)	Cota mínima de la viga inferior recomendada (msnm)	Cota mínima de la viga inferior usada (msnm)	Verificación Cota mínima de la viga inferior
7	61.66	63.70	64.90	OK
8	60.71	62.00	62.34	OK
9	59.94	62.00	63.20	OK
10	57.19	59.20	59.36	OK

En el puente 1 se identificó que la cota mínima de la viga del puente es igual o superior a la mínima recomendada (62,25 msnm) en 11,33 m de los 23 m del puente; mientras que en 11,67 m no fue posible cumplir con esta recomendación y se obtuvo un borde libre mínimo de 1,88 m, como se muestra en la Figura 6.1.

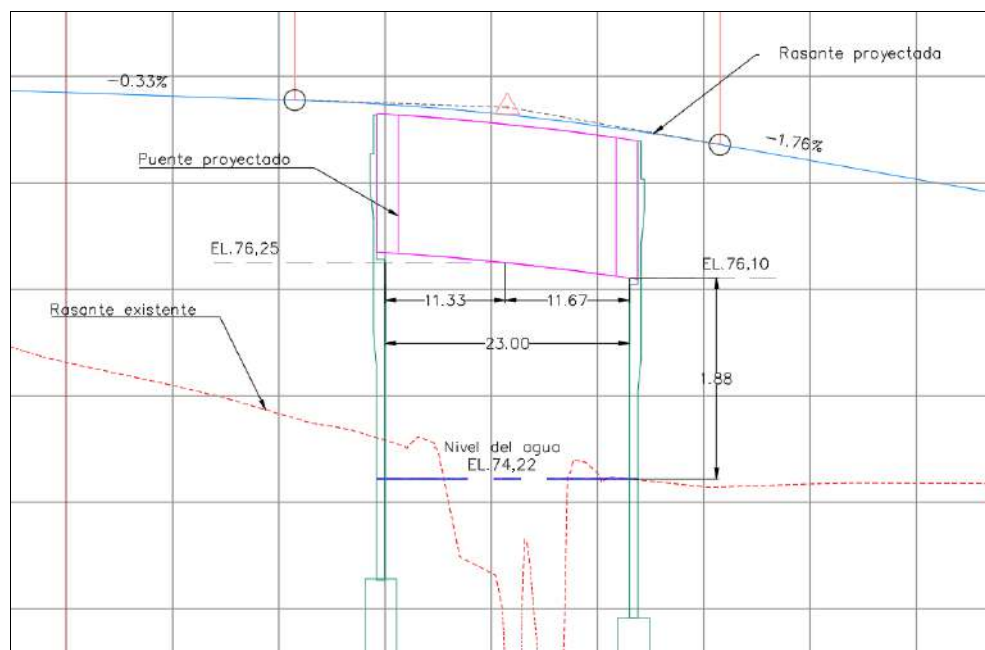




Figura 6.1 Verificación del galibo en el puente 1

No fue posible cumplir el galibo de 2,0 m en toda la longitud del puente considerando el diseño geométrico de la rasante, la cual está condicionada por limitantes prediales. Sin embargo, se aprecia que existe suficiente espacio para el paso de material flotante, por lo que no se espera que esta situación produzca obstrucciones en el paso del flujo.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ	

6.3 ALTERNATIVA DE BOX-CULVERT

Se analizó la posibilidad de implantar una batería de box-culvert de hasta 3 vanos, con un ancho máximo de 5,5 m, considerando las restricciones estructurales de este tipo de obras.

En la Tabla 6.5 se presentan las dimensiones estudiadas y resultados obtenidos en cada caso. Solo identifico la oportunidad de aplicar las dos opciones descritas anteriormente en los puentes 5 a 10.



Tabla 6.5 Dimensiones estudiadas y resultados obtenidos con la alternativa de box-culvert

Diseño actual			Con box - culvert			
Puente No	Longitud del puente (m)	Nivel Tr 100 (msnm)	Descripción	Nivel Tr 100 (msnm)	Aumento del nivel respecto diseño actual(m)	Cota mínima de la losa superior recomendada (msnm)
5	24.70	65.36	3 vanos de b=4,0 m	65.41	0.05	66.41
6	15.00	62.85	2 vanos de b=3.75 m	62.85	0.00	63.85
7	17.00	61.66	3 vanos de b=5,3 m	61.80	0.14	62.80
8	23.90	60.00	3 vanos de b=4,6 m	60.01	0.01	61.01
9	24.95	59.94	3 vanos de b=5.5 m	60.07	0.13	61.07
10	19.00	57.19	3 vanos de b=5.5 m	57.44	0.25	58.44

Se encontró que los niveles de las estructuras de paso en los caños 5 a 10 podría ser menores, ya que la norma no exige el cumplimiento de un borde libre en particular; sin embargo, se adoptó un valor de 1,0 m para la definición de la cota inferior de la losa superior de cada box-culvert.

Fue descartada la alternativa de box-culvert considerando las siguientes razones técnicas:



- Para aplicarla es importante estar seguro que los caños no transporten elementos de tamaño considerable, que puedan obstruir esta estructura, ya que al tener muros intermedios es más probable que se atasque ramas, basuras u otro objeto de gran tamaño. Esta situación se evidenció en el puente 2, en donde hay presencia de troncos y ramas generando en la pila intermedia del mismo, como se muestra en la Fotografía 6.1.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	



Fotografía 6.1 Basura acumulada en la pila intermedia del puente en el caño 2

- En todos los puentes se encontró depósitos muy compresibles de espesor mayor a 4 metros lo cual obliga a la implantación de pilotes o micro-pilotes en toda la losa de fondo para controlar asentamientos y no superar la capacidad admisible.
- La alternativa del puente no interviene en el cauce a diferencia de la opción del box-culvert.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

7 ESTUDIO DE SOCAVACIÓN

Para definir la cota de cimentación de los puentes se verificó el nivel al cual podría llegar el lecho con el paso de las crecientes de diseño con 100 y 500 años de periodo de retorno, como lo exige el Norma Colombiana de Diseño de Puentes – CCP 14 [5]. Para se estimó los perfiles de socavación debido a fenómenos generales, contracción y por efectos locales (curvas y/o estibo), con ayuda de expresiones recomendadas por el INVIAS [4] y autores especializados.

En la Tabla 7.1 se presentan los principales resultados de este estudio. En el informe de Socavación y Puntos Críticos se muestra un mayor detalle de la metodología, supuestos y resultados de la socavación en cada puente.

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 7.1 se concluye que:

- La máxima socavación se presentará en los puentes 9 y 10.
- En los puentes 2, 5, 6, 7 y 8 no se espera socavación general y por contracción.
- En los puentes 6 y 8 no se espera ningún tipo de socavación local, por lo cual no se necesario plantear una protección ante la socavación.
- Se recomienda que la cota de cimentación de los puentes no sea inferior a la indicada en la Tabla 7.1, para cada puente.
- En caso de utilizar cimentación profunda como pilas, *caissons* o pilotes, la cota de implantación de la punta de la cimentación deberá estar como mínimo 2 m debajo de la cota de cimentación recomendada en la Tabla 7.1.

De la

a la Figura 7.6 se muestran las secciones transversales de los puentes en los cuales se espera socavación general.



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ	

Tabla 7.1 Resumen de resultados del estudio de socavación

Puen- te No	Tr 100 años								Tr 500 años								Cota mínima de cimentación (msnm)
	Socavación General				Socavación Local				Socavación General				Socavación Local				
	Y _s		Fondo socavado		Y _s		Fondo socavado		Y _s		Fondo socavado		Y _s		Fondo socavado		
	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Izq	Der	Izq	Der	Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo	Izq	Der	Izq	Der	
1	1.66	1.18	69.84	70.71	1.92	2.41	67.92	67.43	1.58	1.39	69.92	70.50	2.27	2.88	67.64	67.03	66.40
2			69.50	69.50	1.10	2.02	68.40	67.48			69.50	69.50	1.18	2.19	68.32	67.31	66.40
3	0.44	0.77	77.56	76.73			76.73	76.73	0.74	1.02	77.26	76.48			76.48	76.48	75.70
4	2.80	1.12	60.48	62.34	2.11	3.02	58.37	57.46	3.27	1.11	60.01	62.34	2.45	3.63	57.56	56.38	56.30
5			60.71	60.71	2.01	1.35	58.70	59.36			60.71	60.71	2.17	1.21	58.54	59.50	57.60
6			59.36	59.36							59.36	59.36					58.30
7			57.39	57.39	0.78	1.65	56.81	55.75			57.39	57.39	0.58	1.67	56.62	55.72	54.70
8			56.95	56.95							56.95	56.95					55.30
9	1.99	3.22	54.01	52.28	3.22	4.21	49.06	48.06	1.99	3.45	54.01	52.05	3.86	4.96	48.20	47.09	47.00
10	1.01	4.38	52.08	49.46	2.67	3.57	47.09	45.93	0.81	3.97	52.27	49.87	2.78	3.94	46.79	45.89	44.80

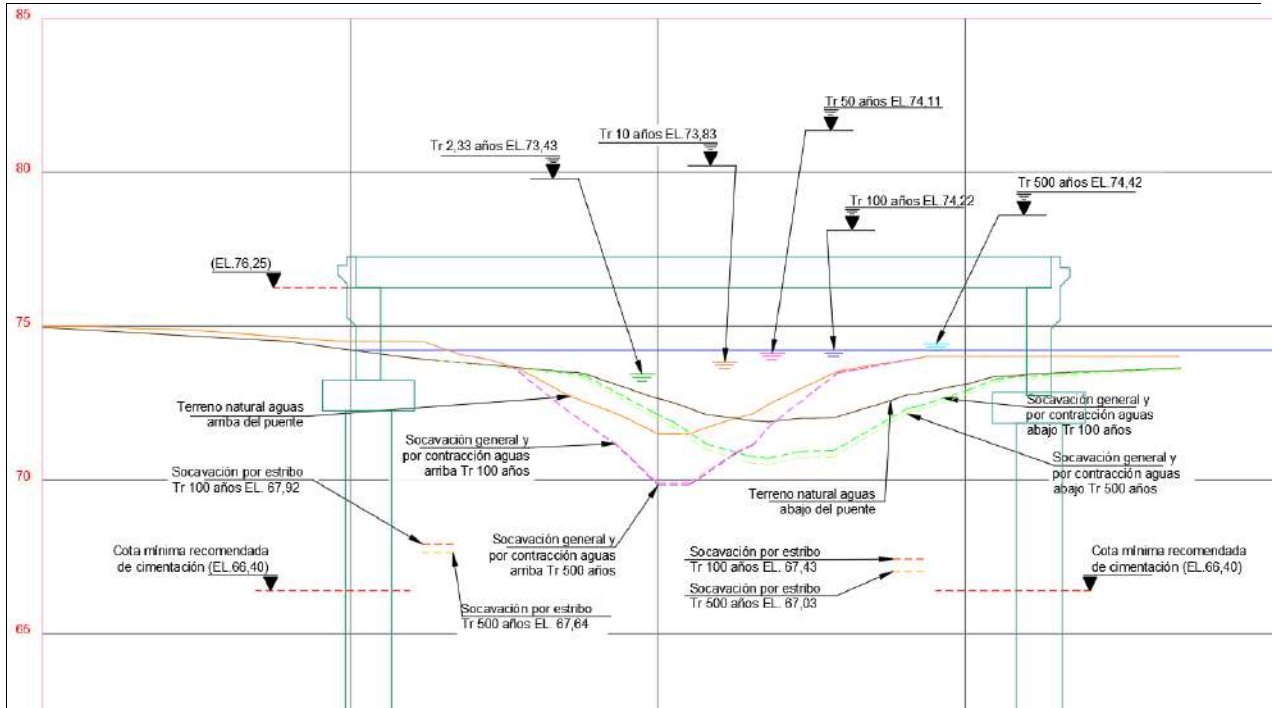


Figura 7.1 Perfil de socavación en el puente 1

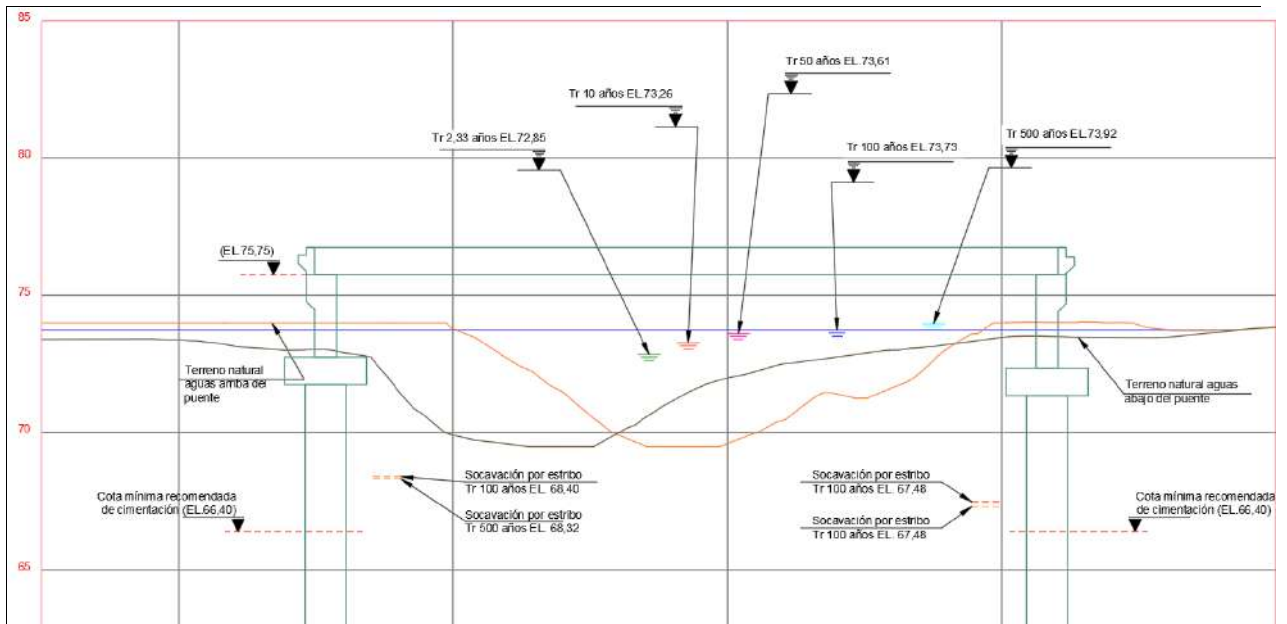


Figura 7.2 Perfil de socavación en el puente 2

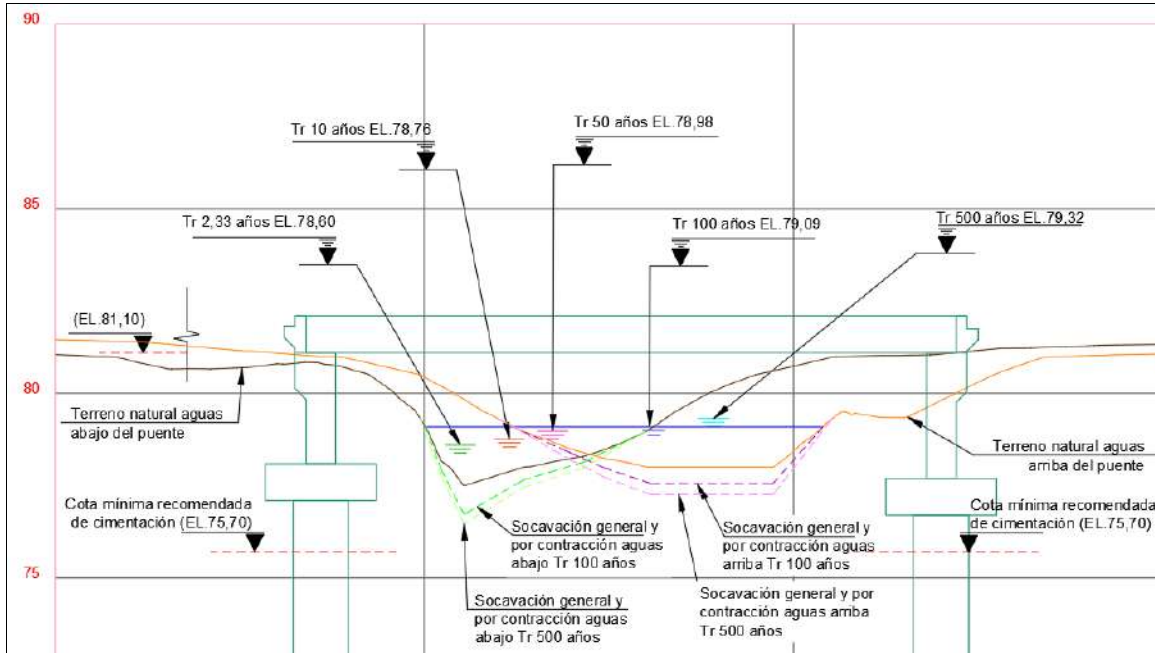


Figura 7.3 Perfil de socavación en el puente 3

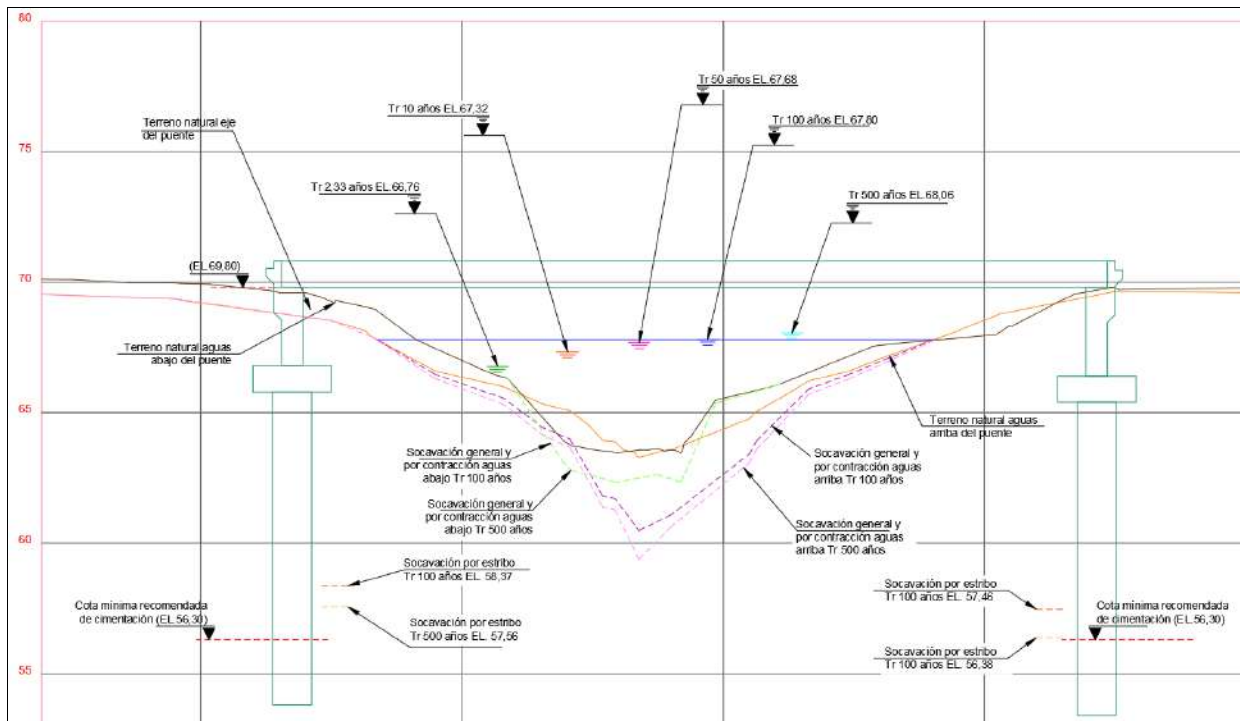


Figura 7.4 Perfil de socavación en el puente 4

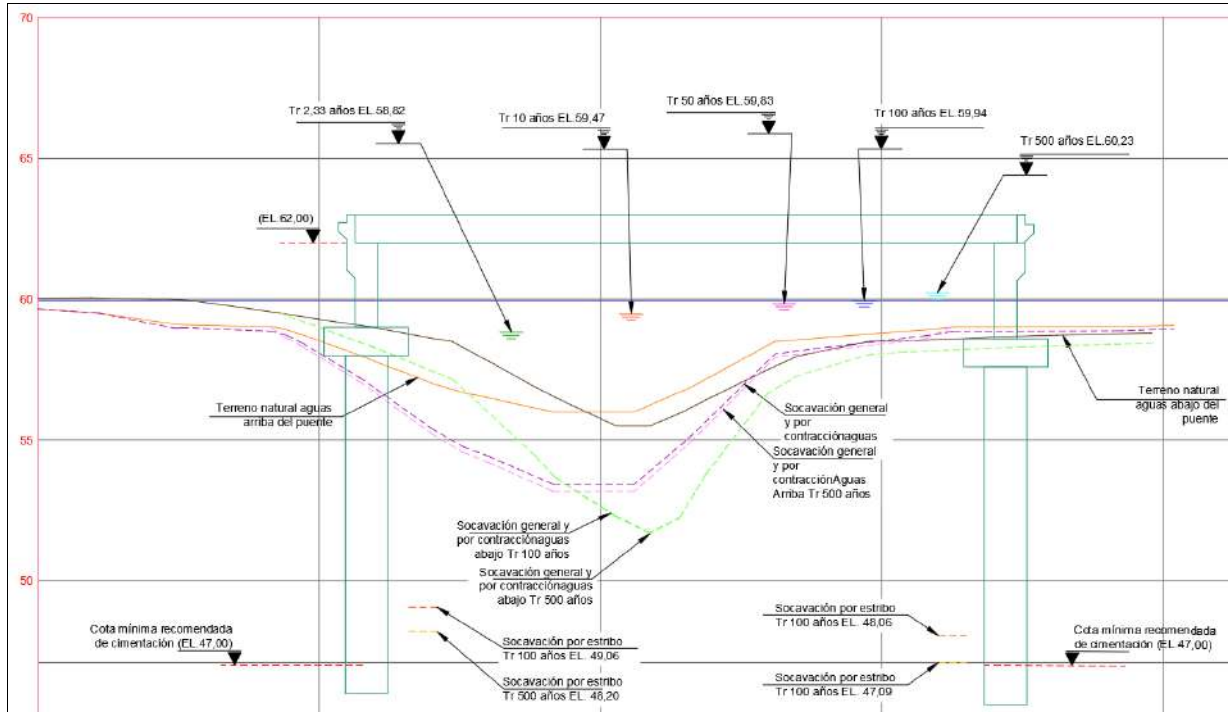


Figura 7.5 Perfil de socavación en el puente 9

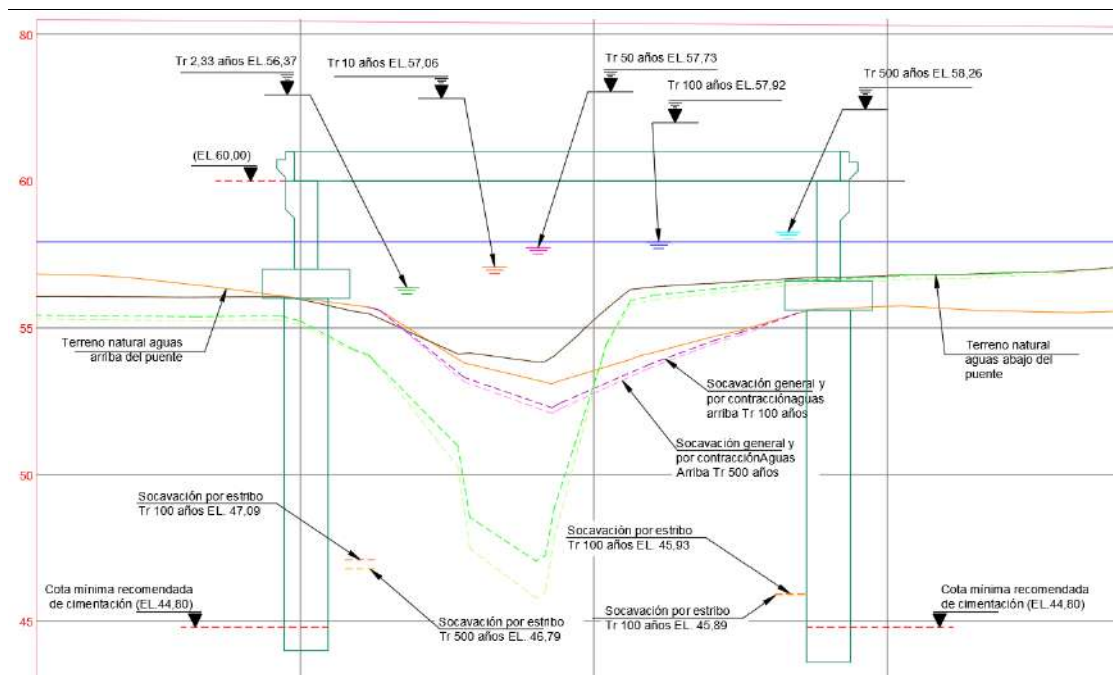






Figura 7.6 Perfil de socavación en el puente 10

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del estudio de inundación se identificó que la vía se inundará en los siguientes sectores:



- Sector de los puentes 1 y 2, entre las abscisas actuales K31+220 y K31+68, para crecientes mayores o iguales a 10 Tr (36,1 m³/s).
- Sector puentes 4 a 8. Se estima que la vía se inundará para las diferentes crecientes analizadas, principalmente por lo niveles del caño Chinato en diferentes sectores: entre las abscisas actuales K36+010 y K36+280, K36+460 y K36+820, K37+170 y K37+200, K37+500 y K37+960, K38+130 y K38+170.
- Sector puentes 9: se estima que la vía se inundará para las diferentes crecientes analizadas, entre las abscisas actuales K39+370 y K39+680.
- Sector puentes 10: se estima que la vía se inundará para las diferentes crecientes analizadas, entre las abscisas actuales K40+290 y K40+710.

Se recomienda que la cota de la rasante de la vía sea igual o mayor a los niveles mínimos sugeridos para el tramo 1 (K31+000 a K41+000) dela vía Astilleros-Tibú indicados en la Tabla 5.1. De igual forma se recomienda que las cotas mínimas de la viga inferior de los puentes 1 a 10 sean mayores o iguales a las mostradas en la Tabla 5.2.

Se concluye que todos los sectores analizados para la vía Tibú-Astilleros, entre las abscisas K31+000 y K41+000, están protegidos ante la inundación producida por crecientes con periodos de retorno menores o iguales a 100 años.

Se identifica que en todos los tramos de vía existe una baja probabilidad (del orden del 5%) que se inunden en los primeros 5 años de operación de la vía.

Se seleccionó una cota de rasante que garantice que la lámina de inundación tenga una probabilidad entre el 10% y 14% de llegar a la sub-base (50 cm abajo de la rasante proyectada) durante la vida útil del pavimento (10 a 15 años), teniendo en cuenta que se busca proteger la estructura del pavimento de una inundación y que se afecte sus condiciones de humedad óptima de funcionamiento.



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

Se verificó que todos los puentes proyectados para la vía Astilleros-Tibú, entre el K31+000 y K41+000, tiene un galibo mayor o igual a 2,0 m sobre el nivel de la creciente de 100 años. En el puente 1 se identificó que la cota mínima de la viga del puente es igual o superior a la mínima recomendada (62,25 msnm) en 11,33 m de los 23 m del puente; mientras que en 11,67 m no fue posible cumplir con esta recomendación y se obtuvo un borde libre mínimo de 1,88 m. No fue posible cumplir el galibo de 2,0 m en toda la longitud del puente considerando el diseño geométrico de la rasante, la cual está condicionada por limitantes prediales. Sin embargo, se aprecia que existe suficiente espacio para el paso de material flotante, por lo que no se espera que esta situación produzca obstrucciones en el paso del flujo.



Como alternativa para reducir el nivel de agua en los diferentes caños asociados a los puentes 1 a 10, se analizó la posibilidad de ampliar la sección en la zona del puente, para eliminar la restricción que impone la reducción de la sección hidráulica en este punto. Solo encontraron resultados positivos de reducción en las zonas asociadas a los puentes 8 y 10, donde se obtuvo una disminución del nivel del agua del orden de 0,86 m y 0,60 m, respectivamente.

Se estudió la posibilidad de reducir el costo de construcción de los puentes al reemplazarlos por baterías de box-culvert de hasta tres vanos de 5,5 m de base. Se encontró que esta posibilidad de reducción de la longitud del puente es viable en los puentes 5, 6, 7, 8, 9 y. Adicionalmente, se encontró que los niveles podrían ser menores con el uso de box-culvert, en comparación con el uso de puentes, ya que la norma no exige el cumplimiento de un borde libre en particular. Sin embargo se descartó esta opción considerando las siguientes restricciones técnicas: a) Para aplicar la alternativa de box-culvert es importante estar seguro que los caños no transporten elementos de tamaño considerable, que puedan obstruir esta estructura, ya que al tener muros intermedios es más probable que se atasque ramas, basuras u otro objeto de gran tamaño; b) • En todos los puentes se encontró depósitos muy compresibles de espesor mayor a 4 metros lo cual obliga a la implantación de pilotes o micro-pilotes en toda la losa de fondo para controlar asentamientos y no superar la capacidad admisible; c) La alternativa del puente no interviene en el cauce a diferencia de la opción del box-culvert.

Con base en el estudio de socavación se concluye que:



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

- La máxima socavación se presentará en los puentes 9 y 10.
- En los puentes 2, 5, 6, 7 y 8 no se espera socavación general y por contracción.
- En los puentes 6 y 8 no se espera ningún tipo de socavación local, por lo cual no se necesario plantear una protección ante la socavación.
- Se recomienda que la cota de cimentación de los puentes no sea inferior a la indicada en la Tabla 7.1, para cada puente.
- En caso de utilizar cimentación profunda como pilas, *caissons* o pilotes, la cota de implantación de la punta de la cimentación deberá estar como mínimo 2 m debajo de la cota de cimentación recomendada en la Tabla 7.1.



 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- [1] V. T. Chow, D. Maidment y L. Mays, Hidrología Aplicada, Bogotá: Mcgraw Hill, 1994.
- [2] R. Vargas, Díaz-Granados y Mario, «Curvas Sintéticas regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia,» 1998.
- [3] V. T. Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, Bogotá: McGraw-Hill, 1994.
- [4] Instituto Nacional de Vías - Ministerio de Transporte, Manual de Drenaje para Carreteras, Bogotá: República de Colombia, 2009.
- [5] INVIAS - Ministerio de Transporte de la República de Colombia, Norma Colombiana de Diseño de Puentes – CCP 14., Bogotá, 2015.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	



Anexo 1 Cálculo del tiempo de concentración de las diferentes cuencas

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	



Anexo 2 Modelos hidráulicos

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

Anexo 3 Niveles de agua para diferentes periodos de retorno.

 <p>Gobernación de Norte de Santander</p> <p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TRAMO PR 31+000-PR41+000 VÍA ASTILLEROS - TIBÚ</p>	

Anexo 4 Esquemas

 <p>Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	





CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL
TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR
41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS -
TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO
NORTE DE SANTANDER

CONTENIDO:

ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE
LOCALIZADO EN LA ABSCISA KM39+400, EN LA VIA
ASTILLEROS - TIBU

OCTUBRE 2017

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Resumen: Este documento contiene los estudios geotécnicos para el puente sobre el KM 39+480, , localizado en la vía astilleros Tibú , El concepto elaborado se basó en investigación de campo y laboratorio con el fin de obtener la capacidad portante del terreno de cimentación y generar las recomendaciones en cuanto al nivel y tipo de cimentación, también se entregan los diseños de las obras de control de socavación e inundación, aguas arriba y aguas abajo, teniendo en cuenta las recomendaciones del estudio hidrológico, el documento contienen además, el diseño del terraplén de acceso con base en la caracterización de la subrasante.		
Palabras Clave: Puentes, Astilleros Tibú, Estudios geotécnicos, Cimentación profunda, Asentamientos, aporte punta, aporte fricción, obras de control de inundación, Q. El Salado.		
Idioma: Español	Número de Copias:	Número de Páginas:
Documentos Complementarios: EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE REFRACCIÓN SÍSMICA EN EL CORREDOR VIAL DE ASTILLEROS TIBU, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.		Clasificación de Seguridad: o Clasificado
Notas del Destinatario:		

VERSION No. 1	NOMBRE		FECHA
AUTOR:	PLANEACION Y DESARROLLO LTDA		15/10/2017
	PROYECTÓ:	CARGO:	
	José Luis Cárdenas Soracá	Especialista en Geotecnia Vial	
	REVISÓ:		
	Jorge Barrera Cortes	Director de Consultoría	
INTERVENTOR:	CONSORCIO VIA ASTILLEROS TIBU		
	RESPONSABLE:	CARGO:	
	Cesar Eduardo Gómez Maira Alejandra Picón Gracia Margarita Gómez Gómez	Director de Interventoría Esp. En Vías Terrestres Esp. Geotecnia y Pavimentos	
SUPERVISIÓN:	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA		
	RESPONSABLE:	CARGO:	
	Jorge Enrique Arias Sanguino	Profesional Supervisor Contrato 0130/2017	







	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

TABLA DE CONTENIDO



1.	DESCRIPCION DEL PROYECTO	1
1.1	LOCALIZACIÓN DE LA VÍA.	1
2.	GENERALIDADES	3
2.1	METODOLOGIA	3
2.1.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE	3
2.1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
2.1.3	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.	3
2.1.4	ENSAYOS DE CAMPO	3
2.1.5	ENSAYOS DE LABORATORIO	4
2.2	ALCANCE	4
2.3	OBJETIVOS	4
3.	DESCRIPCION DEL SITIO.....	5
3.1	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	5
3.2	VEGETACION Y USOS DEL SUELO	7
3.3	TOPOGRAFIA.....	8
3.3.1	LOCAL	8
3.4	GEOLOGIA REGIONAL.....	9
3.4.1	ESTRATIGRAFÍA	10
3.5	GEOLOGIA LOCAL	13
3.5.1	UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS)	15
3.5.2	FACTORES CONSIDERADOS PARA CARACTERIZAR LAS UNIDADES DE ROCA 17	
3.6	GEOMORFOLOGÍA	18
3.6.1	MARCO GENERAL	19
3.6.2	INDICADORES GEOMORFOLÓGICOS	19
3.6.3	ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	20
3.7	HIDROGEOLOGIA.....	23
3.8	AMENAZAS	23
3.8.1	AMENAZA POR INUNDACIÓN	24

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	



3.8.2	AMENAZA SÍSMICA	24
4.	INVESTIGACION DEL SUBSUELO	27
4.1	EXPLORACION GEOTECNICA	27
4.1.1	SONDEO MECÁNICO P9-E1	28
4.1.2	SONDEO MECÁNICO P9-E2	29
4.2	EXPLORACION GEOFISICA.....	31
4.2.1	ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA LS-18.....	31
4.2.2	ENSAYO DE TOMOGRAFÍA SÍSMICA LS-18	32
4.2.3	ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA LS-19.....	33
4.2.4	ENSAYO DE TOMOGRAFÍA SÍSMICA LR-19	33
4.2.5	SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL SEV-10	34
5.	CARACTERIZACION GEOTECNICA	35
5.1	ENSAYOS DE CAMPO	35
5.1.1	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)	35
5.1.2	ENSAYO DE ONDAS SUPERFICIALES MASW1D LS-18	36
5.1.3	ENSAYO DE ONDAS SUPERFICIALES MASW1D LS-19	36
5.2	ENSAYOS DE LABORATORIO	37
5.2.1	HUMEDAD NATURAL Y GRANULOMETRÍA	38
5.2.2	LÍMITES DE ATTERBERG	40
5.2.3	RESISTENCIA PARA SUELOS.....	42
5.2.4	RESISTENCIA PARA ROCAS	43
5.2.5	PERFIL GEOTÉCNICO PROPUESTO.....	46
6.	CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS	48
6.1	NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACION	48
6.2	MECANISMO DE FALLA.....	48
6.2.1	FACTOR DE SEGURIDAD	49
6.2.2	DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE	49
6.2.3	DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTOS	54
6.3	MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL DEL SUELO	55

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

6.4	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN	56
6.4.1	OPCIÓN 1	56
6.4.2	OPCIÓN 2	57
6.4.3	OPCIÓN 3 (OPCIÓN DE DISEÑO)	57
6.5	PARÁMETROS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE.....	59
7.	MUROS DE CONFINAMIENTO LATERAL.....	60
7.1	ASPECTOS GEOTECNICOS	60
7.2	BASE TEORICA PARA LA EVALUACION DE ESFUERZOS LATERALES.	61
7.2.1	CONDICIÓN ESTÁTICA	61
7.2.2	CONDICIÓN SEUDOESTÁTICA	61
7.3	SOBRECARGA VEHICULAR	62
7.4	DISEÑO GEOTECNICO DE OBRAS DE CONFINAMIENTO	63
7.4.1	PREDIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS.	63
7.4.2	FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO.....	64
7.4.3	FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO.....	65
7.4.4	FACTOR DE SEGURIDAD POR CAPACIDAD PORTANTE	66
7.4.5	ASENTAMIENTOS.....	68
8.	MURO DE CONFINAMIENTO MECANICAMENTE ESTABILIZADOS.....	71
8.1	ALTERNATIVA 1 MURO REFORZADO CON GEOSINTETICOS	71
8.1.1	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	71
8.1.2	EVALUACIÓN DE CARGAS	72
8.1.3	DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS POR CARGAS MUERTAS	72
8.1.4	DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS POR CARGAS VIVAS	73
8.1.5	ESTABILIDAD INTERNA	77
8.1.6	ESTABILIDAD EXTERNA	79
8.2	ALTERNATIVA 2 MURO REFORZADO CON MALLA HEXAGONAL	85
8.3	CANTIDADES DE OBRA ALTERNATIVA 2	88
8.3.1	COSTO DE ALTERNATIVAS	89
9.	OBRAS DE CONTROL DE INUNDACION Y SOCAVACION	91

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

9.1	ALTERNATIVAS DE CONTROL	92
9.1.1	PROTECCIÓN LOCAL ESTRIBOS DEL PUENTE	92
9.1.2	PROTECCIÓN AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO DEL CAUCE	93
10.	CONCLUSIONES	96
11.	RECOMENDACIONES	100
12.	BIBLIOGRAFIA	102

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL CORREDOR EN ESTUDIO	1
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN EL DEPARTAMENTO	2
FIGURA 3. PATRÓN DE DRENAJE LOCAL	2
FIGURA 4. PANORÁMICA PUENTE 9 Q. CAÑO SALADO	5
FIGURA 5. ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA DE PASO.....	6
FIGURA 6. SECCIÓN TRANSVERSAL Q. CAÑO SALADO.....	7
FIGURA 7. USOS DEL SUELO PUENTE 9 (AEROFOTOGRAMETRÍA)	8
FIGURA 8. TOPOGRAFÍA LOCAL PUENTE 9.....	9
FIGURA 9. PLANCHA GEOLÓGICA 078 ESCALA 1:1000.000 SECTOR PARA LA ZONA DE ESTUDIO.	10
FIGURA 10. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA PLANCHA 78 - PUERTO SANTANDER (MODIFICADO DE NOTESTEIN ET AL., 1944)	11
FIGURA 11. UBICACIÓN DE LA PLANCHA 78 – PUERTO SANTANDER EN LA CUENCA DEL CATATUMBO.....	12
FIGURA 12. PUENTE 9-CAÑO SALADO	14
FIGURA 13. GEOLOGÍA PUENTE 9 CAÑO SALADO.....	15
FIGURA 14. SUELO TRANSPORTADO ALUVIAL – STA	18
FIGURA 15. AEROFOTOGRAFÍA PUENTE 9 CAÑO-SALADO	23
FIGURA 16. ESTIMACIÓN DE ACELERACIÓN EN ROCA PARA SISMOS REPRESENTATIVOS PARA EL PUENTE 9	26
FIGURA 17. UBICACIÓN SONDEOS MECÁNICOS P9 (E1-E2)	27
FIGURA 18. LOCALIZACIÓN SND P9-E1 Y MATERIALES REPORTADOS	28
FIGURA 19. PERFIL ESTRATIGRÁFICO SND P9-E1	29
FIGURA 20. LOCALIZACIÓN SND P9-E2 Y MATERIALES REPORTADOS	30
FIGURA 21. PERFIL ESTRATIGRÁFICO SND P9-E2	30
FIGURA 22. UBICACIÓN LÍNEAS REFRACCIÓN SÍSMICA Y SEV P9 (E1-E2)	31
FIGURA 23. RESULTADO ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA O MODELO SIMPLIFICADO DE 2 CAPAS LR-18.....	32
FIGURA 24. RESULTADO ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA – MODELO TOMOGRAFÍA 2D LR-18.....	32
FIGURA 25. RESULTADO ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA O MODELO SIMPLIFICADO DE 2 CAPAS LR-19.....	33
FIGURA 26. RESULTADO ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA – MODELO TOMOGRAFÍA 2D LR-19.....	34
FIGURA 27. PERFIL GRANULOMÉTRICO Y HUMEDAD SND P9-E1	38
FIGURA 28. PERFIL GRANULOMÉTRICO Y HUMEDAD SND P9-E2	39
FIGURA 29. CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE	40
FIGURA 30. SUSCEPTIBILIDAD AL ABLANDAMIENTO CÍCLICO	41





 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

FIGURA 31. CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN E1 Y E2	44
FIGURA 32. PERFIL GEOTÉCNICO PROPUESTO	47
FIGURA 33. DISPOSICIÓN DE PILAS ESTRIBO 1 Y 2.....	53
FIGURA 34. ESQUEMATIZACIÓN ALTERNATIVA 1 D. 1.0 M.....	56
FIGURA 35. ESQUEMATIZACIÓN ALTERNATIVA 2 D. 1.2 M.....	57
FIGURA 36. ESQUEMATIZACIÓN ALTERNATIVA 3 D. 1.5 M.....	58
FIGURA 37. ESQUEMATIZACIÓN EN PERFIL MUROS DE CONFINAMIENTO	63
FIGURA 38. PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE CONFINAMIENTO.....	63
FIGURA 39. DIAGRAMA DE PRESIONES HORIZONTALES SOBRE EL VÁSTAGO	64
FIGURA 40. DIAGRAMA DE REACCIONES EJERCIDAS EN LA BASE DEL MURO E1 Y E2	67
FIGURA 41. DIAGRAMA DE PRESIÓN EJERCIDA POR CARGA VIVA.....	74
FIGURA 42. DISTANCIAS DE RUEDAS DEL EJE CON RESPECTO AL BORDE DEL MURO.	74
FIGURA 43. DIAGRAMA DE PRESIÓN EJERCIDA POR LAS DIFERENTES CARGAS.....	76
FIGURA 44. FACTOR DE SEGURIDAD GLOBAL ALTERNATIVA 1	81
FIGURA 45. BULBO DE ESFUERZO BAJO LA BASE DEL TERRAPLÉN (B/2)	82
FIGURA 46. ESQUEMATIZACIÓN MURO MECÁNICAMENTE ESTABILIZADO TERRAPLÉN ESTRIBO 1	84
FIGURA 47. ESQUEMATIZACIÓN MURO MECÁNICAMENTE ESTABILIZADO TERRAPLÉN ESTRIBO 2	84
FIGURA 48. ESTABILIDAD GLOBAL ALTERNATIVA 2	87
FIGURA 49. ESQUEMATIZACIÓN ALTERNATIVA 2.....	88
FIGURA 50. PLANCHA MANCHAS DE INUNDACIÓN PARA PUENTE 09	91
FIGURA 51. SECCION HIDRAULICA RECOMENDADA PARA PUENTE 09	92
FIGURA 52. ALTERNATIVA 1 DE CONTROL SOCAVACIÓN LOCAL ESTRIBOS.....	92
FIGURA 53. ALTERNATIVA 2 DE CONTROL SOCAVACIÓN LOCAL ESTRIBOS.....	93
FIGURA 54. PROTECCIÓN DEL CAUCE AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO	94
FIGURA 55. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA SOCAVACIÓN DE TERRAPLÉN	94

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. LOCALIZACIÓN ACTUAL	13
TABLA 2. LOCALIZACIÓN ACTUAL	13
TABLA 3. RANGO DE PENDIENTES	21
TABLA 4. ESTIMACIÓN DE ACELERACIÓN EN ROCA PARA SISMOS REPRESENTATIVOS.....	25
TABLA 5. DETALLES DE PERFORACIONES GEOTÉCNICAS.....	28
TABLA 6. RESULTADOS SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL PUENTE 9	34
TABLA 7. RESULTADO DE SPT DE CAMPO	35
TABLA 8. DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE ONDAS SUPERFICIALES MASW1D LR-18	36
TABLA 9. DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE ONDAS SUPERFICIALES MASW1D LR-19	37
TABLA 10. POTENCIAL DE EXPANSIÓN Y ABLANDAMIENTO CÍCLICO	41
TABLA 11. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA	42
TABLA 12. RESISTENCIA AL CORTE DIRECTO EN SUELOS.....	42
TABLA 13. CORRELACIÓN DE CARGA PUNTUAL Y RESISTENCIA ULTIMA DE LA ROCA.....	43
TABLA 14. RESISTENCIA ULTIMA DE LABORATORIO PARA ROCAS	44
TABLA 15. RESISTENCIA AL CORTE DIRECTO EN ROCAS	45
TABLA 16. RANGOS TÍPICOS DE ANGULO DE FRICCIÓN PARA JUNTAS SUAVES EN ROCA..	45
TABLA 17. CALIDAD DE LA ROCA BLANDA (DEERE).....	45
TABLA 18. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	47
TABLA 19. FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS F_{SICP} MÍNIMOS	49
TABLA 20. PARÁMETROS Y FACTORES DE CORRECCIÓN CAPACIDAD PORTANTE.	50
TABLA 21. CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE PARA ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN PROFUNDA ESTRIBO 1.	51
TABLA 22. CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE PARA ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN PROFUNDA ESTRIBO 2.	52
TABLA 23. CONFIGURACIÓN DE ELEMENTOS PARA CADA ESTRIBO	53
TABLA 24. ASENTAMIENTOS DETERMINADOS BAJO CAPACIDAD PORTANTE ULTIMA	54
TABLA 25. COEFICIENTE DE BALASTO PARA CADA ESTRIBO	55
TABLA 26. COEFICIENTE DE BALASTO PARA CADA ESTRIBO SEGÚN DE BEER	55
TABLA 27. CONFIGURACIÓN DE ELEMENTOS OPCIÓN 1 D=1.0M	56
TABLA 28. CONFIGURACIÓN DE ELEMENTOS OPCIÓN 2 D=1.2M	57
TABLA 29. CONFIGURACIÓN DE ELEMENTOS OPCIÓN 3 D=1.50	57



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

TABLA 30. CANTIDADES TÉCNICAS DE OBRA PARA CADA ALTERNATIVA	58
TABLA 31. COSTOS UNITARIOS PARA CADA ACTIVIDAD.....	59
TABLA 32. COSTOS DIRECTOS PARA CADA ALTERNATIVA.....	59
TABLA 33. CLASIFICACIÓN DEL PERFIL DEL SUELO	60
TABLA 34. COEFICIENTES SÍSMICOS DE DISEÑO NSR-10.....	60
TABLA 35. PARÁMETROS DE RESISTENCIA SUELO DE FUNDACIÓN	60
TABLA 36. PARÁMETROS DE RESISTENCIA MATERIAL DE RELLENO.....	61
TABLA 37. PARÁMETROS COEFICIENTE PRESIÓN LATERAL CONDICIÓN SEUDOESTÁTICA..	62
TABLA 38. SOBRECARGA VEHICULAR DE DISEÑO	62
TABLA 39. F.S ANTE EL VOLTEO	64
TABLA 40. CARGAS ESTABILIZADORAS POR ESTRUCTURA DE CONFINAMIENTO.....	64
TABLA 41. MOMENTOS ESTÁTICO Y SEUDOESTÁTICO	65
TABLA 42. F.S ANTE EL DESLIZAMIENTO	65
TABLA 43. FACTORES DE RESISTENCIA SUELO-ESTRUCTURA	65
TABLA 44. ESTABILIDAD ANTE DESLIZAMIENTO.....	66
TABLA 45. ESTABILIDAD ANTE DESLIZAMIENTO.....	66
TABLA 46. CAPACIDAD ADMISIBLE Y FACTOR DE SEGURIDAD	67
TABLA 47. ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS	68
TABLA 48. FACTORES PARA DETERMINAR EL INCREMENTO POR SOBRECARGA	69
TABLA 49. FACTORES PARA ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA	70
TABLA 50. FACTORES PARA ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN SECUNDARIA	70
TABLA 51. ASENTAMIENTOS TOTALES ESTRIBOS PUENTE 9.....	70
TABLA 52. PARÁMETROS DE DISEÑO MURO MECÁNICAMENTE ESTABILIZADO	71
TABLA 53. COEFICIENTES DE PRESIÓN ACTIVA.....	72
TABLA 54. SOBRECARGA POR ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	72
TABLA 55. EVALUACIÓN DE CARGAS PARA ALTURA MÁXIMA (3.2 M).....	73
TABLA 56 INCREMENTO DE ESFUERZO DEBIDO A LA CARGA VIVA.....	75
TABLA 57 EVALUACIÓN DE CARGAS EJERCIDAS EN LA CARA DEL MURO	76
TABLA 58 FACTORES DE REDUCCIÓN A LA RESISTENCIA ULTIMA DEL GEOSINTÉTICO.....	77
TABLA 59 FACTORES DE REDUCCIÓN DE DISEÑO.....	77
TABLA 60 DIMENSIONAMIENTO Y ESPESORES DETERMINADOS TERRAPLÉN ESTRIBO 1	78
TABLA 61 DIMENSIONAMIENTO Y ESPESORES DETERMINADOS TERRAPLÉN ESTRIBO 2	78
TABLA 62 PARÁMETROS ANÁLISIS SEUDOESTÁTICO	79
TABLA 63 REVISIÓN DE ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO H MAX 3.2 M.....	79



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

TABLA 64 REVISIÓN DE ESTABILIDAD AL VOLTEO H MAX 3.7 M	80
TABLA 65 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE	80
TABLA 66 GEOMETRÍA Y PARÁMETROS DE DISEÑO TERRAPLÉN.....	81
TABLA 67 INCREMENTO DE ESFUERZO POR SOBRECARGA DEL TERRAPLÉN	82
TABLA 68 DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTOS	83
TABLA 69 CANTIDADES D OBRA ALTERNATIVA 1	85
TABLA 70 CARGAS EJERCIDAS EN LA CARA DEL MURO.....	85
TABLA 71 FACTORES DE REDUCCIÓN RESISTENCIA MALLA HEXAGONAL	86
TABLA 72 SEPARACIÓN VERTICAL DE REFUERZO.....	86
TABLA 73 LONGITUDES DE DESARROLLO DEL REFUERZO EN CADA CAPA.....	86
TABLA 74 FACTORES DE SEGURIDAD EXTERNA	87
TABLA 75 CANTIDADES ALTERNATIVA 2 POR METRO DE MURO (K39+410)	89
TABLA 76 RESUMEN CANTIDADES DE ALTERNATIVA POR METRO LONGITUDINAL DE MURO	89
TABLA 77 PRECIOS UNITARIOS PARA MURO EN TIERRA ARMADA	90
TABLA 78 COSTOS DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO MURO MECÁNICAMENTE ESTABILIZADO	90
TABLA 79 TABLA COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS	90

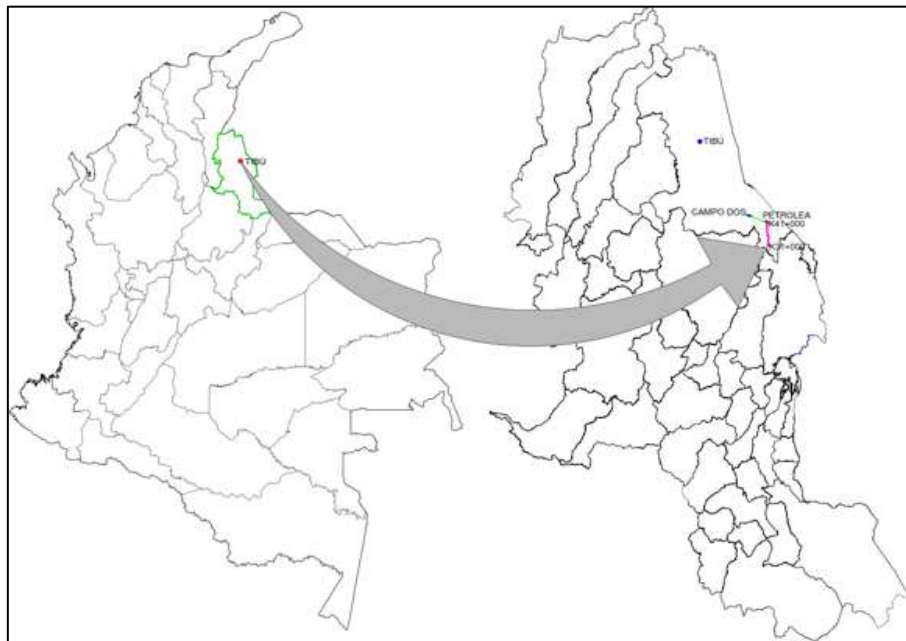


1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

1.1 LOCALIZACIÓN DE LA VÍA.

El corredor vial en estudio comunica desde el sector de Astilleros hacia el municipio de Tibú, ubicados en el departamento de Norte de Santander, el corredor vial cuenta con una longitud de 70 km aproximadamente, de los cuales se enfocará en los estudios de la vía en los 12 km comprendidos entre los tramos K31+000 y el K41+000 y el K48+000 a el K50+000, partiendo de la bifurcación situada en Astilleros. Para este sector las cotas disminuyen en el sentido Astilleros-Tibú.

Figura 1. Localización del Corredor en Estudio



Fuente: Planeación y Desarrollo Consultores

La zona de estudio corresponde al puente existente entre la vía astilleros tibu denominado puente 9 en KM 39+400. Para llegar a la zona es necesario salir de cucuta hacia el zulia, para posteriormente salir hacia el norte, actualmente es la principal vía que comunica a Tibú, con la capital de departamento.



 <p>Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Figura 2. Localización de la Zona de Estudio en el Departamento





Fuente: Recorte Mapa de Norte de Santander SIGAC

El puente nueve es la obra de paso ubicada sobre que quebrada que recibe el nombre de Caño Salado, corresponde a un sistema de drenaje de características dendríticas, el drenaje de desarrolla de oriente a occidente.

Figura 3. Patrón de Drenaje local



Fuente: Geoportal.igac.gov.co

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

2. GENERALIDADES

Para el desarrollo del estudio geotécnico del puente ubicado sobre la quebrada de Caño Salado, se tiene en cuenta la metodología realizada para llevar una secuencia ideal de estudio, a continuación, se describen los diferentes aspectos que se llevan a cabo de acuerdo a los objetivos del estudio.

2.1 METODOLOGIA

2.1.1 Recopilación de Información Existente

La información preliminar encontrada consiste en la topografía de detalle realizada, el diseño geométrico proyectado, la geología de detalle, análisis de amenaza, la modelación hidráulica e hidrológica, la patología de la estructura existente.

2.1.2 Descripción del Proyecto



Consiste en la descripción de las condiciones actuales, apoyado en la visita de campo, se representan las principales características desde el punto de vista geométrico y geomorfológico.

2.1.3 Exploración Geotécnica.

De acuerdo al tipo de material que existe en la zona y la obra a diseñarse, se realiza la identificación de los materiales y los espesores que se presentan por medio de exploraciones con muestreo directo, reforzadas con la información indirecta obtenida de líneas de refracción sísmica.

2.1.4 Ensayos de Campo

Durante la exploración del suelo y de acuerdo al tipo de material extraído se adelantaron ensayos in situ para estimar la resistencia en condiciones naturales del material para los niveles más superficiales de origen lacustre.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

2.1.5 Ensayos de Laboratorio

Para complementar la identificación hecha durante la exploración y según el tipo de materiales que se presentan en el sitio de estudio, se realiza en laboratorio, ensayos de clasificación de suelos, como humedad natural, lavados del material sobre el tamiz N° 200, propiedades índices, estos ensayos se ejecutan de acuerdo a la selección previa de las muestras alteradas por medio de SPT en cada uno de los sondeos. Los ensayos de resistencia para las condiciones de trabajo del material en el sitio, consisten en ensayos de corte directo, realizados tanto para suelos y para las muestras de roca blanda extraídas de forma barrenada.



Además de esto, se realizaron ensayos de compresión inconfiada y carga puntual para determinar las características mecánicas del tipo de roca blanda de la Formación geológica más superficial.

2.2 ALCANCE

De acuerdo a lo observado en campo y los resultados de ensayos de laboratorio junto con la información topográfica se definen el modelo geotécnico para el sector donde se va a realizar la implantación de la obra de paso, de esta forma se realiza una evaluación para determinar la capacidad de resistencia de los materiales del subsuelo, su comportamiento y así definir el tipo de cimentación ideal para transmitir las sobrecargas generadas por la superestructura al suelo de fundación.

2.3 OBJETIVOS

- Determinar el espesor de los estratos
- Determinar la clasificación geotécnica de los materiales reportados por la exploración geotécnica.
- Determinar los parámetros de resistencia de los materiales del suelo de fundación
- Establecer el nivel y tipo de cimentación para la estructura proyectada.
- Determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación
- Determinar los asentamientos generados por la implementación de la estructura de paso.
- Establecer el tipo, características y estabilidad del terraplén de acceso.
- Determinar las obras de control necesarias para control de inundación y socavación.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

3. DESCRIPCION DEL SITIO

A continuación, se describe las características y estado actual de la estructura de paso como paso para tener en cuenta el dimensionamiento del tipo de obra a implementar.

3.1 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA



El puente 9 se encuentra ubicado sobre la quebrada Caño Salado, actualmente la estructura de paso está construida con perfiles metálicos y un sistema de elementos tubulares de 3" de diámetro, se soporta sobre un apoyo metálico en H, elaborado con el mismo tipo de elementos, su construcción se considera de forma artesanal, lo que indica que se construyó como solución temporal al paso de la quebrada. El ancho del puente es menor al ancho de la calzada, presenta baranda de seguridad en los extremos.

Figura 4. Panorámica Puente 9 Q. Caño Salado



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Torres 2017)

El puente ha sido reconstruido en tres ocasiones, así lo demuestran las secuelas de antiguas estructuras; bajo el puente en la cimentación actual se encuentran residuos de un antiguo estribo en concreto en cual soportaba anteriormente la estructura. Como solución temporal se construyó un puente improvisado hacia el lado izquierdo en dirección a Tibú, esta segunda estructura por diferentes motivos colapsó dando paso a la implementación de

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

la estructura actual. En las diferentes eventualidades de precipitaciones altas se ha afectado la estructura siendo objeto de varias reparaciones.

Figura 5. Estado Actual de la Estructura de Paso



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Torres 2017)

El puente se eleva sobre la lámina de agua a una distancia cercana de los 3.0 m. su dimensionamiento presenta un ancho de 4.0 m siendo menor al ancho de calzada y su longitud es de 14.90 m.

Según la información de personas de la zona en tiempos de alta precipitación los niveles del rio aumentan a menos de 1.0 m de la estructura, presentando una evacuación lenta debido a la baja pendiente topográfica de la zona.



	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Figura 6. Sección Transversal Q. Caño Salado



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Torres 2017)

3.2 VEGETACION Y USOS DEL SUELO

El Municipio cuenta con un ecosistema rico en flora, fauna y recursos provenientes del suelo. Sin embargo, el mismo se encuentra inexplorado por parte del Municipio y el Departamento. Actualmente se realiza por parte de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, el PGAR – Plan de Gestión Ambiental Regional, así como los diferentes lineamientos ambientales específicos para el Municipio. Existe un plan de zonas de reserva que realizó la corporación pero que se desconoce a nivel municipal. Los Ríos y quebradas, así como el bosque, la flora y la fauna se encuentran amenazados permanentemente por las actividades del hombre. Existen cultivos ilícitos que son focos de contaminación por todos los productos usados para el cultivo en sí, así como para la producción de la coca. Por otro lado, cultivos como la palma, están generando un impacto negativo sobre los suelos y los recursos hídricos.¹

¹ PLAN DE DESARROLLO, Municipio de Tibú, 2016-2019



	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Figura 7. Usos del suelo Puente 9 (Aerofotogrametría)



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. 2017

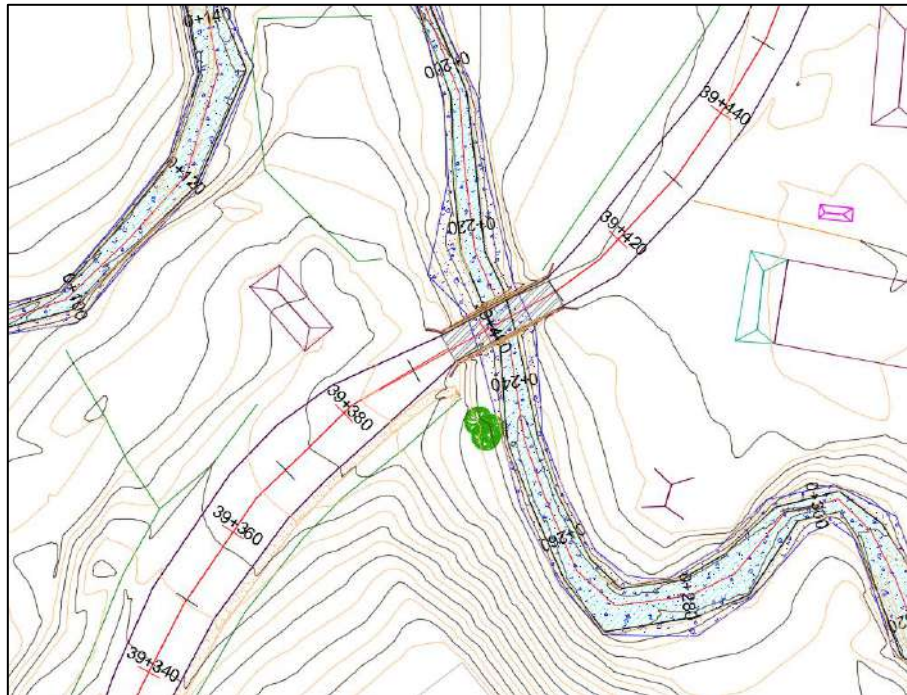
3.3 TOPOGRAFIA

3.3.1 Local

La topografía de la zona se caracteriza por presentar bajas pendientes topográficas, el sector de estudio se ubica sobre una unidad de origen aluvial, donde la topografía la representan aquellas geoformas del terreno originadas por corrientes de agua que arrastran sedimentos y partículas en suspensión depositándose en zonas bajas dando lugar a topografías planas y onduladas, generalmente con condiciones de drenaje lentas, se originan red de pequeños drenajes activados en épocas de invierno, en estas temporadas gran parte de estas llanuras aluviales se inundan y son situaciones que se evidencian en los diferentes puntos de paso de la vía en estudio.



Figura 8. Topografía Local Puente 9





Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. 2017

3.4 GEOLOGIA REGIONAL²

La condición geo estructural se presenta con diferentes grados de complejidad, estructural, geomorfológica, así como estratigráfica debido a su evolución geológica , se observa en todos los procesos tectónicos que se presentan en la cordillera oriental, Como se menciona a continuación del documento denominado "Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 77- Campo Dos, Memoria Explicativa, 2015" del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC) y "Elaboración De La Cartografía Geológica De Un Conjunto De Planchas A Escala 1:100.000 Ubicadas En Cuatro Bloques Del Territorio Nacional Identificados Por El Servicio Geológico Colombiano, Plancha 78- Puerto Santander, Memoria Explicativa, 2015" del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC), información aplicada a la cordillera oriental hacia el norte de Santander.

² Informe de geología, geomorfología, y amenazas para los 13 pasos elevados astilleros - Tibú PR 31+000 - PR 41+000 y PR 48+000-PR 50+000, Estepa, P&D 2017, pág. 12

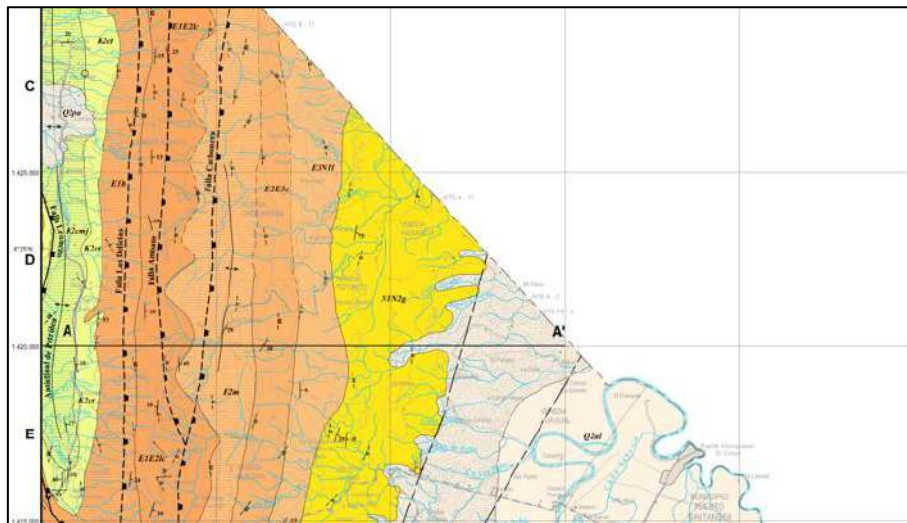
	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

3.4.1 Estratigrafía

En el área de estudio corresponde a la geología de los trece (13) pasos elevados corresponden, plancha geológica 077-Campo Dos y 078- Puerto Santander del Norte de Santander, los pasos elevados del 1 al 10 comprende la geología de la Plancha 078 - Puerto Santander, 11 al 13 la Plancha 077 - Campo Dos, se describe las unidades geológicas de la plancha 078 y posterior la plancha 077.

En la plancha 078 comprende rocas del cretácico a depósitos cuaternarios, datan eras geológicas del Mesozoico hasta finales del Cenozoico.

Figura 9. Plancha Geológica 078 Escala 1:1000.000 Sector Para la Zona de Estudio.



Fuente: Plancha geológica 078 Puerto Santander, Norte de Santander, estado de la cartografía geológica colombiana 2013, Servicio Geológico Colombiano (SGC)



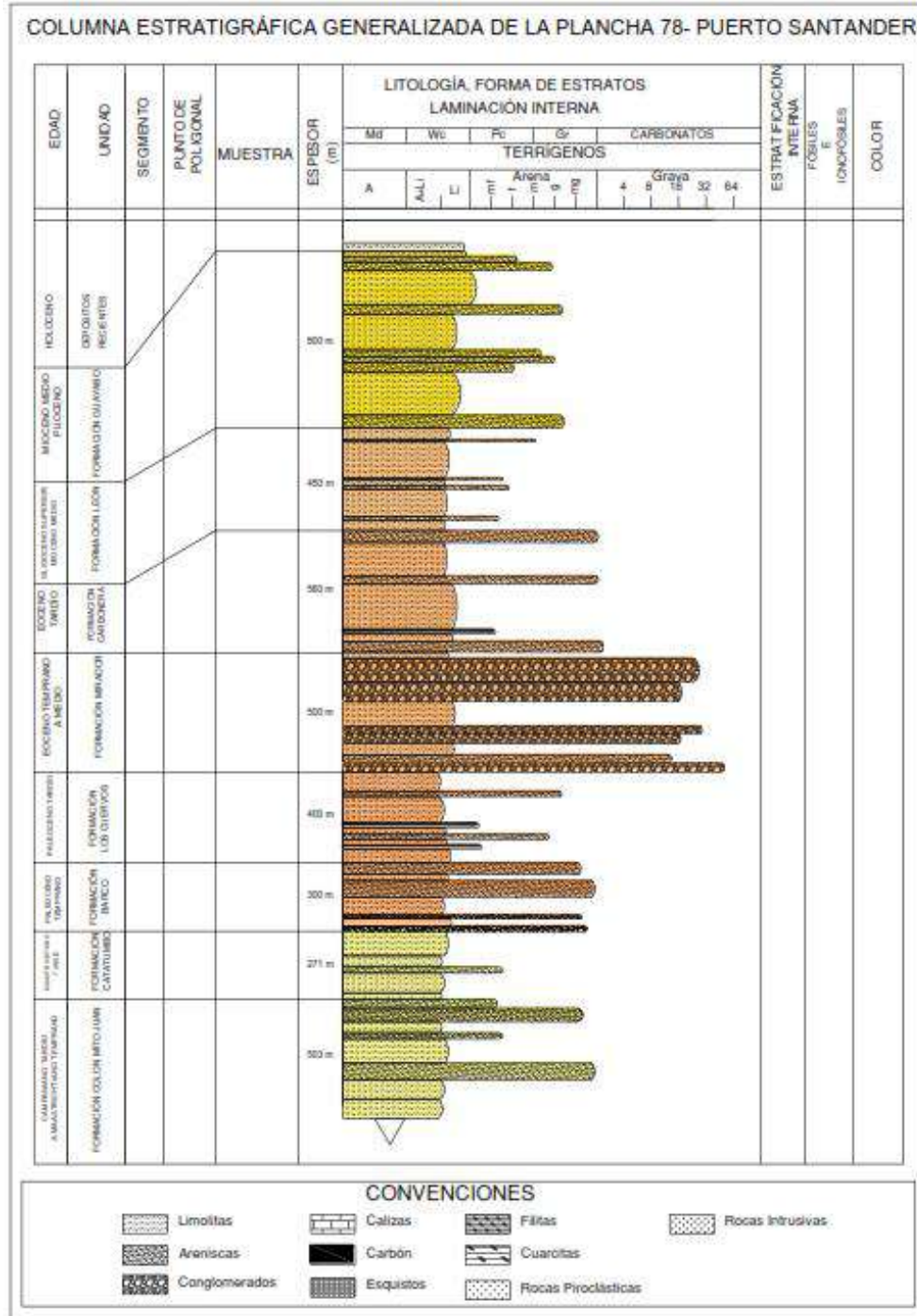


	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Figura 10. Columna Estratigráfica generalizada de la Plancha 78 - Puerto Santander (Modificado de Notestein et al., 1944)

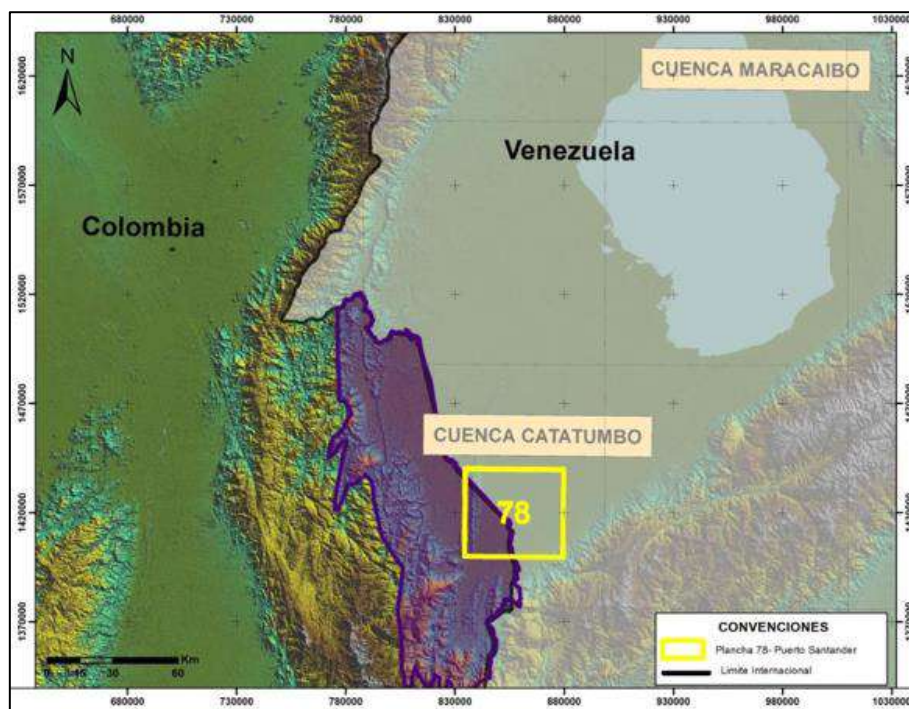


Fuente: Plancha Geológica 078 - Puerto Santander, escala 1: 100.000, Memoria Explicativa, Pág. 36.



	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

La Plancha 78 - Puerto Santander se encuentra localizada en la Cuenca de Catatumbo (Norte de Santander) y forma parte de la gran Cuenca de Maracaibo (República Bolivariana de Venezuela). En esta plancha afloran unidades de origen sedimentario y la nomenclatura utilizada para estas unidades se ha estructurado con base en el desarrollo de proyectos de exploración y explotación de petróleo, llevados a cabo en Colombia y Venezuela a comienzos y mediados del Siglo XX. En esta área afloran unidades con edades cretácicas, paleógenas y neógenas, afectadas por fallas y pliegues de dirección Norte - Sur y en menor grado Noreste y Noroeste

Figura 11. Ubicación de la Plancha 78 – Puerto Santander en la Cuenca del Catatumbo



Fuente: Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 78 – Puerto Santander. Memoria Explicativa, Pág. 34.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

3.5 GEOLOGIA LOCAL³

Se describe las unidades geológicas presentes, alrededor del Caño Salado, localizada en alineamiento Astilleros – Tibú, en el kilómetro PR 39+400 aproximadamente; para consideraciones geológicas se considera los puntos de referencia PR 39+208 – PR 39+710, localizada así (ver plano geológico Puente 9- Caño Salado)

Tabla 1. Localización Actual

Abscisa	E	N
K39+208	1165959	1426129
K39+710	1165963	1426533

En la siguiente tabla se relaciona la localización general para el estudio pertinente al mínimos y máximos, Este y Norte.

Tabla 2. Localización Actual

Número	E	N
1	1165794	1426128
2	1166268	1426128
3	1166268	1426535
4	1165794	1426535

El puente denominado Caño Salado, localizado dentro de la unidad geológica reciente, no consolidado denominado deposito aluvial – Q2a1, Para el estribo 1: Desde la superficie se caracteriza con arena de grano medio friable con grava y restos de materia, Arcilla limoarenosa con grava y trazas de materia orgánica color marrón, espesor alrededor de 5 metros, seguido de unas gravas redondeadas mayor a 2 centímetros con arcilla, finalizando con lutitas descompuestas con comportamiento mecánico de arcillas de alta plasticidad con grava. Lutita con respecto a la profundidad mejora sus condiciones geomecánicas. En contra parte se localiza un espesor de 4.15 metros aproximadamente de arcilla limosa de plasticidad baja a media, color marrón a rojo con moteados de gris y algunas trazas de materia orgánica. Finalmente, infrayaciendo lutitas de color gris meteorizadas, características geomecánicas mejoran con respecto a la profundidad.

³ Informe de geología, geomorfología, y amenazas para los 13 pasos elevados astilleros – Tibú PR 31+000 - PR 41+000 y PR 48+000-PR 50+000, Estepa, P&D 2017, pág. 162



	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Figura 12. Puente 9-Caño Salado



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Torres, 2017)

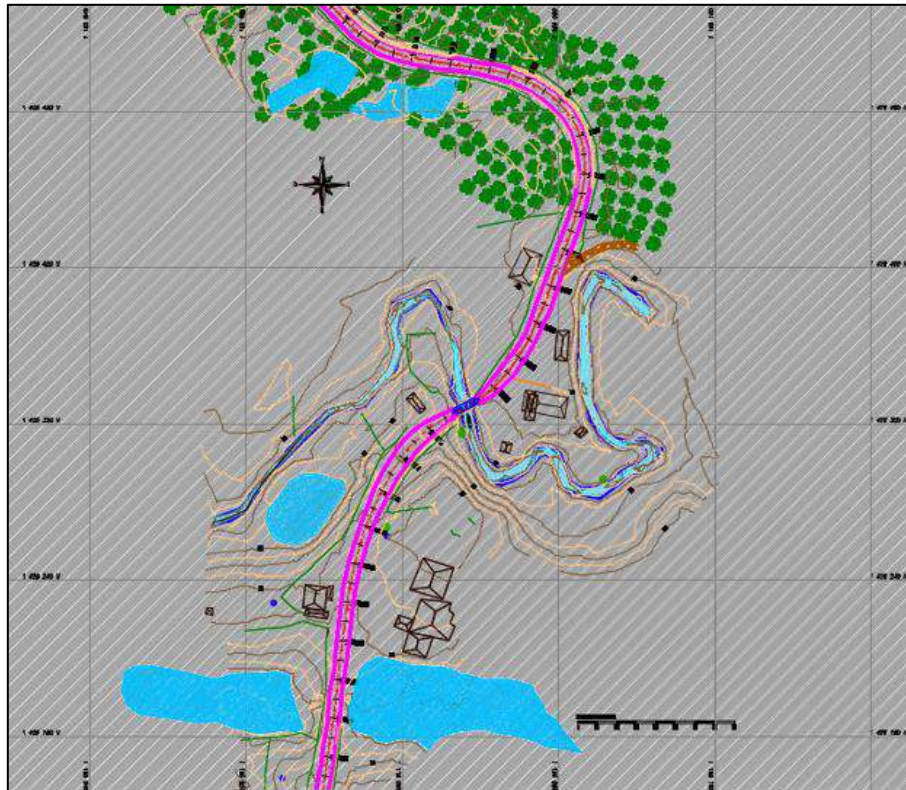
En la figura previa se visualiza el puente por la vía que conduce a Tibú, con cobertura vegetal nativa, algunos pastos, etc. (Ver ficha de diagnóstico). A profundidad se caracteriza Arcillas de diferentes consistencias y colores grises a marrones, naranjas, fracturadas meteorizadas, a determinada profundidad se caracterizan como lutitas y limolitas de características geomecánicas variables dependiendo del nivel de saturación y profundidades.

En la posterior figura se observa el puente y Caño Salado, puente está siendo afectado por el depósito aluvial que suprayace con la formación correspondiente a Colón - K2c, con un contacto discordante.

Además, en la sección frontal del puente, se determina una diversidad vegetal, alrededor del puente, un cauce de baja velocidad por el tiempo de verano, se relaciona grandes velocidades en tiempos de precipitaciones altas.



Figura 13. Geología Puente 9 Caño Salado





Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Estepa, 2017)

3.5.1 Unidades Geológicas Superficiales (UGS)

Según el Servicio Geológico Colombiano – SGC (2015), se define una unidad geológica superficial (UGS) al conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros. La información temática se obtiene a partir del procesamiento de la información básica, la caracterización de las condiciones físicas de los suelos, rocas y materiales de superficie, lo cual proporciona el mapa de UGS. Estas incluyen rocas con diferentes grados de meteorización, suelos y depósitos inconsolidados según origen.

Las Unidades Geológicas Superficiales se consideran como formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre, son unidades cartográficas y uno de los productos básicos de la Geología aplicada a la Ingeniería.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

La caracterización geológica de los macizos rocosos y de las Unidades Geológicas Superficiales es uno de los elementos básicos para la evaluación del comportamiento mecánico de los terrenos ante diferentes usos, como desarrollo de obras de infraestructura, desarrollos mineros y demás usos definidos en los planes de ordenamiento territorial. La información temática se obtiene a partir del procesamiento de la información geológica básica, la caracterización de las condiciones físicas de los suelos, rocas y materiales de superficie, lo cual proporciona el plano temático de Unidades Geológicas Superficiales.



La Geología aplicada a la Ingeniería constituye así una herramienta básica adecuada para compilar, interpretar y presentar la información temática de utilidad en las fases de prefactibilidad, factibilidad, diseño, construcción, operación y el mantenimiento de obras de ingeniería territorial y el desarrollo minero; igualmente en los campos de mitigación, prevención y control de los riesgos geológicos, al igual que en los impactos ambientales resultantes del desarrollo de diferentes proyectos.

En el presente estudio se caracterizaron y cartografiaron las unidades superficiales a escala 1:2000, con el fin de determinar las condiciones físicas mecánicas del suelo y de los diferentes materiales en las diferentes áreas, que sirvan como base para la zonificación geotécnica.

3.5.1.1 Metodología General Para el Estudio de las Unidades Geológicas Superficiales.

Las siguientes son las actividades realizadas para estudiar las Unidades Geológicas Superficiales de las zonas.

- Recopilación de la información temática: Se consultaron las entidades del orden oficial y privado para coleccionar la información disponible en cuanto a cartografía geológica, geomorfología, topografía, fotografías aéreas.
- Revisión de imágenes aéreas del área de estudio, realizándose una interpretación preliminar para determinar las formaciones geológicas, unidades de roca, suelos residuales y transportados, procesos morfodinámicos y rasgos estructurales, entre otros.
- Reconocimiento, verificación, ajuste y complementación de la información geológica mediante trabajo de campo; descripción y cartografía de las unidades geológicas superficiales; caracterización de

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

los elementos estructurales como son las fallas, pliegues, lineamientos y discontinuidades menores.

- Evaluación y procesamiento de la información de campo, elaboración de las bases de datos geológicos.



3.5.2 Factores Considerados Para Caracterizar las Unidades de Roca

En la cartografía geológica para ingeniería, la clasificación de rocas y suelos está basada en las propiedades físicas de dichos materiales y en su estado actual dependiendo de la combinación de factores como el origen, la diagénesis, la historia tectónica, el metamorfismo y los procesos de meteorización, los cuales gobiernan el comportamiento mecánico de los materiales (resistencia, deformabilidad, durabilidad, y permeabilidad, entre otros). Para la descripción y caracterización de las Unidades Geológicas Superficiales, se tuvieron en cuenta, entre otros:

Litología (composición y textura), dureza o resistencia, condición de las discontinuidades, grado de meteorización y rasgos estructurales. Estas características se obtienen mediante la descripción de perfiles de afloramientos rocosos, exploración del subsuelo, muestreo de suelos y rocas, ensayos in situ y análisis de laboratorio. Es uno de los aspectos importantes en la caracterización de las unidades superficiales, se define como la descomposición física y química In situ de los materiales cercanos a la superficie de la tierra. Influye en la formación de los suelos residuales, estabilidad de las laderas y en la acción de los procesos erosivos, al igual que sobre las propiedades físico-mecánicas de las rocas tales como densidad, esfuerzo a la compresión confinada, esfuerzo a la tensión confinada, porosidad, permeabilidad, deformabilidad y consistencia. Para definir el grado de meteorización de las rocas se utilizaron los perfiles generalizados de Deere y Patton (1971) y Dearman (1974, 1991).

3.5.2.1 Suelo Transportado Aluvial (Sta)

En unidad se encuentra constituida principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas, en la parte superior se ha desarrollado un perfil de meteorización cuyos fragmentos líticos presentan meteorización grado IV, que afecta hasta 1 metro. En donde se desarrolló un suelo arcillo-arenoso de color marrón a amarillo rojizo.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

En la figura posterior se observa, grandes cantidades de pasto de diferentes colores, zonas rojas probablemente por el contenido de hierro de las arcillas, con pastos, rastros y algunos árboles de gran tamaño.

Figura 14. Suelo Transportado Aluvial – Sta





Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Torres, 2017)

3.6 GEOMORFOLOGÍA

La identificación y clasificación de geformas se hace teniendo en cuenta la forma del relieve y su génesis, ya que cada unidad representa zonas homogéneas cuyo comportamiento mecánico es diferente, respecto a los agentes degradacionales que modelan y modifican el paisaje.

Debido a la escala 1:100.000 los procesos morfodinámicos en el mapa geomorfológico se generalizan en algunos sectores mediante las siglas FRM (Fenómenos de Remoción en Masa), debido a que involucra más de un tipo de evidencias tales como: deslizamientos, flujos de tierra y procesos erosivos.

- **MORFOGRAFIA:** Se define como el análisis de las formas de ladera, los interfluvios, y valles fluviales.
- **MORFODINÁMICA:** Análisis de los procesos de tipo denudativo, tales como movimientos en remoción en masa, fenómenos erosivos,

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

inundaciones, neotectónica y la influencia de factores antrópicos generadas por el hombre por el uso inapropiado del suelo.

- **MORFOESTRUCTURALES:** Análisis de las formas de tipo estructural (Litología y tectónica), que dominan el relieve.

El análisis geomorfológico se utilizó la metodología del ITC de Holanda (Verstappen y Van Zuidam (1975), Verstappen, 1983 y Van Zuidam; con modificaciones y jerarquización geomorfológica adoptada por Ingeominas (2002) con base en la propuesta hecha por Velásquez, (1999), ajustada por Carvajal (2002), Carvajal (2003), Carvajal y otros (2003) y Carvajal (2005), el cual relaciona la escala de trabajo, génesis, ambientes morfogenéticos.

Se realizó una investigación geomorfológica a partir de fotografías aéreas. La interpretación de elementos geomorfológicos se hace necesaria para la realización de estudios detallados a escala 1:25000, a partir de la cual ciertos datos pueden ser usados para investigaciones geológicas más profundas (Paleosísmicas, hidrogeológicas, amenazas ambientales, entre otros).



En la elaboración del plano se tuvo en cuenta una leyenda diseñada de tal forma que puede ser usada en estudios profundos, analizando la interpretación entre las diferentes características, tales como área, relieve general, forma de la pendiente y origen, entre otras.

3.6.1 Marco General

Los geomorfólogos se han interesado por muchas décadas en el desarrollo de los diferentes tipos de geoformas, los cuales han sido estudiados y explicados desde el punto de vista de su forma geométrica y de su origen o de los procesos que las han originado. De esta forma, la geomorfología es una disciplina que juega un papel importante en la identificación de los procesos que le dan forma al paisaje, muchos de los cuales permiten predecir la evolución de los mismos y su comportamiento

3.6.2 Indicadores Geomorfológicos

Los indicadores geomorfológicos denotan aspectos relacionados con la forma y morfometría del paisaje que permiten deducir el origen, su evolución y posibles amenazas que lo modifiquen.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Formas del paisaje tales como depresiones, lagos de falla, abertura de grietas y prominentes escarpes, sugieren reciente desplazamiento de las fallas y constituyen contundentes indicadores de trazos activos de las fallas. Colinas residuales, escarpes denudacionales, cuerpos de deslizamiento, cárcavas, tierras malas, terracetas, entre otros, representan ciclos de denudación del paisaje.

Cauces actuales, planicies de inundación, terrazas y otras geoformas relacionadas con la actividad aluvial, demuestran el poder erosivo y de depositación de las corrientes fluviales.

3.6.3 Elementos Geomorfológicos



Son las geoformas más pequeñas del terreno que pueden ser presentadas en un mapa a escala 1:25000 Una de las aplicaciones más importantes se relaciona con trabajos detallados sobre modelos de inestabilidad de laderas. (Ver anexo Mapa Geomorfológico).

3.6.3.1 Pendientes

La pendiente de un terreno se relaciona con una morfología y dinámica de todas las formas del relieve, todas ellas tienen un umbral límite que clasifica o jerarquiza de acuerdo con su geometría, es decir, la pendiente constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno.

La pendiente del terreno es uno de los parámetros que más utilizamos sin darnos cuenta cuando hablamos de lo que no cuesta subir una cuesta empinada en la ladera de una montaña o, lo que cuesta un automóvil o una persona subir un terreno empinado. De su correcto conocimiento depende muchas infraestructuras planificadas por los ingenieros: carreteras, reforestaciones, restauraciones, hidrogeológicas, etc. (Zuñiga, Henry, 2010).

El concepto de pendiente en sí, es la relación que existe entre el desnivel (Y), y la distancia en horizontal (X) que debemos recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados. Su aplicación al terreno se basa en el control del desnivel en el existente en una ladera (Y) mediante las cotas, y su variación en el espacio (Zuñiga, Henry, 2010).

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

La caracterización de pendientes del terreno no indica las posibilidades y limitantes en toda la gama de actividades que podemos llevar a cabo en el territorio de una manera ordenada, minimizando el riesgo y paliando las amenazas naturales.

Depende bastante de la precisión en la demarcación y limitación o acotamiento de áreas productivas y en las áreas que ofrecen algunos bienes y servicios ambientales. Este es el resultado en muchos de los casos de la zonificación en rangos de pendientes en porcentajes en la determinación de la capacidad de carga, del territorio. Con el uso de esta técnica se evidencia en entornos urbanos y rurales, cuando se adelantan actuaciones relacionadas con el ordenamiento territorial. Al aplicar técnicas para la zonificación de pendientes del terreno en la organización física espacial de los entes territoriales, se puede describir el territorio, sus potencialidades y posibles fenómenos de amenazas.

Dentro del paso elevado se encuentran alturas mínimas de 55 m.s.n.m., las cuales corresponden a la cota más baja que limita con el lecho del Caño Salado y su cota máxima de 65 m.s.n.m., en proximidades al alineamiento de la vía Astillero – Petrolea, Tibú.

Para la elaboración del plano temático de pendientes deberán utilizarse los rangos de pendientes propuestos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) que se describen a continuación.



Tabla 3. Rango de Pendientes

SÍMBOLO	GRADIENTE %	DESCRIPCIÓN
a	0-3	Plano
b	3-7	Ligeramente inclinado
c	7-12	Moderadamente inclinado
d	12-25	Fuertemente inclinado
e	25-50	Ligeramente escarpado
f	50-75	Moderadamente escarpado
g	>75	Fuertemente escarpado

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

3.6.3.2 Geoformas de origen Fluvial

Geoformas derivadas de la actividad agradacional y degradacional de las corrientes. Se incluyen cauces actuales de las corrientes y niveles de terrazas dejadas por sedimentación y eventos fluvio-torrenciales.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

- Cauce Activo (Fca)

Se realizó esta delimitación, para separar los cauces aluviales activos de la zona de inundación, en esta unidad se incorporaron las quebradas y caños, los cuales presentan forma de canal irregular excavados por erosión de las corrientes perenes o estacionales, dentro de sedimentos aluviales de tamaño arcilla, arena y en menor proporción gravas.

- Plano o Llanura de Inundación (Fpi)

Esta unidad está constituida por una superficie relativamente baja, plana a ondulada y generalmente inundable, desarrollada bordeando los cauces actuales y sus afluentes. Están compuestas de sedimentos no consolidados, que se erosionan durante las inundaciones y crecidas los caños o quebradas, o pueden ser el lugar donde se depositen nuevos depósitos de lodo, arena y limo. Su origen está relacionado con la depositación de sedimentos finos y gruesos durante eventos de inundación

- Plano Anegadizo (Fpa)

En esta unidad se incluyeron también los cuerpos de aguas naturales y artificiales presentes, los planos anegadizos se refieren a una superficie plana a casi plana e irregular en forma de artesa con pendiente suave. Se localiza en áreas planas mal drenadas. Su origen está relacionado con procesos de encharcamiento temporal que de manera general. Su depósito está constituido por sedimentos finos y en donde ocurren procesos de inundación temporal en épocas de lluvias, debido a la baja permeabilidad de los suelos, bajas pendientes que no permiten que las aguas superficiales se infiltren o escurran.



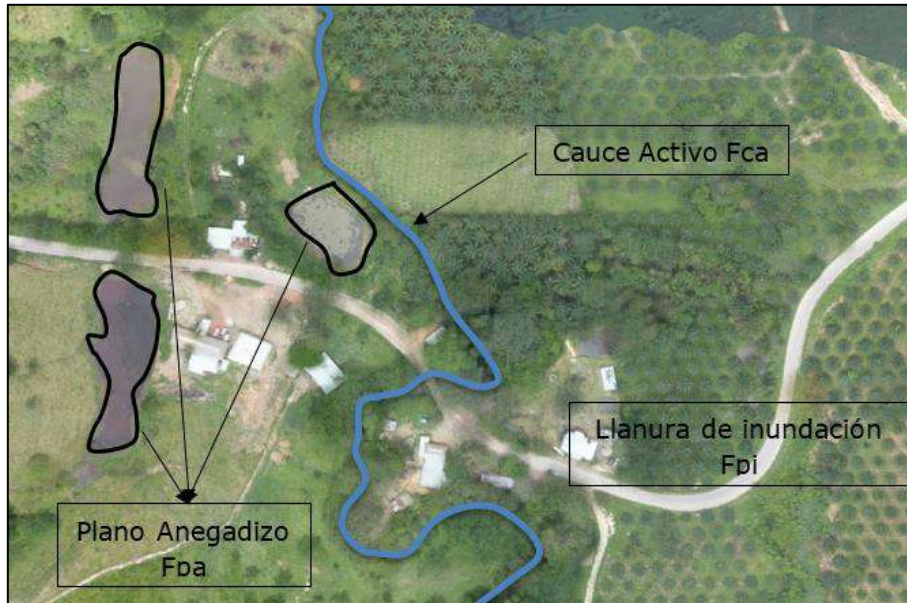
	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Figura 15. Aerofotografía Puente 9 Caño-Salado





Fuente: Planeación y Desarrollo (Modificado Estepa, 2017)

3.7 HIDROGEOLOGIA

Los componentes litológicos son heterogéneos texturalmente hablando, compuesto por gravas, arenas, arcillas, limos, Permeabilidades medias a altas. Se clasifica de forma general como un acuífero regular.

3.8 AMENAZAS

El corredor vial se encuentra localizado sobre la parte noreste de la cordillera oriental de Colombia. Su topografía está dominada por zonas en su gran mayoría planas, pero con regiones montañosas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y de meteorización tales como las lluvias, los vientos y los cambios de temperatura característicos de las condiciones climáticas del trópico, que hacen una zona susceptible altamente a la acción de eventos severos de erosión, fenómenos de remoción en masa, inundaciones e incendios forestales. La evaluación se fundamenta en el método heurístico, el cual se basa en el análisis de los procesos geomorfológicos que actúan sobre el terreno, el mapeo de los procesos, los factores ambientales que afectan directamente e indirectamente la inestabilidad de las laderas, estimación de las relaciones entre los factores y los fenómenos de inestabilidad y la clasificación del terreno en dominios de diferente grados de susceptibilidad de acuerdo con las relaciones detectadas, en combinación con el enfoque analítico (Hansen, 1984), en el que se elabora el mapa temático,

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

el cual se evalúa y se integran para alcanzar una evaluación general del área de estudio.

3.8.1 Amenaza por inundación

Las zonas que presentan amenaza por inundación se caracterizan por presentar un relieve muy suave, con pendiente inferiores a los 12°, y suelos predominantemente arcillosos poco permeables, las condiciones hidrológicas de la zona son según el IDEAM 2008 son de alta pluviosidad (3.001-7.000 mm/año) y humedad relativa del 83% clasificado como un clima Cálido Muy Húmedo, dentro de estas zonas se encuentran las unidades geomorfológicas planos anegadizos, cauces activos y llanuras de inundación. Dependiendo de la intensidad y la gravedad se clasifica en: Amenaza Alta por Inundación – Aai, Amenaza Media por Inundación – Ami, y Amenaza Baja por Inundación – Abi Para el puente 1 y su alrededor de forma general se presenta una Amenaza Alta por inundación (Aai). y Amenaza Media por Inundación (Ami).

3.8.2 Amenaza Sísmica

La actividad tectónica en Colombia ha tenido manifestaciones severas. Es un país con una alta amenaza sísmica y volcánica. Varios de los más graves desastres ocurridos en Suramérica han ocurrido en Colombia. Terremotos, erupciones volcánicas que han causado un número importante de víctimas se han reportado desde épocas de la colonia.

Debido a que la mayoría de la población colombiana se encuentra concentrada en grandes ciudades localizadas en las zonas de mayor amenaza o peligro y debido tanto a la acción del hombre como al proceso de industrialización de los últimos años, el potencial de desastre natural o de origen antrópico resulta significativamente alto para el país. Colombia en su historia ha sufrido diversos eventos notables

Ante la ausencia de una microzonificación sísmica en el área metropolitana de Cúcuta se estimará la amenaza sísmica a partir del análisis comparativo entre una evaluación de tipo determinístico con base en más de 50 sismos históricos e instrumentales recopilados, y el valor establecido por la NSR-10. Antes se presentará una revisión de los parámetros de Amenaza sísmica representado en el coeficiente de aceleración sísmica pico efectivo (Aa) de la NSR-10 y el coeficiente de aceleración pico del terreno (PGA) CCP-14.



	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 4. Estimación de Aceleración en Roca Para Sismos Representativos

Descripción del Sismo	Ambrassay	Fukushima & Tanaka	Sarma & Srbulov	Patwardhn	Aa Promedio
Febrero 3 , 1610	0,056	0,062	0,048	0,034	0,050
Enero 16 1644	0,048	0,050	0,040	0,027	0,041
Marzo 28, 1812	0,085	0,088	0,072	0,058	0,076
Mayo 5, 1875	0,111	0,157	0,111	0,095	0,118
Febrero 17,1869	0,025	0,030	0,026	0,015	0,024
Marzo 14 de 1932	0,056	0,071	0,052	0,037	0,054
Julio 9, 1950	0,039	0,040	0,033	0,020	0,033
Abril 21, 1957	0,040	0,029	0,026	0,018	0,028
Noviembre 26, 1980	0,010	0,006	0,007	0,003	0,007
Octubre 18, 1981	0,023	0,021	0,019	0,010	0,018

Fuente: Atlas Microsísmico Ingeominas, Documentos FUNVISIS, Documentos FUNDAPRIS; Documentos Laboratorio Geofísico ULA. (Barrera, 2017)

En la posterior figura se observa el comparativo de los sismos históricos y/o representativos de la zona, entre la NSR – 10 (Norma Sismo Resistente) y CCP – 14 (Código Colombiano de Puentes 2014). Es indispensable aplicar el código de puentes, por aplicabilidad y filosofías de diseño, además está especializada para los puentes.



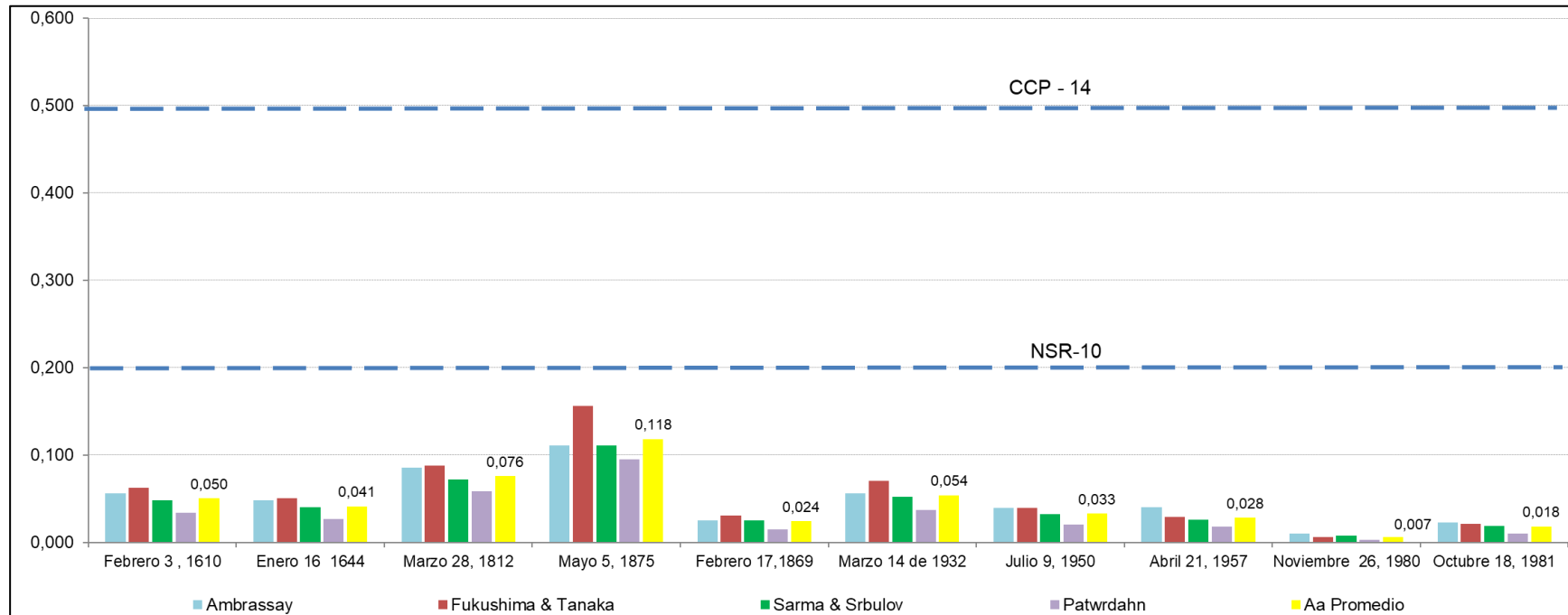


 <p>Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Figura 16. Estimación de Aceleración en Roca Para Sismos Representativos Para el Puente 9



Fuente. Planeación y Desarrollo (Barrera,2017)

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

4. INVESTIGACION DEL SUBSUELO

El conocimiento de las características geotécnicas de los materiales que componen la corteza en el sitio del estudio, es una de las partes definitivas para establecer los modelos del subsuelo para los análisis de estabilidad y la definición de obras. Esta parte involucra la exploración superficial y sub-superficial, la recuperación de muestras alteradas e inalteradas, ejecución de ensayos de laboratorio y de campo para establecer parámetros representativos del suelo para los análisis posteriores y diseños geotécnicos requeridos. A continuación, se describen las actividades de campo y laboratorio realizadas dentro del estudio de geotecnia y se presentan los análisis de los resultados obtenidos.

4.1 EXPLORACION GEOTECNICA

Para determinar las características de los materiales presentes in situ y con estas establecer las condiciones geotécnicas del subsuelo en el lugar del estudio, se realizaron dos (2) perforaciones con equipo mecánico de rotación y lavado, a profundidades de 20 m y 21 m.

Figura 17. Ubicación Sondeos Mecánicos P9 (E1-E2)



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. 2017



	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Tabla 5. Detalles de Perforaciones Geotécnicas.

Sondeo	Pro (m)	Coordenadas		
		N	E	Cota (m)
P9-E1	20	1426321.09	1166025.31	59.02
P9-E2	21	1426337.04	1166040.41	58.95

Fuente: Perfoingenieria SAS, 2017

4.1.1 Sondeo Mecánico P9-E1

El sondeo P9-E1 se ubica a unos 1.5 metros desde el estribo del puente 9 al margen derecho, ubicado en la progresiva 39+400 en el tramo vial que conduce de Astilleros – Tibú. El sondeo se inicia por medio del método de perforación a percusión o SPT hasta los 3.25 m de profundidad y luego se cambia el método de perforación por rotación mecánica alcanzando una profundidad de 20.0 m, el estrato de roca blanda se encontró a los 4 m, descompuesta y muy fracturada. El nivel freático se mantuvo estable a los 2 m de profundidad.

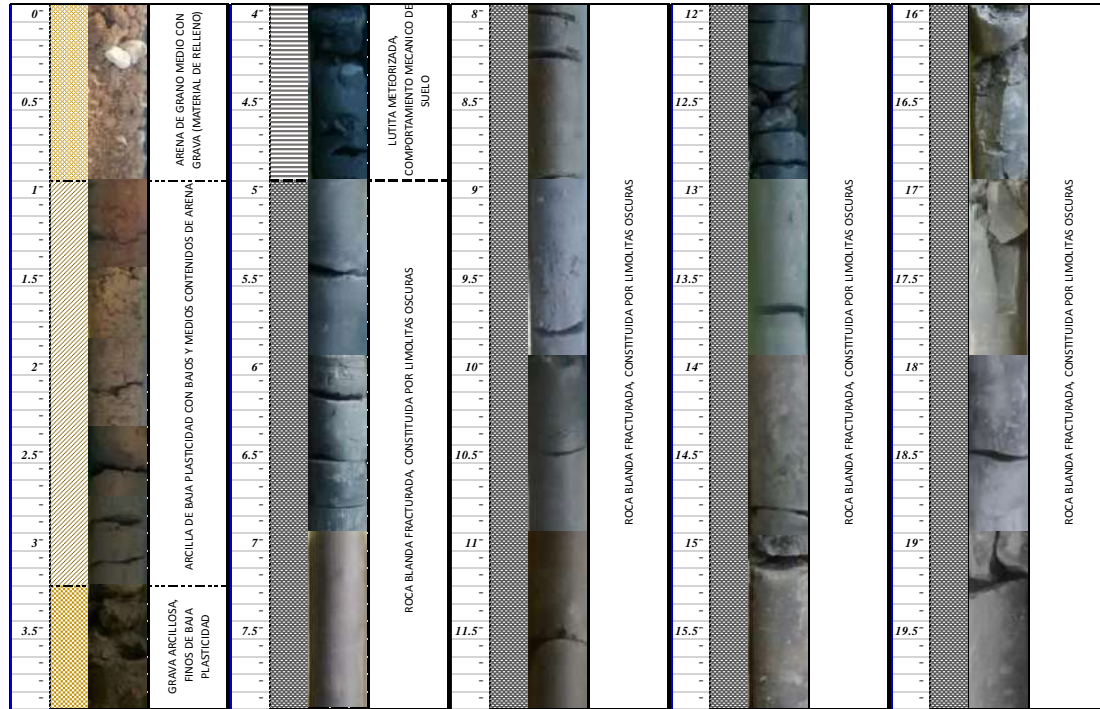
Figura 18. Localización SND P9-E1 y Materiales Reportados



Fuente: Perfoingenieria SAS. 2017

Desde la superficie hasta profundidad de 4.0 m se registra un estrato de arcilla de baja plasticidad con bajos y medios contenidos de arena, según datos de SPT, su consistencia es baja, además de presentar estado semisólido debido a los contenidos de humedad, a partir de este nivel se encuentra la roca blanda fracturada y meteorizada identificada como lodolitas, material que servirá de apoyo de la superestructura.

Figura 19. Perfil estratigráfico SND P9-E1



Fuente: Planeación y desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

En el anexo B se encuentra el perfil geotécnico para el sondeo mecánico P9-E1.

4.1.2 Sondeo Mecánico P9-E2

El sondeo mecánico P9-E2 se ubica a una distancia aproximada de 21 m desde el sondeo P9-E1 al margen izquierdo de la vía que conduce de Astilleros hacia Tibú, Se extraen muestras continuas de suelo por medio de ensayo de penetración estándar (SPT) a cada 0.45m hasta una profundidad de 4.15 m, luego se cambia mediante recuperación por rotación y lavado hasta profundidad de 21.0 m. El nivel freático se mantuvo entre 1.0 m a 2.0 m.

Desde la superficie hasta profundidad de 4.15 m se registra un estrato de arcilla de baja plasticidad con bajos y medios contenidos de arena, según datos de SPT, su consistencia es baja, además de presentar comportamiento plástico debido a los contenidos de humedad, a partir de este nivel se encuentra la roca blanda fracturada y meteorizada identificada como lodolitas, material que servirá de apoyo de la superestructura.

En el anexo B se encuentra el perfil geotécnico para el sondeo mecánico P9-E2.



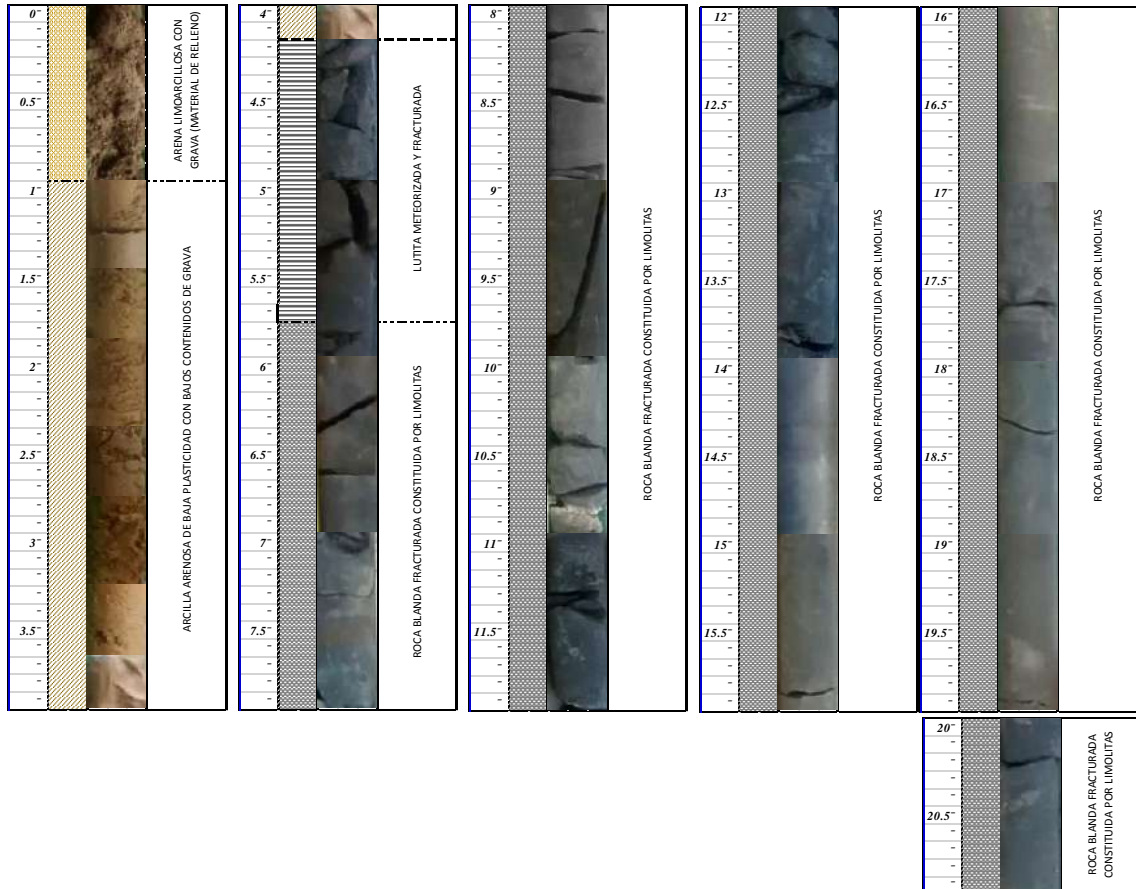
 <p>Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p>	<p>CONTRATO 0130/2017</p> <p>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p>ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Figura 20. Localización SND P9-E2 y Materiales Reportados



Fuente: Perfoingenieria SAS. 2017

Figura 21. Perfil estratigráfico SND P9-E2

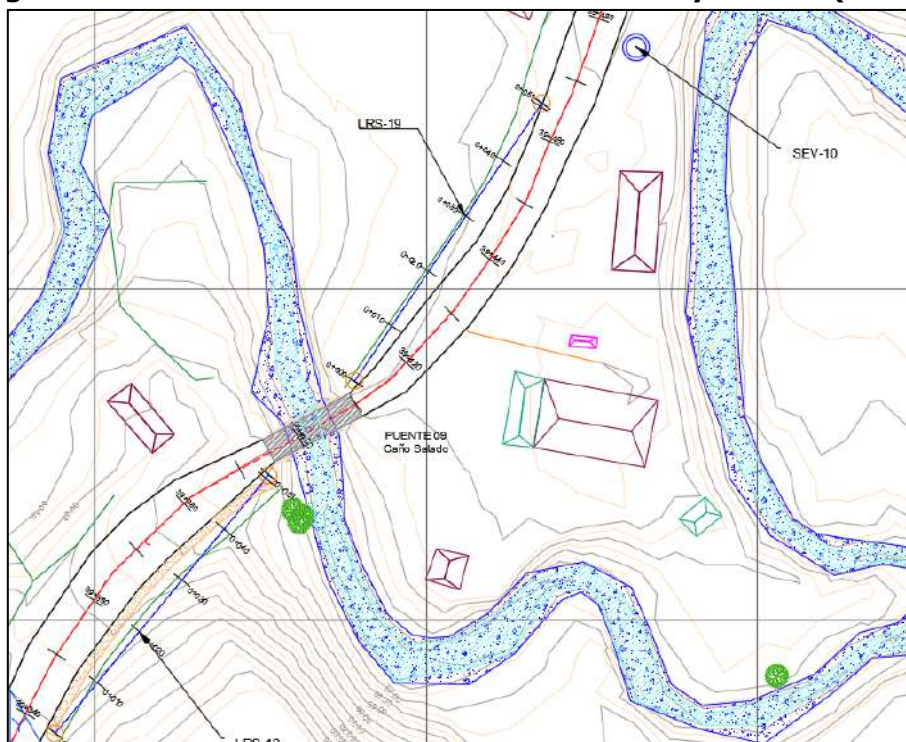


Fuente: Planeación y desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

4.2 EXPLORACION GEOFISICA⁴

Además de los sondeos mecánicos realizados para identificar los materiales que van a servir de fundación de las estructuras, se realizaron líneas de refracción sísmica a en cada estribo con el fin de identificar posibles fallas o anomalías que se deban tener en cuenta para el diseño de la cimentación profunda, junto a las líneas se efectuaron sondeos eléctricos verticales para tener en cuenta las condiciones hidrogeológicas del sector.

Figura 22. Ubicación Líneas Refracción Sísmica y SEV P9 (E1-E2)





Fuente: Planeación y desarrollo Ltda. (Torres, 2017)

4.2.1 Ensayo de Refracción Sísmica LS-18

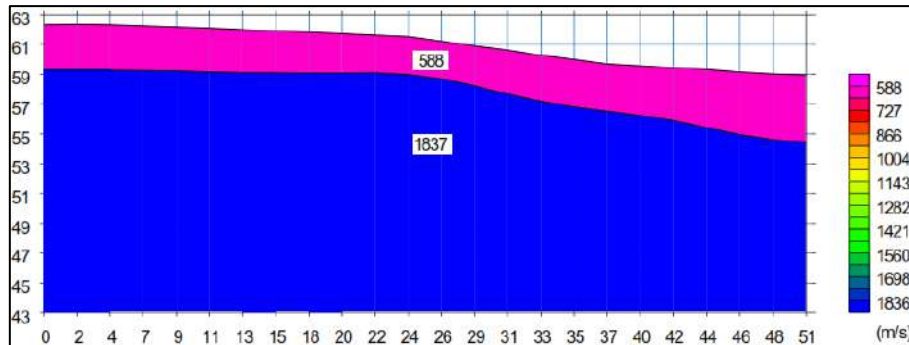
El perfil sísmico mostrado en la figura 23 corresponde a la línea de refracción sísmica LS18, presenta un modelo de dos capas: la primera con velocidad de onda (V_p) de 588 m/s corresponde a un depósito aluvial y la segunda capa con velocidad de onda (V_p) de 1837 m/s corresponde un basamento cretácico

⁴ Informe Exploración Geofísica Mediante Refracción Sísmica en el Corredor Vial Astilleros-Tibú, departamento de norte de Santander.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

fracturado, conformado por arcillas pizarrosas calcáreas y areniscas, correlacionable con la formación Colon Mito Juan (K2cmj).

Figura 23. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica o Modelo Simplificado de 2 Capas LR-18

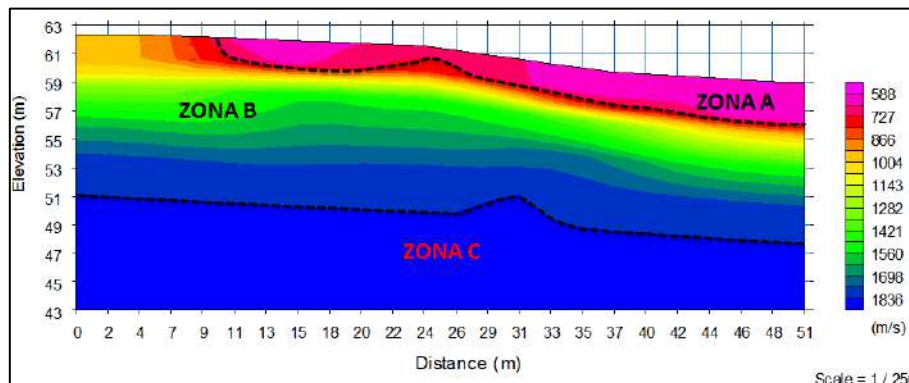


Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (IngeoExploraciones, 2017)



4.2.2 Ensayo de tomografía Sísmica LS-18

De acuerdo al resultado de la imagen de tomografía sísmica LS18 se identifican tres zonas; La ZONA A corresponde a un depósito aluvial con un espesor que varía entre los 0.6 y 2.8 metros aproximadamente. La ZONA B corresponde a un basamento cretácico muy fracturado y meteorizado con un espesor que varía entre los 7.6 y 11.4 metros aproximadamente. La ZONA C corresponde a un basamento cretácico fracturado, sus propiedades geomecánicas aumentan a medida que su profundidad es mayor, se estima que su profundidad máxima desde la superficie es de 11.5 metros.

Figura 24. Resultado Ensayo de refracción Sísmica – Modelo Tomografía 2D LR-18



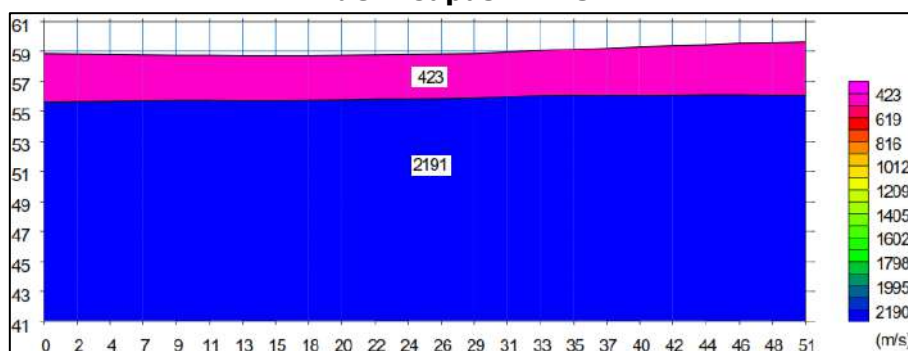
Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (IngeoExploraciones, 2017)

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

4.2.3 Ensayo de Refracción Sísmica LS-19

El perfil sísmico mostrado en la figura 25 corresponde a la línea de refracción sísmica LS19, presenta un modelo de dos capas: la primera con velocidad de onda (V_p) de 423 m/s corresponde a un depósito aluvial y la segunda capa con velocidad de onda (V_p) de 2191 m/s corresponde un basamento cretácico fracturado, conformado por arcillas pizarrosas calcáreas y areniscas, correlacionable con la formación Colon Mito Juan (K2cmj).

Figura 25. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica o Modelo Simplificado de 2 Capas LR-19



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (IngeoExploraciones, 2017)

4.2.4 Ensayo de Tomografía Sísmica LR-19

De acuerdo al resultado de la imagen de tomografía sísmica LS19 se identifican tres zonas; La ZONA A corresponde a un suelo con un espesor que varía entre los 1.8 y 2.4 metros aproximadamente. La ZONA B corresponde a un basamento cretácico muy fracturado y meteorizado con un espesor que varía entre los 6.2 y 9.0 metros aproximadamente. La ZONA C corresponde a un basamento cretácico fracturado, sus propiedades geomecánicas aumentan a medida que su profundidad es mayor, se estima que su profundidad máxima desde la superficie es de 11.0 metros.



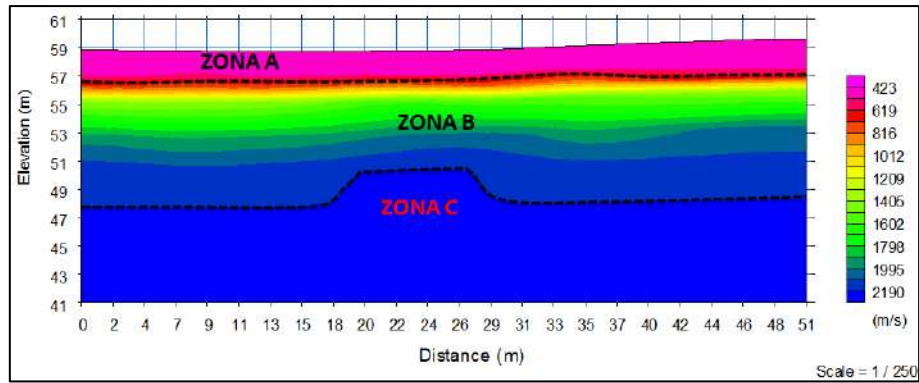
	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Figura 26. Resultado Ensayo de refracción Sísmica – Modelo Tomografía 2D LR-19



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (IngeoExploraciones, 2017)



4.2.5 Sondeo Eléctrico Vertical SEV-10

Tabla 6. Resultados Sondeo Eléctrico Vertical Puesto 9

Profundidad (m) Desde - Hasta	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (Ohm - m)	Correlación Hidrogeológica
0.00 - 0.60	I	269.4	Suelo residual arenoso.
0.60 - 2.10	II	34.2	Depósito aluvial de arenas, arcillas, limos y gravas.
2.10 - 4.98	III	14.6	Depósito aluvial de arenas, arcillas y limos. Húmedo.
4.98 - 10.62	IV	14.5	Depósito aluvial de arenas, arcillas y limos. Húmedo.
10.81 - 14.81	V	623.7	Basamento cretácico fracturado, meteorizado constituido por areniscas finas, lodolitas arenosas, calizas y lutitas. Formación Colón Mito Juan.
14.81 - 100.00	VI	180.5	Basamento cretácico fracturado, meteorizado constituido por intercalaciones de lodolitas y areniscas. Formación Colón Mito Juan.

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (IngeoExploraciones, 2017)

La presente sección geoelectrica se caracteriza por presentar un delgado depósito cuaternario de tipo planicie aluvial y se encuentran constituidos por sedimentos de grano fino como arenas, arcillas y limos aunque a veces se observan delgados niveles de gravas suprayaciendo a un basamento cretácico fracturado, constituido por intercalaciones de lodolitas, arcillolitas y paquetes

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

menores de areniscas finas y lodolitas arenosas e igualmente de capas de calizas y lutitas; se correlacionan con la Formación Colón Mito Juan.

La información de resistividad da la evidencia de posible agua subterránea relacionada con las Unidades Geoelectricas III y IV.

5. CARACTERIZACION GEOTECNICA

De acuerdo a la exploración de campo realizada para registrar los materiales del sector, se realiza la etapa de ensayos de laboratorio, durante los trabajos de campo se tomaron datos como SPT y ensayo de ondas superficiales, como refuerzo a los resultados obtenidos en laboratorio para identificar las características geomecánicas de los materiales.

5.1 ENSAYOS DE CAMPO

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos realizados en campo para cada estribo.



5.1.1 Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

El ensayo consiste en hincar un tubo partido para que penetre 30 cm (1 pie) en el terreno ayudados de un martillo de 140 lb de peso y una altura de caída de 75 cm, contabilizándose el número de golpes (N).

Tabla 7. Resultado de SPT de Campo

Sondeo	# muestra	Prof. (m)	Golpes	*N _c	Consistencia
PE-E1	1	1.0-1.45	1-1-1	3	Blanda
	2	1.45 -1.90	2-1-2	4	Blanda
	3	1.90 - 2.35	2-2-2	5	Medio Firme
	4	3.35 - 2.80	2-6-10	17	Firme
	5	2.80 - 3.25	13-18-22	42	Dura
PE-E2	1	1.0-1.45	3-3-2	7	Medio firme
	2	1.45 -1.90	2-2-4	7	Medio firme
	3	1.90 - 2.35	3-3-4	8	Medio firme
	4	3.35 - 2.80	3-3-4	8	Medio firme
	5	2.80 - 3.25	4-4-4	8	Medio firme
	6	3.25 - 3.70	2-2-3	5	Medio firme
	7	3.70 - 4.15	4-7-15	21	Muy firme

*N_c Determinado según Estimativos de Parámetros Efectivos de Resistencia con SPT, Álvaro J. Gonzalez-1999.

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

La consistencia que se obtiene del estrato superior, conformado por suelos arcillosos con variación del contenido de arena, presenta generalmente una consistencia de firme a medio firme, aunque para el sondeo del estribo 1 la consistencia es menor a la del estribo 2, hasta una profundidad cercana de 2.0 m su consistencia es baja la puede ser originada por los contenidos de humedad del material.

5.1.2 Ensayo de Ondas Superficiales MASW1D LS-18

De acuerdo a la tabla de resultados promedio del ensayo de ondas superficiales Masw1D, el suelo competente se encuentra superficialmente, alcanzando una velocidad de onda de corte de 364.57 m/s, la cual va aumentando en profundidad llegando hasta 529.10 m/s a 36.43m.

La velocidad de onda de corte (V_s) promedio para el perfil sísmico es de 470.7 m/s, y según la clasificación de los perfiles de suelos de la tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10 clasifica el suelo como suelos muy densos o roca blanda que cumplan con el criterio de la onda cortante (V_s) (perfil tipo C).



Tabla 8. Datos obtenidos de Ensayo de Ondas Superficiales MASW1D LR-18

TABLA DE DATOS - MASW 1D - LS 18								
Depth (m)	S-wave velocity (m/s)	P-wave velocity (m/s)	Density (g/cm ³)	N	Relación de Poisson ν	Módulo de Corte G (MPa)	Módulo de Elasticidad E_d (MPa)	Deformación K (MPa)
0.00	364.57	1694.67	1.85	67.80	0.25	2410	6025	4016
1.07	364.39	1694.47	1.85	67.69	0.25	2407	6018	4012
2.31	365.20	1695.37	1.85	68.18	0.25	2418	6046	4031
3.71	385.68	1718.10	1.86	81.11	0.25	2707	6769	4512
5.27	422.99	1759.52	1.87	108.85	0.25	3279	8198	5465
7.01	450.58	1790.14	1.88	133.11	0.25	3740	9349	6233
8.90	485.40	1828.79	1.89	168.72	0.25	4367	10918	7279
10.96	493.26	1837.52	1.89	177.57	0.25	4516	11290	7527
13.19	501.43	1846.59	1.90	187.11	0.25	4674	11684	7790
15.58	509.39	1855.43	1.90	196.74	0.25	4830	12075	8050
18.13	516.39	1863.19	1.90	205.48	0.25	4970	12425	8283
20.85	521.92	1869.33	1.90	212.56	0.25	5082	12704	8470
23.74	525.98	1873.84	1.90	217.87	0.25	5165	12912	8608
26.79	528.97	1877.16	1.91	221.85	0.25	5227	13066	8711
36.43	529.10	1877.30	1.91	222.02	0.25	5229	13073	8715

Fuente: Exploración Geofísica Mediante Refracción Sísmica en el Corredor Vial Astilleros- Tibú, Departamento de Norte de Santander (IngeoExploraciones,2017)

5.1.3 Ensayo de Ondas Superficiales MASW1D LS-19

Con los resultados obtenidos del ensayo de ondas superficiales se pueden identificar dos perfiles de suelo, el primero el cual se registra con velocidades de onda desde 236.44 (m/s) hasta 325.36 (m/s), el promedio de onda es de

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

259.65 m/s y según este resultado se encuentra superficialmente un perfil de suelo tipo D. El segundo perfil se registra desde 5.27 m en adelante, con velocidades de onda que van de 376.76 m/s hasta 546.61 m/s, de acuerdo a los resultados se obtiene una velocidad de onda promedio de 560.35 m/s, de acuerdo a este dato el perfil del suelo es tipo C. la clasificación de los perfiles se determinan según la tabla A.2.4-1 de la norma sismo-resistente colombiana NSR-10.

Tabla 9. Datos obtenidos de Ensayo de Ondas Superficiales MASW1D LR-19

TABLA DE DATOS - MASW 1D - LS 19								
Depth (m)	S-wave velocity (m/s)	P-wave velocity (m/s)	Density (g/cm ³)	N	Relación de Poisson ν	Módulo de Corte G (MPa)	Módulo de Elasticidad Ed (MPa)	Deformación K (MPa)
0.00	236.44	1552.45	1.80	17.07	0.25	989	2473	1648
1.07	234.53	1550.33	1.80	16.64	0.25	973	2432	1621
2.31	238.91	1555.20	1.81	17.65	0.25	1010	2526	1684
3.71	263.04	1581.98	1.81	23.98	0.25	1230	3076	2051
5.27	325.36	1651.15	1.84	47.19	0.25	1905	4763	3175
7.01	376.76	1708.21	1.85	75.29	0.25	2580	6449	4299
8.90	444.82	1783.75	1.88	127.76	0.25	3641	9102	6068
10.96	491.86	1835.96	1.89	175.97	0.25	4489	11223	7482
13.19	508.78	1854.75	1.90	195.99	0.25	4818	12045	8030
15.58	523.60	1871.19	1.90	214.75	0.25	5116	12790	8527
18.13	534.47	1883.26	1.91	229.28	0.25	5341	13352	8902
20.85	541.16	1890.69	1.91	238.54	0.25	5482	13705	9137
23.74	544.72	1894.64	1.91	243.57	0.25	5558	13894	9263
26.79	546.61	1896.74	1.91	246.28	0.25	5598	13996	9330
36.43	546.61	1896.74	1.91	246.28	0.25	5598	13996	9330

Fuente: Exploración Geofísica Mediante Refracción Sísmica en el Corredor Vial Astilleros- Tibú, Departamento de Norte de Santander (IngeoExploraciones,2017)

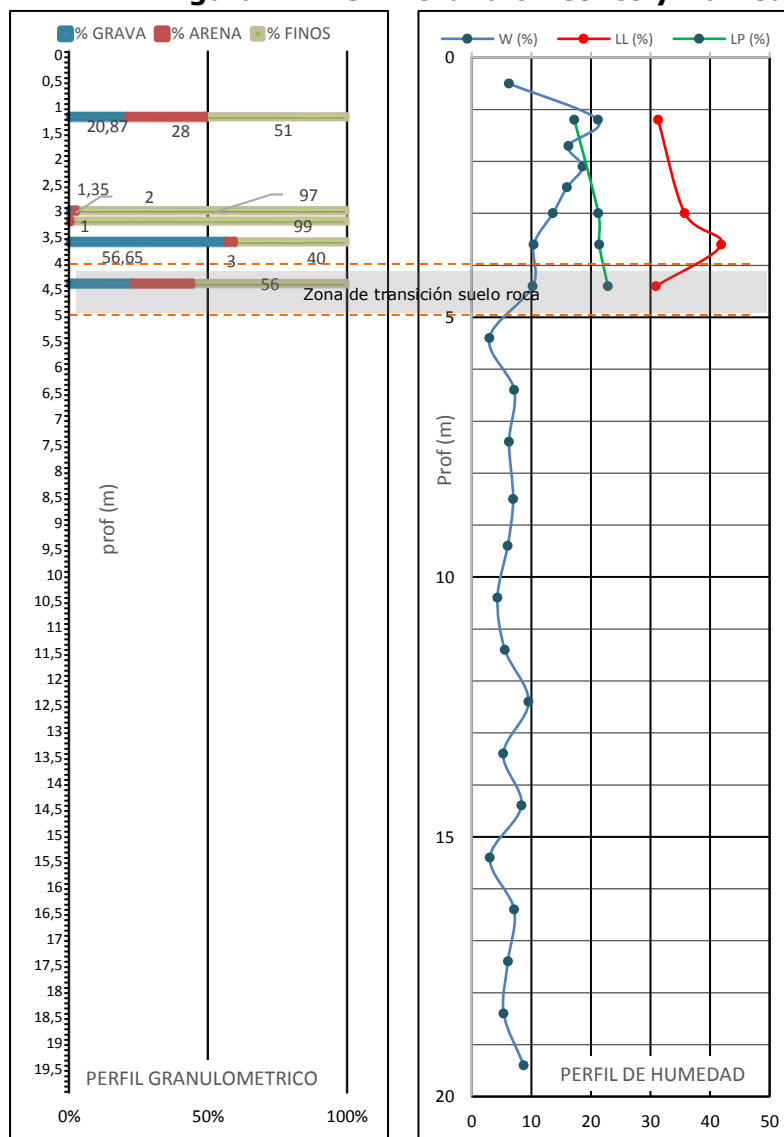
5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Con la obtención de muestras mediante perforación mecánica se realiza la selección e identificación de muestras para su posterior análisis, se realizan ensayos de clasificación para determinar sus características físicas y ensayos de resistencia para conocer sus propiedades mecánicas, a partir de los ensayos realizados y los resultados obtenidos se analizan para identificar los comportamientos esperados.

5.2.1 Humedad Natural y Granulometría

5.2.1.1 Sondeo P9-E1

Figura 27. Perfil Granulométrico y Humedad SND p9-E1



cómo se observa en los perfiles de humedad y granulometría, los materiales que predominan el nivel superficial son arcillas de baja plasticidad con diferentes contenidos de arena los porcentajes de la fracción fina están entre 51% al 99%, excepto a la profundidad de 3.6 m donde el porcentaje de grava es mayor, este tipo de material se encuentra hasta una profundidad cercana a los 4.2 m. La humedad que se registra tiende a disminuir con la profundidad, cerca de 1.5 m el material presenta un estado plástico, pero en

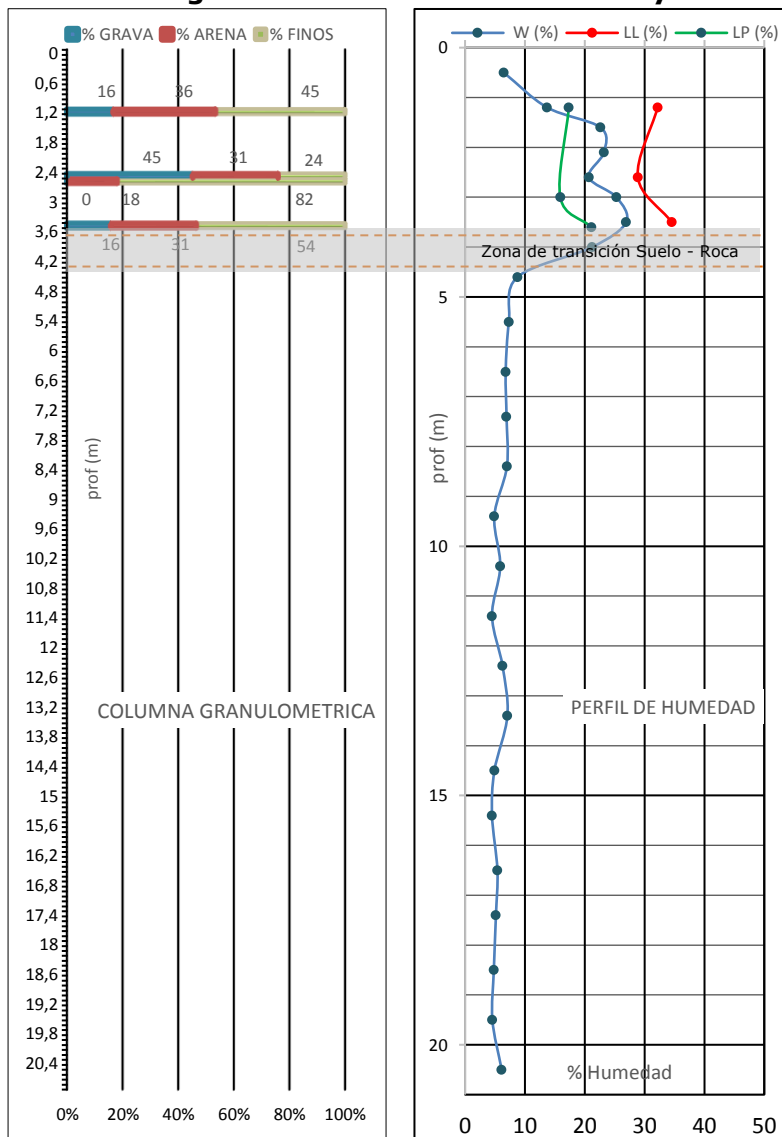
Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

general el comportamiento del material tiende a ser semisólido, indicando que, de conservarse las humedades registradas durante el proceso de perforación, no se van a generar grandes cambios volumétricos ante la imposición de cargas. Los niveles de saturación para la roca blanda son bajos

no superan el 10% del contenido de agua debido a su composición mineralógica y sus bajas permeabilidades.

5.2.1.2 Sondeo P9-E2

Figura 28. Perfil Granulométrico y Humedad SND P9-E2



para el sondeo del estribo 2, no se observan las cantidades tan marcado por el material fino como se observó para el estribo 1, en este caso hay más presencia porcentajes granulares, aunque el dominio sigue siendo de la fracción fina, de acuerdo a esto, los comportamientos del nivel superficial va a estar regido por comportamientos propios de las arcillas, en cuanto al grado de humedad que se registra, el material se encuentra en estado plástico lo que indica que ante la imposición de cargas se pueden generar asentamientos

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

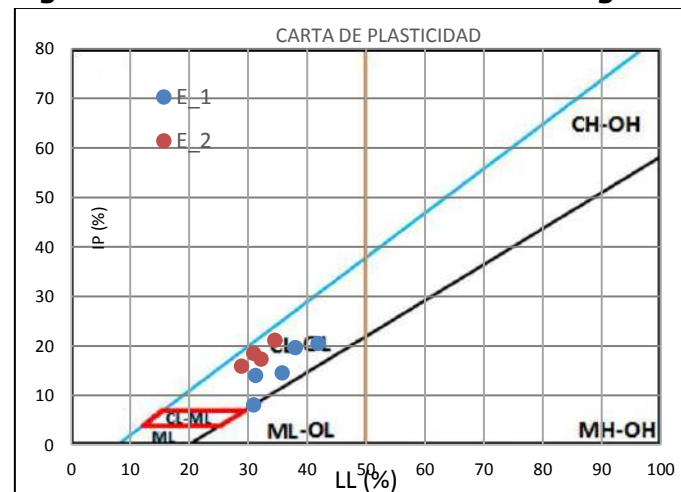
considerables, la humedad disminuye donde se encuentra la transición d suelo a roca alrededor de 4.0m, los bajos contenidos de humedad en la roca pueden ser generados por la mineralogía y las bajas permeabilidades propias del material.

5.2.2 Límites de Atterberg

5.2.2.1 Clasificación de Casagrande

Teniendo como resultado las cantidades de materiales finos de los perfiles granulométricos para los dos sondeos, a continuación, se ubican los resultados en la carta de plasticidad para identificar el tipo de material, para el nivel superficial los porcentajes de la fracción fina obedecen a arcillas de baja plasticidad.

Figura 29. Carta de Plasticidad de Casagrande





Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

Un índice de plasticidad bajo significa que la componente de material fino tiene la capacidad de pasar de un estado semisólido a líquido con un bajo incremento en la humedad, como se observa lo IP en general se mantiene en un rango entre 8% y 21% indicando que los materiales presentan plasticidad media, bajo esta condición el riesgo por el cambio de estado del material es no es crítico debido a que los materiales pueden manejar aumentos tolerables de humedad.

5.2.2.2 Potencial De Expansión Y Ablandamiento Cíclico

Debido a que se encuentran considerables contenidos de arcillas de baja plasticidad, y según las condiciones mineralógicas, se pueden generar procesos de expansión al contacto con el agua, se hace uso de la clasificación para suelos expansivos de la NSR-10 presente en el título H, para establecer

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

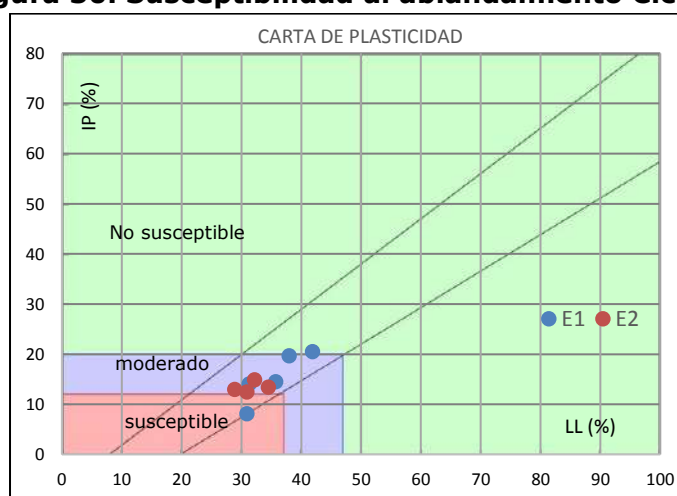
la susceptibilidad de estos materiales ante esta situación. Además del fenómeno de expansión también se evalúa como responde el suelo ante cargas repetitivas para verificar la susceptibilidad de ablandamiento cíclico, de acuerdo al límite líquido e índice de plasticidad se puede obtener una idea del comportamiento de los materiales ante este fenómeno, lo anterior es basado bajo las recomendaciones indicadas en el Quarterly Journal of Engineering Geology and Hidrogeóloga (2013).

Tabla 10. Potencial de Expansión y Ablandamiento Cíclico



SND	Prf (m)	LL	IP	Potencial de Expansión	Potencial de ablandamiento cíclico
P9E1	1.2	31.3	14.1	bajo	moderado
	3.0	35.8	14.5	bajo	moderado
	3.2	38.0	19.7	bajo	moderado
	3.6	41.9	20.5	medio	no susceptible
	4.4	30.9	8.1	bajo	susceptible
P9E2	1.2	32.2	14.8	bajo	moderado
	2.5	31.0	12.4	bajo	moderado
	2.6	28.9	13.0	bajo	moderado
	3.5	34.5	13.4	bajo	moderado

cómo se observa en la tabla en general las muestras obtenidas de los diferentes sondeos evidencian que los materiales finos presentan un potencial expansivo de bajo, de acuerdo a estas condiciones los cambios de volumen o deformaciones por expansión que se puedan presentar en el nivel superficial debido incremento de la humedad no van a generar modificaciones apreciables debido al nivel bajo que presenta.

Figura 30. Susceptibilidad al ablandamiento Cíclico



Fuente: Dinámica de Suelos y Rocas, Edgar Rodríguez. Universidad Nacional de Colombia, 2013-2

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Para los materiales del estrato superior se presenta una valoración a la susceptibilidad del ablandamiento cíclico de moderado, indicando que se puede ocasionar una reducción significativa de la capacidad de carga por efecto de saturación del suelo combinada con la generación de sobrecargas repetitivas.

5.2.3 Resistencia Para Suelos

5.2.3.1 Compresión Inconfinada

Mediante la perforación mecánica se ha realizado extracción de muestras alteradas con cuchara partida (SPT), se han seleccionado de este tipo de muestras para realizar ensayo de compresión inconfinada, cabe resaltar que durante la exploración mecánica no fue posible realizar recuperación con tubo de pared delgada.

Tabla 11. Resistencia a la compresión inconfinada

S / Mues	Prof (m)	γ (T/m ³)	Qu (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Material	Resistencia
P9E1/3	2.0	2.13	3.8	1.9	Arcilla CL con arena	Firme

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Perfoingeniería, 2017)

5.2.3.2 Resistencia al Corte



Se realiza ensayo de corte directo bajo condiciones consolidadas drenadas (CD) para determinar los parámetros de resistencia del material, se realizó el ensayo sobre muestra remoldeada en laboratorio obtenida de la perforación geotécnica, además se extrajo una muestra de forma inalterada por medio de tubo de pared delgada cerca al sitio de perforación hacia la mitad del estrato superficial.

Tabla 12. Resistencia al Corte Directo En Suelos

Snd / Muestra	Prof (m)	γ (T/m ³)	Φ°	C (Kg/cm ²)	Material	Tipo de muestra
P9E1/5	3.25	2.08	28	0.15	Arcilla CL	remoldeada
Shelby	3.0	2.02	20	0.05	Arcilla CL	inalterada
P9E2/5	3.25	2.01	27	0.13	Arcila con arena CL	remoldeada
Shelby	2.5	2.07	21	0.04	Grava arcillosa con arena	inalterada

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Perfoingeniería, 2017)

De acuerdo al tipo de muestra que se obtiene, sobre muestras remoldeadas en laboratorio donde se intenta asemejar las circunstancias de campo se

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

obtiene cohesión de 0.14 Kg/cm², y ángulo de fricción alrededor de 27°, y sobre muestras inalteradas la cohesión se encuentra alrededor de 0.5 kg/cm con ángulo de fricción de 21°.

5.2.4 Resistencia Para Rocas

5.2.4.1 Compresión Inconfinada

Se logra obtener núcleos representativos de la roca sobre la cual se encuentra apoyado el estrato de suelo superficial, se realiza ensayos de carga puntual y resistencia a la compresión inconfinada con el fin de determinar su capacidad de carga.

A continuación, se enuncian las correlaciones que se tienen en cuenta para determinar la resistencia ultima de la roca de acuerdo a varios autores.

Tabla 13. Correlación de Carga Puntual y Resistencia Ultima de la roca

referencia	ecuacion
D' Andrea et al.	$q_u = 15,3 I_{S_{50}} + 16,3$
Broch and Franklin	$q_u = 24 I_{S_{50}}$
Bieniawshy	$q_u = 23 I_{S_{50}}$
Hassani et al.	$q_u = 29 I_{S_{50}}$
read et al.	
(1) Roca sedimentaria	$q_u = 16 I_{S_{50}}$
(2) Basaltos	$q_u = 20 I_{S_{50}}$
Forster	$q_u = 14,5 I_{S_{50}}$
Gunsallus and Kulhawy	$q_u = 16,5 I_{S_{50}} + 51$
ISRM	$q_u = 20 - 25 I_{S_{50}}$
Chargill and Shakoore	$q_u = 23 I_{S_{50}} + 13$
Chou and Wong	$q_u = 12,5 I_{S_{50}}$
Grasso et al.	$q_u = 9,30 I_{S_{50}} + 20,04$
Galvan, M	$q_u = 13,5 I_{S_{50}}$
serie completa SCG	$q_u = 6,823 I_{S_{50}} + 3,030$

Fuente: Geotech Geol Eng (2014)

De acuerdo a los resultados obtenidos de ensayos de carga ultima realizados a muestras inalteradas de roca, se encuentra bajas resistencias, tanto para el estribo 1 y 2, las resistencias de los núcleos clasifican la roca como tipo muy banda con un rango de resistencia entre 1.16 MPa y 3.36 MPa esto según el ISRM. Esta información es importante al momento de analizar el tipo de cimentación que se implemente para apoyar las estructuras de paso.



	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

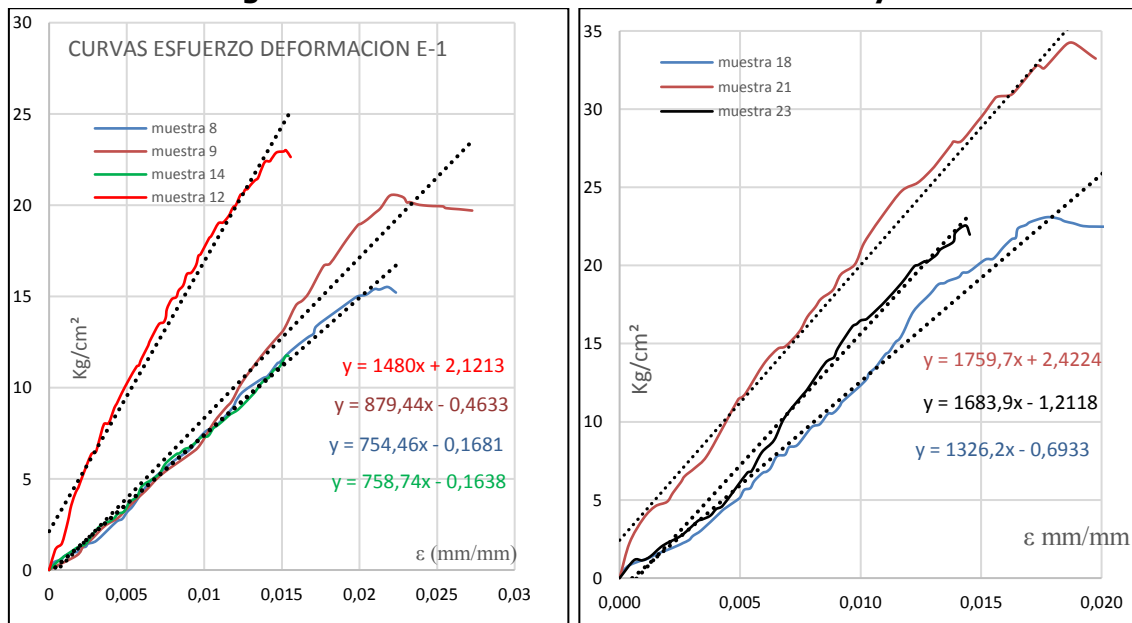
Tabla 14. Resistencia Ultima de Laboratorio Para Rocas

SND	material	Muestra	Prof (m)	γ (T/m ³)	Is (MPa)	Qu (MPa)	Clasificación ISRM 1981
E1	Lodolita	8	5.4	2.28	-	1.52	Muy Blanda
	Lodolita	9	6.4	2.36	-	2.02	Muy Blanda
	Lodolita	12	9.4	2.44	-	2.27	Muy Blanda
	Lodolita	14	11.4	2.41	-	1.16	Muy Blanda
E2	Lutita		5.5	2.53	0.188	11.48	Blanda
	Lodolita		6.5	2.44	0.206	11.73	Blanda
	Lodolita		8.4	2.43	0.097	1.213	Muy Blanda
					0.136	10.74	Blanda
	Lodolita	18	14.5	2.49	-	2.27	Muy Blanda
	Lodolita	21	17.4	2.35	-	3.36	Muy Blanda
	Lodolita	23	19.5	2.46	-	2.22	Muy Blanda

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Perfoingeniería, 2017)



Por medio de los resultados obtenidos de los ensayos de carga ultima para las rocas se puede conocer el módulo elástico de las mismas, a continuación, se presentan las curvas esfuerzo-deformación para los testigos ensayados de roca blanda (lodolitas).

Figura 31. Curvas esfuerzo Deformación E1 y E2



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

Los resultados plasmados en las gráficas anteriores representan valores de deformabilidad muy bajos, para el estribo 1 el valor de E (no confinado) se encuentra entre 754.46 Kg/cm² y 1480 Kg/cm², para el estribo 2 el rango esta entre 1326.2 Kg/cm² y 1759.7 Kg/cm². Los valores obtenidos son

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

resultados de rocas de origen sedimentario concordando con el tipo de lodolita que se encuentra en el sitio de estudio.

5.2.4.2 Resistencia al cortante

Se realiza ensayo de corte directo para determinar la resistencia al cortante bajo carga constante a núcleos intactos de la roca, recuperados de forma barrenada a diferentes profundidades.

Tabla 15. Resistencia al Corte Directo En Rocas

Snd / Muestra	Prof (m)	γ (T/m ³)	Φ°	C (Kg/cm ²)	Material	Tipo de muestra
P9E1/10	7.0-8.0	2.42	37	16.5	Lodolita	inalterada
P9E2/18	14-15	2.54	23	18.3	Lodolita	inalterada

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Suelos y Pavimentos Gregorio Rojas, 2017)

La roca presenta resistencia alta ante esfuerzos de corte, por lo que la condición de falla se analiza en la fricción que puede presentar en las discontinuidades del macizo, con los resultados obtenidos y de acuerdo al CCDSP, en la sección 10, se puede decir que el tipo de roca presenta una fricción media con valores entre 23° y 37°.

Tabla 16. Rangos típicos de Angulo de Fricción Para Juntas Suaves en Roca

Clase de Roca	Rango del ángulo de Fricción	Tipos de Roca Típica
Fricción Baja	20° - 27°	Esquisto (alto contenido de mica), Lutitas y margas
Fricción Media	27° - 34°	Arenisca, Limolita, Yeso, Gneiss, Pizarra
Fricción Alta	34° - 40°	Basalto, Granito, Piedra Caliza, Conglomerado

Fuente: CCDSP, Sección 10, Tabla C10.4.6.4-1

5.2.4.3 Calidad de la Roca (RQD)

Se realiza un análisis según índice de calidad de la roca RQD, para verificar el estado del macizo, de acuerdo a las características que presentan los núcleos de roca recuperados por medio de exploración directa. La calidad de la roca se evalúa según lo expuesto en el manual de cimentaciones del Invitas

Tabla 17. Calidad de La roca blanda (DEERE)

SND	material	Prof (m)	RQD (%)	Calidad de la Roca
		5.0-6.0	49	Mala
		6.0-7.0	40	Mala
		7.0-8.0	45	Mala
		8.0-9.0	0	Muy Mala
		9.0-10.0	29	Mala
		10.0-11.0	56	Regular

E1	Roca blanda (Lodolita)	11.0-12.0	84	Buena
		12.0-13.0	34	Mala
		13.0-14.0	100	Muy Buena
		14.0-15.0	33	Mala
		15.0-16.0	64	Regular
		16.0-17.0	0	Muy Mala
		17.0-18.0	51	Regular
		18.0-19.0	84	Buena
		19.0-20.0	65	Regular
E2	Roca blanda (Lodolita)	6.0-7.0	51	Regular
		7.0-8.0	27	Mala
		8.0-9.0	27	Mala
		9.0-10.0	60	Regular
		10.0-11.0	0	Muy Mala
		11.0-12.0	0	Muy Mala
		12.0-13.0	21	Muy Mala
		13.0-14.0	51	Regular
		14.0-15.0	100	Muy Buena
		15.0-16.0	91	Muy Buena
		16.0-17.0	97	Muy Buena
		17.0-18.0	84	Buena
		18.0-19.0	64	Regular
19.0-20.0	36	Mala		
20.0-21.0	73	Regular		

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Perfoingeniería SAS, 2017)

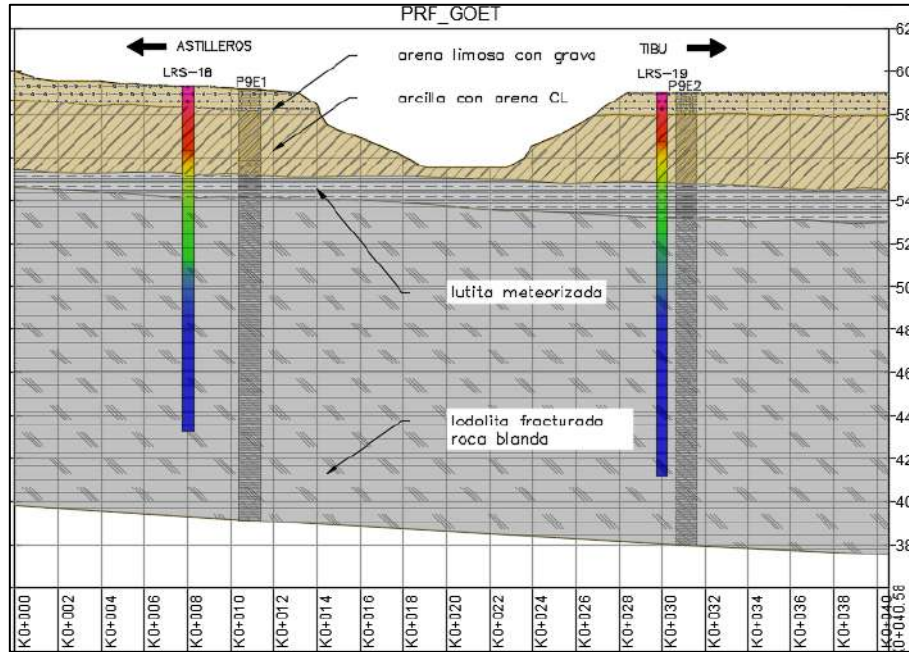
Para el estribo 1 el RQD promedio de la roca blanda se mantiene en 49% otorgándole una calificación de calidad mala, para el estribo 2 el RQD promedio se mantiene alrededor de 52%, calificando la roca como regular.

5.2.5 Perfil Geotécnico Propuesto.

De acuerdo al tipo de materiales reportados por la perforación mecánica, resultados de laboratorio y respaldados de la información de las líneas de refracción sísmica, se elabora un modelo geotécnico bidimensional con los espesores y tipo de materiales estimados para el sector de implantación del puente en la quebrada de caño Salado. El modelo básicamente se compone de un nivel residual compuesto por acillas con diferentes contenidos de arena las cuales llegan hasta una profundidad promedio de 4.5 m, apoyado sobre un basamento cretácico caracterizado como roca blanda tipo lodolita, el cual presenta mayor grado de meteorización hacia la parte superior. Las condiciones de calidad de la roca mejoran con la profundidad.



Figura 32. Perfil Geotécnico Propuesto





Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

Tabla 18. Parámetros Geomecánicos

material	Prof (m)	sondeo	γ (T/m ³)	Cohesión (T/m ²)	Φ (°)	Is (MPa)	Q ult (MPa)	E (Kg/cm ²)
Arena limosa con grava	1.0							
Arcilla con arena	1.0	P9-E1	2.08	1.5	28			
		P9-E2	2.02	0.5	20			
	4.0-4.2	promedio	2.01	1.3	27			
		promedio	2.05	0.93	24			
lutita meteorizada	4.1-4.2	P9-E1	-	-	-	-	-	-
	5.0-5.8	PE-E2	2.53	-	-	0.188	11.48	
Lodolita (Roca Blanda)	5.0-5.8	P9-E1	2.42	165	37	-	1.74	968.16
		P9-E2	2.54	183	23	-	2.61	1589.93
	20.0-21.0	promedio	2.48	174	30	-	2.176	1279.04

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

6. CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

Después de conocer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman la zona geotécnica encontrada mediante la exploración realizada, se procede a determinar la capacidad de carga y el nivel de deformaciones que se pueden presentar debido a las cargas impuestas. Se establece ahora el nivel de cimentación para entrar a valorar la capacidad portante.

6.1 NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACION

De acuerdo a los materiales reportados y las características de los mismos, el material que servirá de estrato portante a la cimentación profunda se caracteriza como lodolitas, un tipo de roca blanda determinada por los resultados de resistencia. El sistema de cimentación según el tipo de estructura y la litología del sector corresponde a pilas prebarrenadas, es un tipo de cimentación ideal para la transmitir las cargas de la superestructura al nivel de cimentación en sectores donde las resistencias son bajas.



El nivel de cimentación debe ser suficiente para garantizar que el elemento o grupo de elementos transmitan de forma eficiente y sin peligro de falla ya sea por las cargas o por posibles socavaciones generadas por la dinámica de la quebrada.

6.2 MECANISMO DE FALLA

De acuerdo al tipo de cimentación y la estratigrafía de la zona se determina la capacidad portante para cimientos profundos, teniendo en cuenta lo expuesto por O'Neill y Reese (1999) para geo materiales intermedios (IGM), categorizados por el CCP-14 como materiales de transición entre suelo y roca en términos de resistencia y compresibilidad, tales como suelos residuales, masas glaciales, o rocas muy débiles, debido a las bajas resistencias a la compresión que exhiben los núcleos ensayados.

La capacidad portante para la cimentación profunda se determina de acuerdo a la siguiente expresión propuesta por Vesic.

$$Q_T = Q_s - Q_p - W_p \quad Q_s = \sum (K \sigma'_v \tan(\varphi_a)) P \Delta L \quad Q_p = A_p (CN_c^* + \sigma'_v N_q^*) \quad Q_{adm} = \frac{Q_t}{FS}$$

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

$$\zeta_{rc} = \zeta_{rq} - \left(\frac{1 - \zeta_{rq}}{N_c \tan \phi} \right) \quad \zeta_{rq} = \exp \left((-3.8 \tan \phi) + \left(\frac{3.07 \text{sen} \phi * \log_{10} 2I_{rr}}{1 + \text{sen} \phi} \right) \right)$$

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r \Delta}$$

Q_T = Carga ultima por pilote (T)

Q_s = aporte de resistencia por fricción (T)

Q_p = aporte de resistencia por punta (T)

W_p = peso del pilote

K = coeficiente de presión lateral: dado como $1 - \text{sen} \phi$

ϕ_a = fricción entre material del pilote y suelo de fundación $\left(\frac{2}{3} \phi \right)$

P = perímetro pilote (m)

L = longitud del pilote (m)

A_p = área sección transversal del pilote (m²)

σ'_v = esfuerzo vertical efectivo a la profundidad de estudio

N_c^*, N_q^* = factores de corrección capacidad portante corregidos $(N_c \zeta_{rc}), (N_q \zeta_{rq})$

ζ_{rc}, ζ_{rq} = índices de corrección a factores de capacidad portante

I_r = índice de rigidez

I_{rr} = índice de rigidez reducido

Δ = deformación unitaria promedio en la zona plástica, para condiciones sin cambio de volumen $\Delta = 0$

Q_{adm} = Capacidad de carga admisible por pila (T)

6.2.1 Factor de seguridad

De acuerdo a lo estipulado por la normatividad colombiana, NSR-10 el factor de seguridad se selecciona según la condición de cargas que se analice, para la determinación de la capacidad portante en la cimentación profunda se tiene en cuenta un factor de seguridad de 3, para una condición de carga muerta + carga viva normal.

Tabla 19. Factores de Seguridad Indirectos F_{SICP} Mínimos

condición	F_{SICP} Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga viva normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga viva normal + Sismo de Diseño pseudoestático	1.5

Fuente: Título H NSR-10 tabla H.4.7-1

6.2.2 Determinación de capacidad portante

De acuerdo a lo expuesto anteriormente y teniendo en cuenta las bajas resistencias que presenta la roca, los dimensionamientos de los elementos de transferencia de carga se diseñan teniendo en cuenta a la roca como un suelo consolidado, los parámetros de resistencia a usar son los obtenidos del ensayo de corte directo realizado a la roca.



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 20. Parámetros y factores de corrección capacidad portante.

Snd / Muestra	Prof (m)	γ (T/m ³)	Φ°	C (Kg/cm ²)**	Nc	Nq	N γ
P9E1/10	7.0-8.0	2.42	30*	0	30.13	18.40	20.09
P9E2/18	14-15	2.54	23	0	18.04	8.66	6.50

**debido a la variación que se presenta entre los ángulos de fricción obtenidos para cada estribo, el valor de fricción para el estribo 1 se toma como el promedio de los dos resultados obtenidos mediante ensayo de corte directo en roca.*

*** la falla en la punta del pilote se desarrolla a lo largo de los planos de discontinuidades al ser roca fracturada, por esta razón la cohesión no será tenida en cuenta al aporte a la resistencia contra la falla.*



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 21. Capacidad portante admisible para elementos de cimentación profunda estribo 1.

Prof0 se toma a partir de la cabeza del pilote	Δ = 0	indice de rigidez	indices de correccion	factor de carga corregido	Dp (m) 1 Ap (m ²) 0.785		Dp (m) 1.2 Ap (m ²) 1.131		Dp (m) 1.5 Ap (m ²) 1.767		Dp (m) 1.8 Ap (m ²) 2.545																
					Pp (m) 3.142	intereje (m) 2.50	Pp (m) 3.77	intereje (m) 3.00	Pp (m) 4.712	intereje (m) 3.80	Pp (m) 5.655	intereje (m) 4.50															
					aporte resistencia punta		aporte resistencia punta		aporte resistencia punta		aporte resistencia punta																
					resistencias admisibles		resistencias admisibles		resistencias admisibles		resistencias admisibles																
prof(m)	(T/m)	Ir	Irr	ζrq	ζrc	Nq*	Nc*	Qp (T)	Qs (T)	Wp (T)	Qu (T)	#pil	Qp (T)	Qs (T)	Wp (T)	Qu (T)	#pil	Qp (T)	Qs (T)	Wp (T)	Qu (T)	#pil	Qp (T)	Qs (T)	Wp (T)	Qu (T)	#pil
0	2.1	323.3	323.3	1.978	2.035	36.4	61.32	60.61	0	0	20.2	28	87.45	0	0	29.15	19	137	0	0	45.67	12.05	197.9	0	0	65.95	9
1	3.15	215.5	215.5	1.652	1.69	30.4	50.92	75.78	0	1.885	24.63	23	109.3	0	2.714	35.53	16	171.2	0	4.2412	55.64	9.89	247	0	6.1073	80.3	7
2	4.2	161.6	161.6	1.454	1.48	26.75	44.6	88.82	0	3.77	28.35	20	128.1	0	5.429	40.88	14	200.5	0	8.4823	64	8.6	289.2	0	12.215	92.34	6
3	5.62	120.8	120.8	1.277	1.293	23.5	38.98	104.3	1.607	5.655	32.89	17	150.4	1.157	8.143	47.41	12	235.4	0	12.723	74.21	7.42	339.5	0	18.322	107	6
4	7.04	96.43	96.43	1.156	1.165	21.27	35.1	118.1	6.037	7.54	36.87	15	170.3	6.279	10.86	53.15	11	266.5	6.037	16.965	83.17	6.62	384.3	5.071	24.429	120	5
5	8.46	80.25	80.25	1.065	1.069	19.6	32.21	130.8	12.09	9.425	40.45	14	188.5	13.35	13.57	58.31	10	294.9	14.51	21.206	91.23	6.03	425.2	14.8	30.536	131.6	5
6	9.88	68.71	68.71	0.994	0.994	18.29	29.95	142.5	19.77	11.31	43.73	13	205.4	22.37	16.29	63.03	9	321.3	25.42	25.447	98.61	5.58	463.2	27.45	36.644	142.2	4
7	11.3	60.08	60.08	0.936	0.933	17.23	28.11	153.5	29.07	13.19	46.77	12	221.2	33.34	19	67.4	9	346	38.76	29.688	105.4	5.22	498.8	43.03	42.751	152	4
8	12.72	53.37	53.37	0.888	0.882	16.35	26.59	163.9	40	15.08	49.61	12	236.2	46.25	21.71	71.49	8	369.4	54.54	33.929	111.8	4.92	532.5	61.52	48.858	161.2	4
9	14.14	48.01	48.01	0.848	0.839	15.6	25.28	173.8	52.55	16.96	52.28	11	250.4	61.12	24.43	75.33	8	391.7	72.76	38.17	117.8	4.67	564.6	82.94	54.965	169.9	4
10	15.56	43.63	43.63	0.812	0.802	14.95	24.16	183.2	66.72	18.85	54.8	11	264	77.93	27.14	78.97	7	413	93.41	42.412	123.5	4.46	595.2	107.3	61.073	178	4
11	16.98	39.98	39.98	0.781	0.769	14.38	23.17	192.3	82.52	20.73	57.2	10	277.1	96.69	29.86	82.42	7	433.4	116.5	46.653	128.9	4.27	624.6	134.6	67.18	185.8	3
12	18.4	36.9	36.9	0.754	0.74	13.87	22.3	201.1	99.94	22.62	59.49	10	289.7	117.4	32.57	85.72	7	453.1	142	50.894	134.1	4.11	653	164.7	73.287	193.2	3
12.5	19.11	35.53	35.53	0.741	0.727	13.64	21.9	205.3	109.3	23.56	60.59	10	295.9	128.5	33.93	87.31	7	462.7	155.7	53.014	136.6	4.03	666.8	180.9	76.341	196.8	3
13	19.82	34.25	34.25	0.73	0.714	13.42	21.52	209.5	119	24.5	61.68	9	301.9	140.1	35.29	88.87	7	472.1	170	55.135	139	3.96	680.4	197.8	79.394	200.3	3
13.5	20.53	33.07	33.07	0.718	0.702	13.22	21.16	213.7	129.1	25.45	62.74	9	307.8	152.1	36.64	90.4	7	481.4	184.9	57.256	141.4	3.9	693.7	215.5	82.448	203.8	3
14	21.24	31.96	31.96	0.707	0.691	13.02	20.81	217.7	139.6	26.39	63.78	9	313.7	164.7	38	91.9	6	490.5	200.4	59.376	143.7	3.83	706.9	233.9	85.502	207.1	3
14.5	21.95	30.93	30.93	0.697	0.68	12.83	20.49	221.7	150.6	27.33	64.8	9	319.5	177.7	39.36	93.37	6	499.5	216.5	61.497	146	3.77	719.9	253	88.555	210.4	3
15	22.66	29.96	29.96	0.687	0.669	12.65	20.18	225.7	161.9	28.27	65.8	9	325.1	191.2	40.72	94.81	6	508.4	233.2	63.617	148.3	3.71	732.7	272.8	91.609	213.7	3
15.5	23.37	29.05	29.05	0.678	0.66	12.48	19.88	229.6	173.7	29.22	66.78	9	330.7	205.2	42.07	96.22	6	517.2	250.5	65.738	150.5	3.66	745.3	293.4	94.662	216.9	3
16	24.08	28.19	28.19	0.669	0.65	12.31	19.59	233.4	185.9	30.16	67.75	9	336.3	219.7	43.43	97.61	6	525.8	268.5	67.858	152.6	3.61	757.7	314.7	97.716	220	3
16.5	24.79	27.39	27.39	0.66	0.641	12.15	19.32	237.2	198.4	31.1	68.7	9	341.7	234.7	44.79	98.98	6	534.3	287	69.979	154.8	3.56	770	336.8	100.77	223.1	3
17	25.5	26.62	26.62	0.652	0.632	12	19.06	240.9	211.4	32.04	69.63	8	347.1	250.2	46.14	100.3	6	542.8	306.2	72.1	156.9	3.51	782.1	359.5	103.82	226.1	3
17.5	26.21	25.9	25.9	0.644	0.624	11.86	18.8	244.6	224.8	32.99	70.55	8	352.4	266.1	47.5	101.6	6	551.1	325.9	74.22	158.9	3.47	794.1	383	106.88	229.1	3
18	26.92	25.22	25.22	0.637	0.616	11.72	18.56	248.3	238.6	33.93	71.45	8	357.7	282.6	48.86	102.9	6	559.3	346.3	76.341	161	3.42	805.9	407.2	109.93	232	3
18.5	27.63	24.57	24.57	0.629	0.608	11.58	18.33	251.9	252.7	34.87	72.34	8	362.9	299.5	50.22	104.2	6	567.4	367.3	78.461	163	3.38	817.6	432.2	112.98	234.9	3
19	28.34	23.96	23.96	0.622	0.601	11.45	18.1	255.5	267.3	35.81	73.22	8	368	316.9	51.57	105.5	6	575.4	388.9	80.582	164.9	3.34	829.2	457.9	116.04	237.7	3
19.5	29.05	23.37	23.37	0.616	0.593	11.33	17.89	420.4	282.3	36.76	127.9	5	373.1	334.8	52.93	106.7	6	583.4	411.1	82.702	166.9	3.3	840.6	484.3	119.09	240.5	3





 Gobernación de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 22. Capacidad portante admisible para elementos de cimentación profunda estribo 2.

Prof0 se toma a partir de la cabeza del pilote	Δ = 0	indice de rigidez reducido	indices de correccion	factores de carga corregidos	Dp (m) 1 Ap (m ²) 0.785		Dp (m) 1.2 Ap (m ²) 1.131		Dp (m) 1.4 Ap (m ²) 1.539		Dp (m) 1.5 Ap (m ²) 1.767																
					Pp (m) 3.142	intereje (m) 2.50	Pp (m) 3.77	intereje (m) 3.00	Pp (m) 4.398	intereje (m) 3.50	Pp (m) 4.712	intereje (m) 3.80															
					aporte resistencia punta		aporte resistencia punta		aporte resistencia punta		aporte resistencia punta																
					resistencias admisibles		resistencias admisibles		resistencias admisibles		resistencias admisibles																
prof(m)	(T/m)	Ir	Irr	ζ _{rq}	ζ _{rc}	Nq*	Nc*	Qp (T)	Qs (T)	Wp (T)	Qu (T)	#pil	Qp (T)	Qs (T)	Wp (T)	Qu (T)	#pil	Qp (T)	Qs (T)	Wp (T)	Qu (T)	#pil	Qp (T)	Qs (T)	Wp (T)	Qu (T)	#pil
0	2.08	725.5	725.5	3.047	3.311	26.67	60.17	44.16	0	0	14.72	38	63.76	0	0	21.25	26	87.02	0	0	29.01	19	100	0	0	33.34	16.5
1	3.12	483.7	483.7	2.617	2.825	22.9	51.34	56.71	0	1.885	18.27	31	81.83	0	2.714	26.37	21	111.6	0	3.6945	35.97	16	128.3	0	4.2412	41.34	13.31
2	4.16	362.8	362.8	2.349	2.523	20.55	45.84	67.75	0	3.77	21.33	26	97.73	0	5.429	30.77	18	133.3	0	7.389	41.96	14	153.1	0	8.4823	48.21	11.41
3	5.6	269.5	269.5	2.1	2.242	18.38	40.75	81.44	1.472	5.655	25.26	22	117.4	1.06	8.143	36.43	16	160.1	0.412	11.084	49.67	12	183.9	0	12.723	57.06	9.64
4	7.14	211.4	211.4	1.917	2.036	16.78	36.99	94.68	5.632	7.54	29.05	19	136.5	5.857	10.86	41.88	14	186	5.782	14.778	57.09	10	213.7	5.632	16.965	65.58	8.39
5	8.68	173.9	173.9	1.782	1.882	15.59	34.21	106.9	11.41	9.425	32.49	17	154.1	12.6	13.57	46.84	12	210	13.42	18.473	63.83	9	241.2	13.69	21.206	73.32	7.51
6	10.22	147.7	147.7	1.676	1.763	14.66	32.03	118.3	18.81	11.31	35.66	16	170.5	21.28	16.29	51.41	11	232.3	23.32	22.167	70.05	8	266.8	24.18	25.447	80.46	6.84
7	11.76	128.3	128.3	1.59	1.666	13.91	30.27	129.1	27.83	13.19	38.62	15	186	31.91	19	55.68	10	253.4	35.5	25.862	75.86	8	291.1	37.1	29.688	87.13	6.32
8	13.3	113.5	113.5	1.518	1.584	13.28	28.79	139.3	38.46	15.08	41.42	14	200.8	44.48	21.71	59.7	10	273.5	49.93	29.556	81.33	7	314.2	52.45	33.929	93.41	5.89
9	14.84	101.7	101.7	1.456	1.515	12.75	27.54	149.1	50.72	16.96	44.06	13	214.9	58.99	24.43	63.51	9	292.8	66.64	33.251	86.52	7	336.3	70.23	38.17	99.36	5.54
10	16.38	92.13	92.13	1.403	1.456	12.28	26.45	158.6	64.6	18.85	46.58	12	228.5	75.45	27.14	67.13	9	311.3	85.61	36.945	91.45	7	357.5	90.44	42.412	105	5.24
11	17.92	84.21	84.21	1.357	1.403	11.87	25.49	167.7	80.1	20.73	48.99	12	241.7	93.85	29.86	70.61	8	329.2	106.9	40.64	96.18	6	378	113.1	46.653	110.5	4.98
12	19.46	77.55	77.55	1.315	1.356	11.51	24.64	176.5	97.21	22.62	51.31	11	254.4	114.2	32.57	73.94	8	346.5	130.4	44.334	100.7	6	397.9	138.1	50.894	115.7	4.76
12.5	20.23	74.6	74.6	1.296	1.335	11.34	24.25	180.8	106.4	23.56	52.43	11	260.6	125.1	33.93	75.56	8	354.9	143	46.181	102.9	6	407.6	151.6	53.014	118.2	4.66
13	21	71.86	71.86	1.278	1.314	11.19	23.88	185.1	115.9	24.5	53.53	11	266.7	136.5	35.29	77.14	8	363.3	156.1	48.029	105.1	6	417.2	165.6	55.135	120.7	4.56
13.5	21.77	69.32	69.32	1.261	1.295	11.04	23.53	189.3	125.9	25.45	54.62	11	272.8	148.4	36.64	78.71	7	371.5	169.9	49.876	107.2	6	426.6	180.3	57.256	123.1	4.47
14	22.54	66.95	66.95	1.245	1.276	10.89	23.19	193.4	136.3	26.39	55.68	10	278.7	160.7	38	80.24	7	379.6	184.2	51.723	109.3	6	435.9	195.6	59.376	125.5	4.39
14.5	23.31	64.74	64.74	1.229	1.259	10.76	22.87	197.5	147.1	27.33	56.73	10	284.6	173.6	39.36	81.75	7	387.6	199.1	53.57	111.3	5	445.1	211.4	61.497	127.9	4.31
15	24.08	62.67	62.67	1.214	1.242	10.63	22.57	201.6	158.3	28.27	57.76	10	290.4	186.9	40.72	83.23	7	395.5	214.5	55.418	113.4	5	454.2	227.9	63.617	130.2	4.23
15.5	24.85	60.73	60.73	1.2	1.226	10.5	22.27	205.5	169.9	29.22	58.78	10	296.2	200.7	42.07	84.7	7	403.3	230.5	57.265	115.4	5	463.2	245	65.738	132.5	4.16
16	25.62	58.9	58.9	1.186	1.21	10.38	21.99	209.5	181.9	30.16	59.78	10	301.8	215	43.43	86.14	7	411.1	247.1	59.112	117.3	5	472	262.7	67.858	134.7	4.09
16.5	26.39	57.19	57.19	1.173	1.196	10.27	21.72	213.4	194.3	31.1	60.76	10	307.5	229.8	44.79	87.55	7	418.7	264.2	60.959	119.2	5	480.8	281	69.979	136.9	4.02
17	27.16	55.56	55.56	1.161	1.181	10.16	21.47	217.2	207.1	32.04	61.73	9	313	245.1	46.14	88.95	7	426.3	281.9	62.807	121.2	5	489.5	299.9	72.1	139.1	3.96
17.5	27.93	54.03	54.03	1.148	1.168	10.05	21.22	221.1	220.3	32.99	62.69	9	318.5	260.8	47.5	90.33	7	433.7	300.2	64.654	123	5	498.1	319.4	74.22	141.3	3.9
18	28.7	52.58	52.58	1.137	1.154	9.948	20.98	224.8	233.9	33.93	63.63	9	323.9	277.1	48.86	91.69	6	441.1	319	66.501	124.9	5	506.5	339.6	76.341	143.4	3.84
18.5	29.47	51.21	51.21	1.126	1.142	9.849	20.75	228.6	247.9	34.87	64.57	9	329.3	293.8	50.22	93.03	6	448.5	338.4	68.348	126.7	5	515	360.3	78.461	145.5	3.79
19	30.24	49.9	49.9	1.115	1.13	9.754	20.52	232.3	262.4	35.81	65.49	9	334.6	311	51.57	94.36	6	455.7	358.4	70.196	128.5	5	523.3	381.6	80.582	147.6	3.73
19.5	31.01	48.67	48.67	1.104	1.118	9.663	20.31	213.7	277.2	36.76	66.46	10	339.9	328.7	52.93	95.66	6	462.9	379	72.043	130.3	5	531.5	403.6	82.702	149.6	3.68

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

De acuerdo a los resultados presentados en las Tabla 21 y Tabla 22, las profundidades determinadas corresponden para una sobrecarga de 550T por estribo, esta carga se considera como la carga muerta + la carga viva nominal por lo que los resultados están afectados por Fs. de 3.0, para transmitir la carga en cada estribo solo se considera el aporte por punta a continuación se presenta la configuración esquemática recomendada para cada situación.

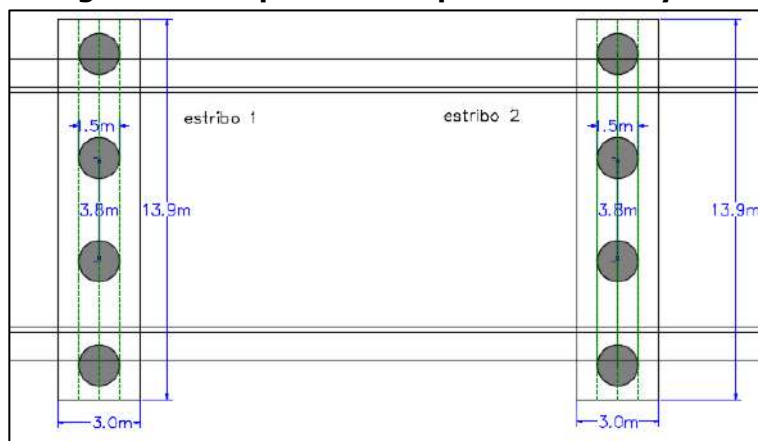
Tabla 23. Configuración de elementos para cada estribo

Combinación de carga	D+L nominal	D+L máxima
Carga aplicada (T)	550	550
Factor de seguridad	3.0	2.5
Estribo 1		
Q adm (T)	138.99	141.4
D pila (m)	1.50	1.50
L pila (m)	13.0	9
# pilas	4 min	4 min
Estribo 2		
Q adm (T)	139.12	141.8
D pila (m)	1.50	1.50
L pila (m)	17	12.5
# pilas	4	4



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

En el anexo C se pueden observar los cálculos para la determinación del número de elementos y las profundidades optimas teniendo en cuenta un factor de seguridad de 2.5, este factor de seguridad se puede aplicar siempre y cuando en las combinaciones de carga aplicada se considera la máxima carga viva que se genere por el funcionamiento de la estructura, para el desarrollo de cimentación del puente 9 se contara con factor de seguridad de 3.0

Figura 33. Disposición de pilas estribo 1 y 2



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

6.2.3 Determinación de asentamientos

Los asentamientos que puede experimentar un pilote bajo la carga de trabajo vertical, se pueden determinar teniendo en cuenta tres factores:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad S_2 = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad S_3 = \frac{Q_{ws} D}{p L E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

S = asentamiento total del pilote

S_1 = asentamiento elastico del pilote

S_2 = asentamiento del pilote causado por la carga en la punta del pilote

S_3 = asentamiento del pilote causado por la carga trnasmitida a lo largo del fuste

Q_{wp} = carga en la punta del pilote bajo condicion de carga de trabajo

Q_{ws} = carga por resistencia de friccion (superficial) bajo condicion de carga de trabajo

A_p = area seccion trasnversal del pilote

E_p = modulo de elasticidad del material del pilote = $4800\sqrt{f'_c}$

L = longitud del pilote

D = diametro del pilote

ξ = coeficiente segun la distribucion de la resistencia por friccion a lo laego del pilote

q_{wp} = carga puntual por area unitaria en la punta del pilote = $\frac{Q_{wp}}{A_p}$

E_s = modulo de elasticidad del suelo en o bajo la punta del pilote

μ_s = relacion de poisson del suelo



I_{wp} = factor de influencia ≈ 0.85

I_{ws} = factor de influencia $I_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{\frac{L}{D}}$

Los asentamientos que se pueden generar se determinan para la capacidad portante ultima obtenida para el dimensionamiento seleccionado, consultar resultados Tabla 21 y Tabla 22.

Tabla 24. Asentamientos determinados bajo capacidad portante ultima

asentamiento pilote estribo 1			
Qup (T)	472.1	Qus (T)	170
F'c Mpa	24.5	Ep Mpa	23759
Iwp	0.85	ξ	0.5
Iws	3.03	S1 (cm)	0.172
μ	0.235	S2 (cm)	3.324
Es		S3 (cm)	0.123
(Kg/cm ²)	968.152	St (cm)	3.62
asentamiento pilote estribo 2			
Qup (T)	489.5	Qus (T)	299.9
F'c Mpa	24.5	Ep Mpa	23759
Iwp	0.85	ξ	0.5
Iws	3.178	S1 (cm)	0.259
μ	0.235	S2 (cm)	2.099

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Es (Kg/cm ²)	1589.93	S3 (cm)	0.106
		St (cm)	2.46

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

6.3 Módulo de reacción vertical del suelo

En cimentaciones verticales se suele recurrir al modelo winkler o método del coeficiente de balasto, el coeficiente K expresa una constante de proporcionalidad entre un esfuerzo y desplazamientos el a la dirección de la fuerza aplicada, se puede obtener de la siguiente manera:

$$Q_u = K * \delta$$

Q_u = esfuerzo aplicado para una deformación δ

K = coeficiente de reacción vertical del suelo

Lo anterior se considera partiendo de la hipótesis que el suelo de cimentación se considera homogéneo, dependiendo de la relación entre tensiones y deformaciones, además que considera que el coeficiente de balasto es inversamente proporcional al asentamiento que sufre el suelo.

Tabla 25. Coeficiente de Balasto para cada estribo

Estribo	δ (m)	Qp ultimo (T)	A (m ²)	qp (T/m ²)	K (T/m ³)
1	0.0362	472.1	1.767	267.153	7379.94
2	0.0246	489.5	1.767	277.023	11261.10

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

El módulo de reacción vertical del suelo se determina para la capacidad portante ultima por punta, y el desplazamiento generado por esta carga y diámetro de diseño de 1.5 m.



El módulo de reacción se puede correlacionar a partir del módulo de compresibilidad del suelo, según DE BEER, el coeficiente de balasto para una cimentación circular y rigidez infinitamente grande se define como:

$$K = 1.50 \frac{Es}{\sqrt{A}}$$

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

Tabla 26. Coeficiente de Balasto para cada estribo según DE BEER

Estribo	Es (T/m ²)	A (m ²)	K (T/m ³)
1	9681.52	1.767	10924.42
2	15899.3	1.767	17940.438

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

6.4 Análisis de alternativas de elementos de cimentación

Aparte de la alternativa seleccionada se realiza el análisis de dos alternativas más, verificando la variación en los aspectos técnicos que cada una conlleva.

6.4.1 Opción 1

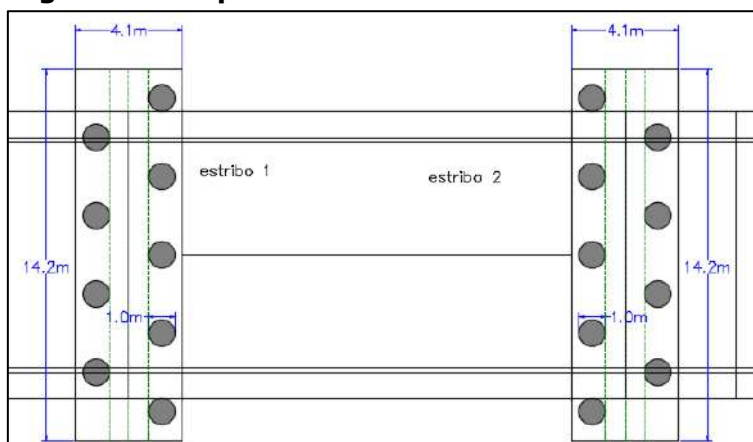
La primera opción se determina teniendo en cuenta un diámetro de 1.0 m (ver Tabla 21 y Tabla 22), se determina la profundidad y el número de elementos necesarios para transmitir las cargas hacia el nivel de fundación.



Tabla 27. Configuración de elementos opción 1 D=1.0m

Combinación de carga	D+L nominal
Carga aplicada (T)	550
Factor de seguridad	3.0
Estribo 1	
Q adm (T)	61.68
D pila (m)	1.00
L pila (m)	13.0
# pilas	9
Estribo 2	
Q adm (T)	61.7
D pila (m)	1.00
L pila (m)	17
# pilas	9

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

Figura 34. Esquematización alternativa 1 D. 1.0 m



	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

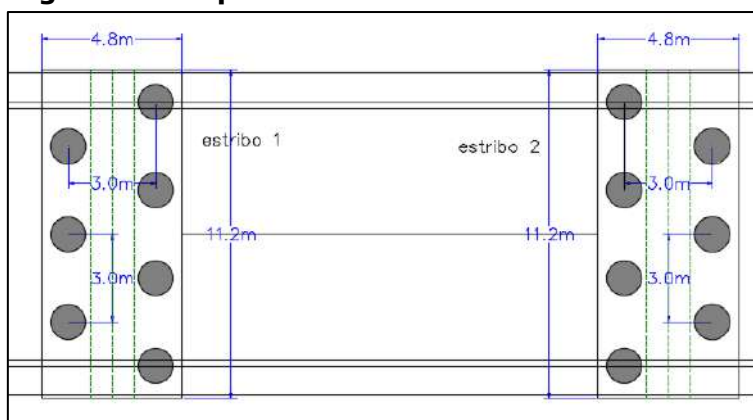
6.4.2 Opción 2

La alternativa de diseño 2, considera diámetro de pila de 1.2 m determinando la profundidad y números de elementos necesarios para transmitir de forma adecuada las cargas hasta el nivel de fundación.

Tabla 28. Configuración de elementos opción 2 D=1.2m

Combinación de carga	D+L nominal
Carga aplicada (T)	550
Factor de seguridad	3.0
Estribo 1	
Q adm (T)	88.87
D pila (m)	1.20
L pila (m)	13
# pilas	7
Estribo 2	
Q adm (T)	88.95
D pila (m)	1.20
L pila (m)	17.0
# pilas	7

Figura 35. Esquematación alternativa 2 D. 1.2 m



6.4.3 Opción 3 (opción de diseño)

Para reducir el número de elementos y por ende la profundidad de cimentación, se selecciona un diámetro de pila de 1.50 m.

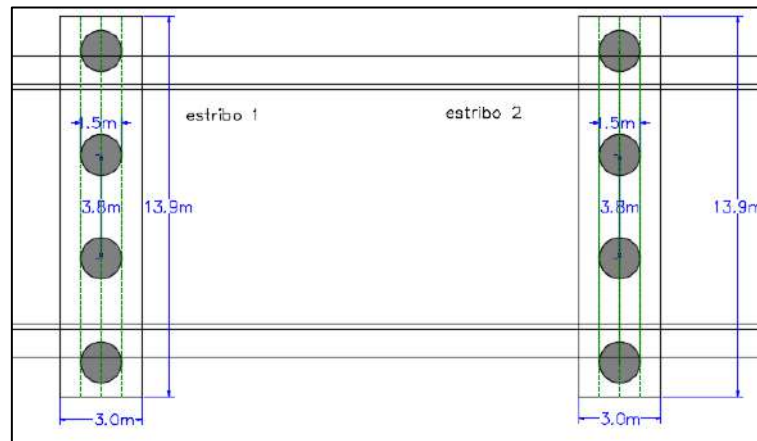
Tabla 29. Configuración de elementos opción 3 D=1.50

Combinación de carga	D+L nominal
Carga aplicada (T)	550
Factor de seguridad	3.0
Estribo 1	
Q adm (T)	138.99
D pila (m)	1.50
L pila (m)	13.0
# pilas	4.0
Estribo 2	

Q adm (T)	139.2
D pila (m)	1.50
L pila (m)	17.0
# pilas	4

Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)



Figura 36. Esquematzación alternativa 3 D. 1.5 m



La alternativa 3 reduce, técnicamente se ajusta de mejor manera al diseño geométrico planteado reduciendo el número de elementos, conservando uniformidad en la distribución en planta para cada estribo de las alternativas estudiadas. A continuación, se hará un análisis económico para identificar cuál de las opciones resulta ser más factible económicamente.

Tabla 30. Cantidades técnicas de obra para cada alternativa

opcion de diseño	1	2	3
D pila (m)	1	1.2	1.5
# pila E1	9	7	4
Long pila (m)	13	13	13
# pila E2	9	7	4
Long pila (m)	17	17	17
# total pilas	18	14	8
Long total pilas	270	210	120
Long pila suelo	3	3	3
Excavación pilas (m ³)	212.06	237.50	212.06
peso pilas (Kg)	508938.01	570010.57	508938.01
cuantía pilas 2% (Kg)	10178.76	11400.21	10178.76
longitud viga E1 (m)	14.2	11.2	13.9
ancho viga E1 (m)	4.1	4.8	3
altura viga E1 (m)	1	1	1
longitud viga E2 (m)	14.2	11.2	13.9
ancho viga E2 (m)	4.1	4.8	3
altura viga E2 (m)	1	1	1
Excavación vigas (m ³)	116.44	107.52	83.4
peso vigas (Kg)	279456.0	258048.0	200160.0
cuantía viga (2%)	5589.12	5160.96	4003.2
lamina plana 6mm (Kg)	8434.43	7872.13	5622.95

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

el análisis de costos para cada alternativa se determina teniendo en cuenta el predimensionamiento a partir de precios unitarios actuales para fines de evaluación de cada opción, en ningún caso hace relación al presupuesto final de la obra.

Tabla 31. Costos unitarios para cada actividad

unitarios	UNI	valor
pila en concreto tremie 24.5 MPa vaciado en sitio, incluye excavación mecánica ϕ 1.00 m	ml	\$ 1.989.022,00
pila en concreto tremie 24.5 MPa vaciado en sitio, incluye excavación mecánica ϕ 1.20 m	ml	\$ 2.177.842,00
pila en concreto tremie 24.5 MPa vaciado en sitio, incluye excavación mecánica ϕ 1.50 m	ml	\$ 2.756.552,00
Excavación y corte en tierra con máquina, incluye cargue viga cabezal	m ³	\$ 9.520,00
concreto 24.5 MPa tremie viga cabezal	m ³	\$ 744.952,00
Acero de refuerzo 4.200kg/cm ² (60.000psi) corte, figurado y colocación pila y cabezal	Kg	\$ 5.012,00
cargue y retiro de sobrantes, en volqueta, a distancia no mayor a 5Km	m ³	\$ 15.523,00
instalación lamina plana de acero cal 6mm (1.22x2.44) 148 Kg	Kg	\$ 6.306,37

Tabla 32. Costos directos para cada alternativa

ITEM	und	opción D = 1.0m		opción D = 1.2m		opción D = 1.5 m	
		cant.	valor	cant.	valor	cant.	valor
pila en concreto	ml	270.00	\$ 537,035,940	210.00	\$ 457,346,820.	120.00	\$ 330,786,240.
excavación viga	m ³	212.06	\$ 2,018,787	237.50	\$ 2,261,041.	212.06	\$2,018,787.44
Concreto viga	m ³	328.50	\$ 244,714,872	345.02	\$ 257,026,620.	295.46	\$ 220,101,658.
acero viga y pila	Kg	15767.88	\$ 79,028,615	16561.17	\$ 83,004,591.	14181.96	\$ 71,079,984.5
cargue retiro 5Km	m ³	328.50	\$ 5,099,266	345.02	\$ 5,355,813.	295.46	\$ 4,586,386.84
lamina de acero	Kg	8434.43	\$ 53,190,630	7872.13	\$ 49,644,588.4	5622.95	\$ 35,460,420.3
total			\$ 921,088,112		\$ 854,639,475.68		\$ 664,033,477.74

De acuerdo a los resultados obtenidos tanto técnicamente como económicamente resulta más conveniente la opción 3 de predimensionamiento geotécnico, pilas de 1.50 m de diámetro.

6.5 Parámetros de diseño sismorresistente

El suelo de fundación se registra desde profundidades cercanas a 5.27 m en adelante, con velocidades de onda que van de 376.76 m/s hasta 546.61 m/s, de acuerdo a los resultados se obtiene una velocidad de onda promedio de 560.35 m/s, de acuerdo a este dato el perfil del suelo es tipo C. la clasificación de los perfiles se determinan según la tabla A.2.4-1 de la norma sismorresistente colombiana NSR-10.



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 33. Clasificación del perfil del suelo

Tipo de perfil	descripción	Definición
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	760 m/s > Vs ≥ 360 m/s

Tabla 34. Coeficientes sísmicos de diseño NSR-10

Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva Aa	0.20
Coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva Av	0.20
Zona de amenaza sísmica	intermedia
Coeficiente de ampliación de periodos cortos Fa	1.2
Coeficiente de ampliación de periodos intermedios Fv	1.6

7. MUROS DE CONFINAMIENTO LATERAL



Además del predimensionamiento geotécnico y determinación de capacidad portante y asentamientos para cimentaciones profundas, se considera el prediseño de las estructuras de confinamiento para el acceso al puente, de acuerdo al nivel final de la rasante y el nivel del terreno actual se proyectan las alturas de las estructuras, las cuales estarán cimentadas sobre el nivel superficial caracterizado como arcillas con arena de baja plasticidad. Se revisarán los factores de seguridad internos, así como el chequeo global de las estructuras con el fin de determinar las dimensiones adecuadas para que cumplan con los criterios de diseño.

7.1 ASPECTOS GEOTECNICOS

De acuerdo a lo referenciado en el capítulo 4 de este informe *INVESTIGACION DEL SUBSUELO*, el material que servirá de fundación a la estructura de confinamientos son arcillas de baja plasticidad con bajos contenidos de arena, se toman los resultados de los ensayos de laboratorio realizado para este material tanto en el estribo 1 y estribo 2.

Tabla 35. Parámetros de resistencia suelo de fundación

Estribo	SND	Material	C (T/m ²)	Φ (°)	γ (T/m ³)	Nc	E (T/m ²)
1	P9E1	CL	1.5	28	2.08	5	383
	Shelby	CL	0.5	20	2.02	-	-
promedio			1.0	24	2.05	5	383
2	P9E2	CL	1.3	27	2.01	8	612.8
	Shelby	CL	0.4	21	2.07	-	-
promedio			0.85	24	2.04	8	612.8

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

El material de relleno que se utilice debe ser granular tipo subbase, que contemple parámetros de resistencia mínimos enunciados a continuación, por tratarse de material granular un método conservacionista es no tener en cuenta la cohesión, solamente se atiende al aporte de la fricción del material granular.

Tabla 36. Parámetros de resistencia material de relleno

Parámetros mínimos de resistencia material de relleno tipo subbase		
γ (T/m ³)	C (T/m ²)	Φ (°)
2.0	0	33

7.2 BASE TEORICA PARA LA EVALUACION DE ESFUERZOS LATERALES.

7.2.1 Condición estática

Para analizar la condición estática de empujes laterales se utiliza la teoría de Rankine, es la de mayor aplicación en el medio debido a las particularidades que presenta, una de ellas es la determinación del coeficiente de fricción entre el espaldar del muro y el suelo (δ), empleando el método de Coulomb es un factor de difícil determinación mediante ensayos de laboratorio, y en segundo lugar, por el hecho de que las estructuras a diseñar cuentan con zarpa interna, en cuyo caso, la reacción friccionaste se traslada al contacto entre el material de relleno del espaldar y el material fuera del muro. Según la teoría de Rankine se tiene:



$$K_a = \frac{\cos \beta [\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}]}{[\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}]} \quad \phi = 33, \quad K_a = 0.29$$

$$K_p = \frac{\cos \beta [\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}]}{[\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}]} \quad K_p = 3.39$$

K_a = coeficiente de presión activa de tierra condición estática
 β = ángulo del terreno con la horizontal
 ϕ = ángulo de fricción interna

7.2.2 Condición pseudoestática

Debido a que el municipio de Tibú se encuentra en una zona sísmica media se tiene en cuenta el chequeo de estabilidad de las estructuras con el incremento de esfuerzos causados por movimientos sísmicos, para involucrar este efecto sísmico se determinan los coeficientes de presión de tierras

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

teniendo en cuenta la metodología propuesta por Mononobe Okabe con $C=0$, el cual afecta directamente el empuje ejercido por el material de relleno sobre el vástago de la estructura.

$$E_a = \left(\frac{1}{2}\gamma H\right)(H + 2H_{relleno})K_a$$

$$K_a = \frac{(1 - a_v)\text{sen}^2(\alpha + \phi' - \psi)}{D_a \cos\psi \text{sen}^2\alpha \text{sen}(\alpha - \delta' - \psi)}$$

$$K_p = \frac{\text{sen}^2(\alpha + \phi')}{D_p \text{sen}^2\alpha \text{sen}(\alpha - \delta')}$$

$$D_a = \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta')\text{sen}(\phi' - \beta - \psi)}{\text{sen}(\alpha - \delta' - \psi)\text{sen}(\alpha + \beta)}}\right]^2$$

$$D_p = \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta')\text{sen}(\phi' + \beta)}{\text{sen}(\alpha - \delta')\text{sen}(\alpha + \beta)}}\right]^2$$

$$\beta < (\phi' - \psi)$$

$$\psi = \tan^{-1}\left(\frac{a_h}{1 - a_v}\right)$$

β = ángulo del terreno con la horizontal

α = ángulo de la cara del muro con la horizontal

δ' = ángulo de las fuerzas con la normal de la cara del muro

a_h = aceleración horizontal del terreno, debido al sismo

a_v = aceleración vertical del terreno, debido al sismo

Tabla 37. Parámetros Coeficiente Presión Lateral Condición Seudoestática

parámetros para análisis seudoestático	
β	0
α	90
δ'	0
a_h	0.2
a_v	0.2
K_a , relleno	0.29
K_p suelo	2.37

7.3 SOBRECARGA VEHICULAR

Para tener en cuenta la sobrecarga generado por el tráfico en la parte superior del muro, se considera según la norma AASHTO 2002, una altura de relleno equivalente a carga viva de 61 cm o 2 ft, lo que equivale a tener un efecto de sobrecarga de 1.2 T/m².

Tabla 38. Sobrecarga Vehicular de Diseño

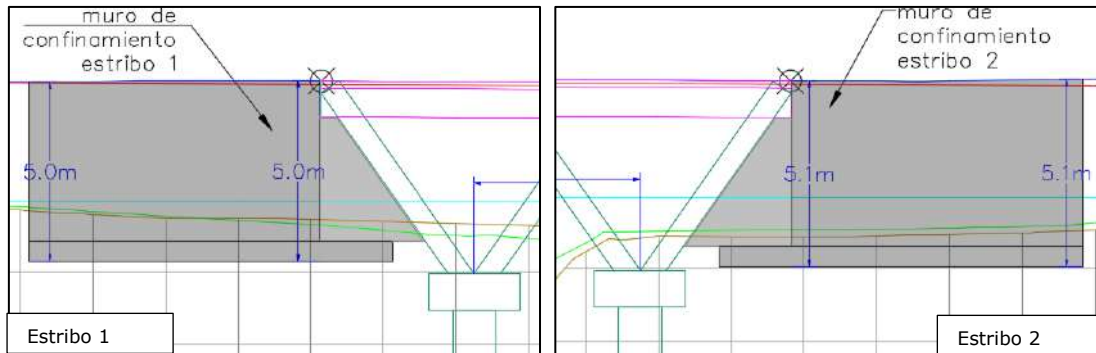
Sobrecarga vehicular		
H de relleno (m)	γ relleno (T/m ³)	Sobrecarga (T/m ²)
0.60 m	2.0	1.2

7.4 DISEÑO GEOTECNICO DE OBRAS DE CONFINAMIENTO

7.4.1 Predimensionamiento de estructuras.

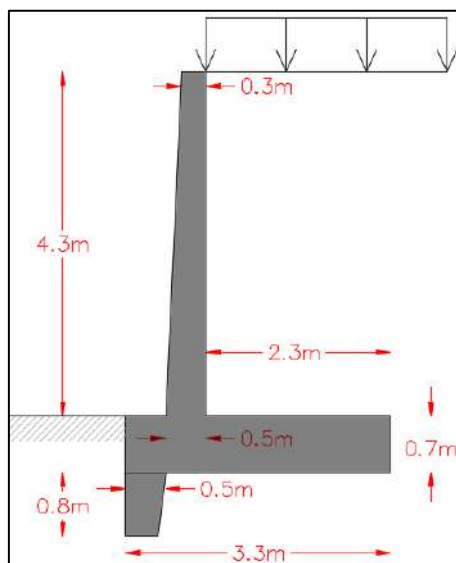
A continuación, se encuentra el predimensionamiento de estructuras, las alturas son definidas de acuerdo al nivel de la rasante proyectada por el diseño geométrico, el dimensionamiento cumple con los factores mínimos de seguridad, los cuales más adelante serán mostrados.

Figura 37. Esquematzación en perfil muros de confinamiento



La esquematización en perfil muestra la implementación de los muros de confinamiento tanto para el estribo 1 y estribo 2, la altura se contempla en total de 5.0 m para cada estructura de confinamiento, debido a que la topografía no presenta gran variación a cada lado de la vía.

Figura 38. Predimensionamiento estructura de confinamiento



Fuente: Planeación y Desarrollo Ltda. (Cardenas,2017)

7.4.2 Factor de seguridad al volteo

El factor de seguridad se tiene en cuenta con la relación entre el momento resistente y el momento actuante.

$$F.S_{vol} = \frac{M_r}{M_a}$$

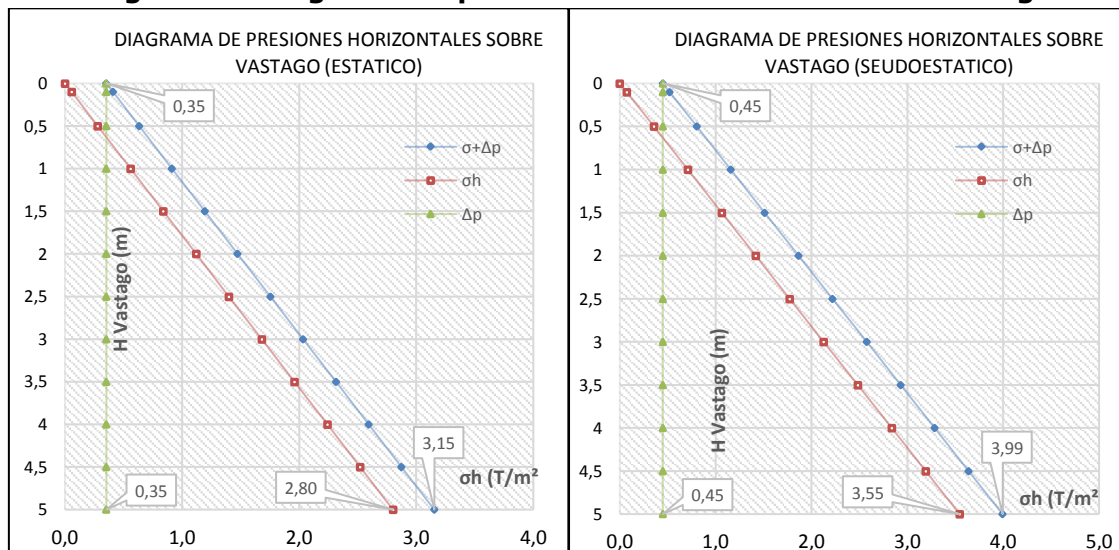
Tabla 39. F.S ante el volteo

Condición de análisis	F.S
Estática	>3.0
Seudoestática	>2.0

Tabla 40. Cargas estabilizadoras por estructura de confinamiento

elemento	A (m2)	γ (T/m3)	F_y, W (T/m)	x (m)	M_r T-m/m
sobrecarga			2.76	2.15	5.93
zapata	2.31	2.4	5.54	1.65	9.15
Vástago	1.72	2.4	4.13	0.75	3.10
A1	0.00	2.4	0.00	0.333	0.00
A2	0.00	2.4	0.00	0.608	0.00
A3	0.46	2.4	1.11	0.643	0.71
A4	0.00	2.4	0.00	1.767	0.00
dentellón	0.32	2.4	0.77	0.2	0.15
relleno	9.89	1.90	18.79	2.15	40.40
total=			33.10		59.45

Figura 39. Diagrama de presiones horizontales sobre el vástago





 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 41. Momentos estático y pseudoestático

	Momento actuante	
	estático	seudoestático
Ea (T/m)	8.77	11.10
Y em (m)	1.83	1.83
M act T-m/m	16.09	20.37
F.S	3.7 OK	2.92 OK

El predimensionamiento seleccionado cumple el factor de seguridad mínimo para la condición de volteo, en las dos circunstancias estáticas y pseudoestáticas establecidos en el título H de NSR-10.

7.4.3 Factor de seguridad al deslizamiento

Se analiza las fuerzas externas que pueden originar un desplazamiento en las estructuras, de esta forma corroborar la estabilidad del predimensionamiento de las mismas. La forma para determinar el factor de seguridad es la relación que existe entre las fuerzas que ocasionan el desplazamiento y las que se oponen a él.

$$F.S_{des} = \frac{F_r}{F_a}$$

Tabla 42. F.S ante el deslizamiento

Condición de análisis	F.S
Estática	>1.60
Seudoestática	>1.05



Donde la fuerza actuante es considerada como el empuje lateral que se ejerce sobre la cara del vástago, para tener en cuenta la resistencia al desplazamiento se utiliza un factor de adhesión y un Angulo de fricción entre el suelo y la estructura de 0.6 C y 0.6 ϕ .

Tabla 43. Factores de resistencia suelo-estructura

Parámetros de resistencia suelo estructura		
	Estribo 1	Estribo 2
C* T/m ²	0.6	0.51
ϕ^* °	14.4	14.4

La fuerza resistente que evita el desplazamiento es calculada de la siguiente manera:

$$F_r = \Sigma F_v * \tan \phi^* + BC^* + \frac{1}{2} \gamma h' K_p$$

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Donde se tiene en cuenta el empuje pasivo ejercido por el dentellón en la profundidad Df.

Tabla 44. Estabilidad ante deslizamiento

Factor de seguridad al deslizamiento				
	estático		seudoestático	
	E1	E2	E1	E2
Ea (T/m)	8.77	8.77	11.10	11.10
Fr (T/m)	14.59	14.24	15.98	15.62
F. S	1.66 OK	1.62 OK	1.44 OK	1.41 OK

Como resultado se observa que el predimensionamiento geotécnico cumple condiciones de estabilidad en situación estática y pseudoestática ante posible deslizamiento de la estructura.

7.4.4 Factor de Seguridad por Capacidad portante

Es necesario realizar la verificación de capacidad portante del suelo de fundación, se determinan las presiones máximas y mínimas para comprobar el factor de seguridad ante la posibilidad de falla por capacidad portante.

Para determinar las presiones máx. y min. ejercidas por la estructura sobre el suelo de fundación se utiliza las siguientes expresiones, donde se incluye la sumatoria de todas las fuerzas verticales incluyendo el peso del suelo de relleno previamente calculadas en la determinación el factor de seguridad al volteo.

$$q_{min} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \qquad q_{max} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

Para determinar la capacidad portante del suelo de fundación se usa la expresión propuesta por Vesic para cimentaciones superficiales teniendo en cuenta factores de forma, profundidad e inclinación de carga.

$$q_u = CN_c S_c d_c i_c + q' N_q S_q d_q i_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

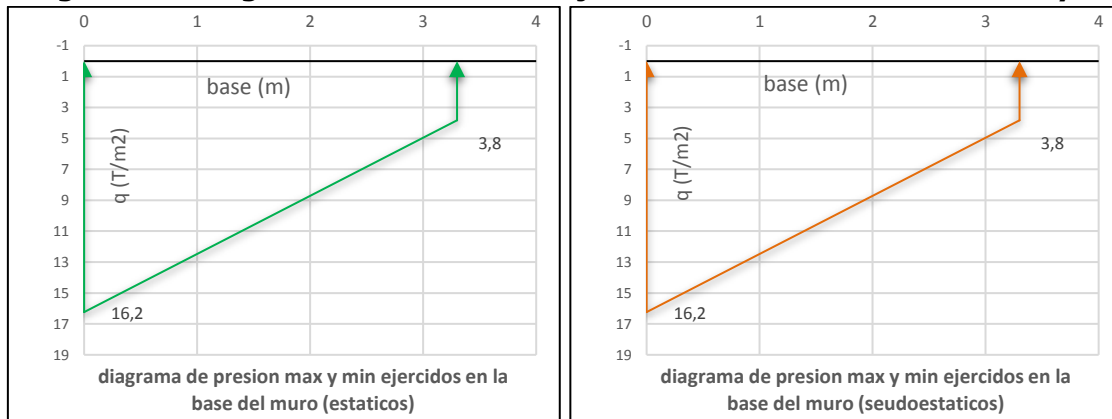
$$F. S_{carga} = \frac{q_{adm}}{q_{max}}$$

Tabla 45. Estabilidad ante deslizamiento

Condición de análisis	F.S Capacidad portante
Estática	>3.0
Seudoestática	>1.5



Figura 40. Diagrama de reacciones ejercidas en la base del muro E1 y E2



factores de corrección de capacidad portante						Vesic					
carga			forma			profundidad			inclinación		
Nc	Nq	Ny	Sc	Sq	Sy	dc	dq	dy	ic	iq	iy
19.32	9.60	9.44	2.64	2.47	0.60	1.08	1.06	1.00	0.70	0.70	0.15

Df	0.5	C	1.0
B	3.3	L	1
γ	2.05		
φ s (°)			24



La determinación de la capacidad portante se tiene en cuenta con un nivel de cimentación Df mínimo de 0.5 m.

Tabla 46. Capacidad admisible y factor de seguridad

Chequeo de capacidad portante muro confinamiento estribo 1						
condición	q _{ult} (T/m ²)	q _{de contacto} /T(m ²)	F. S	F.S min	Q _{adm} (T/m ²)	cumple
estático	58.5	16.2	3.60	3.0	19.5	OK
seudoestático	51.9	18.6	2.76	1.5	34.62	OK
Chequeo de capacidad portante muro confinamiento estribo 2						
condición	q _{ult} (T/m ²)	q _{de contacto} /T(m ²)	F. S	F.S min	Q _{adm} (T/m ²)	cumple
estático	52.5	16.2	3.23	3.0	17.50	OK
seudoestático	46.5	18.6	2.50	1.5	30.99	OK

El prediseño geotécnico de las estructuras se realiza con el condicionante que la resultante de las fuerzas aplicadas se ubique dentro del segundo tercio de la base con el fin de evitar que la base sufra esfuerzos de tracción en la parte del talón.

Se ha corroborado los diferentes factores de seguridad de las estructuras que va a servir como obras de confinamiento en los accesos del puente, debido a que tenemos materiales cohesivos es necesario determinar los asentamientos elásticos que se pueden generar por la aplicación de las cargas de las estructuras, además de considerar los asentamientos por consolidación debido a la naturaleza de los materiales.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

7.4.5 Asentamientos.

7.4.5.1 Asentamientos elásticos

Son los asentamientos inmediatos que se generan por la aplicación de las cargas de la estructura, dependen de las propiedades de los suelos a bajas deformaciones. Para la determinación de las deformaciones elásticas se considera la metodología de Jambu para arcillas saturadas, con lo observado en campo es una zona donde los niveles freáticos se establecen a cortas profundidades.

$$S_e = A_1 A_2 \frac{q_0 B}{E_s}$$

Donde:

S_e = asentamiento elastico

A_1 = parametro en funcion de $\frac{Hn}{B}$

A_2 = parametro en funcion de $\frac{Df}{B}$

q_0 = presion de contancto ejercida en la base del muro

E_s = Modulo elastico del suelo de fundacion

Hn = profundidad a partir de Df hasta finalizar el estrato compresible

L = longitud total del muro



Los asentamientos se determinan para la condición de carga pseudoestática, es donde la sobrecarga se aumenta debido a los incrementos que se generan durante un evento sísmico.

Tabla 47. Asentamientos elásticos

	Estribo 1	Estribo 2
q_0 (T/m ²)	18.59	18.59
B (m)	3.3	3.3
L (m)	8	8
D_f (m)	0.5	0.5
E_s (t/m ²)	383	612.8
relación de poisson (μ)	0.5	0.5
espesor estrato (m)	4.0	4.2
Asentamiento elástico (m)	0.062	0.039

7.4.5.2 Asentamientos por consolidación primaria.

El asentamiento por consolidación se da a lo largo del tiempo, y ocurre en suelos arcillosos saturados cuando son sometidos a una carga creciente

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

causada por la construcción de una cimentación, la consolidación primaria se da cuando se ha disipado la presión de poros.

$$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma_0 + \Delta \sigma_{prom}}{\sigma_0} \right) \quad \text{para arcillas normalmente consolidadas}$$

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma_0 + \Delta \sigma_{prom}}{\sigma_0} \right) \quad \text{para arcillas preconsolidadas } (\sigma_0 + \Delta \sigma_{prom} < \sigma_c)$$

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma_c}{\sigma_0} \right) + \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma_0 + \Delta \sigma_{prom}}{\sigma_c} \right) \quad \text{arcillas preconsolidadas } (\sigma_0 < \sigma_c < \sigma_0 + \Delta \sigma_{prom})$$

S_c = asentamiento por consolidación primaria

σ_0 = esfuerzo actual a la mitad del estrato en consideración

σ_p = esfuerzo de preconsolidación

RCS = relación de sobreconsolidación

C_s = índice de recompresión

C_c = Índice de compresión

e_0 = relación de vacíos inicial

e_f = relación de vacíos final para la carga aplicada

El incremento de esfuerzo vertical debido a la sobrecarga aplicada se determina con la siguiente expresión

$$\Delta \sigma_{prom(H_2)} = q_0 \left(\frac{H_2 I_a(H_2) - H_1 I_a(H_1)}{H_2 - H_1} \right)$$

H_1 = altura inicial para el estrato en consideración

H_2 = altura final para el estrato en consideración

I_a = factor de influencia en función de m y n

m = para metro de incremento de sobrecarga $\left(\frac{B}{H} \right)$

n = para metro de incremento de sobrecarga $\left(\frac{L_i}{H} \right)$

$\Delta \sigma_p$ = incremento de sobrecarga promedio a $H/2$

Tabla 48. Factores para determinar el incremento por sobrecarga

Estribo 1					
Prof.	$\sigma'v$	n	m	Ia	$\Delta \sigma$ (T/m ²)
0.5	1.025	16	6.6	0.25	1.594
4	8.2	0.125	2	0.1	
Estribo 2					
Prof.	$\sigma'v$	n	m	Ia	$\Delta \sigma$ (T/m ²)
0.5	1.0125	16	6.6	0.25	1.287
4.2	8.505	0.12	1.90	0.09	



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 49. Factores para asentamientos por consolidación primaria

datos obtenidos de ensayo de consolidación unidimensional		
	Estribo 1	Estribo 2
Prof (m)	2	2.1
$\sigma'o$ (T/m ²)	4.10	4.25
$\sigma'p$ (T/m ²)	41.05	40.1
Cc	0.099	0.076
Cs	0.008	0.007
e0	0.293	0.409
RSC	10.012	9.430
$\sigma'o + \Delta\sigma$	5.694	5.539
Sc (m)	0.0035	0.0024

7.4.5.3 Asentamientos por consolidación secundaria.

El asentamiento secundario se da a lo largo del tiempo después de la disipación de la presión de poros, se observa en suelos saturados cohesivos y es el resultado del ajuste plástico de la estructura del suelo.

$$S_s = \frac{H}{1 + e_0} C_\alpha \log\left(\frac{t_2}{t_1}\right) \quad C_\alpha = \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{t_{2lab}}{t_{1lab}}\right)}$$

S_s = asentamiento por consolidación secundaria

C_α = coeficiente de compresión secundaria

t_1 = tiempo del 100% de consolidación primaria

t_2 = tiempo arbitrario de servicio de la estructura 20 años



Tabla 50. Factores para asentamientos por consolidación secundaria

consolidación secundaria		
	Estribo 1	Estribo 2
carga (T/m ²) lab	20	20
e f	0.283	0.396
t1 (min)	36.94	35.04
t2	años	20
	min	1E+07
Ca	0.0018	0.0024
Ss (m)	0.0309	0.0388

Asentamiento total originados por la aplicación de la sobrecarga para cada uno de los estribos en el puente 9.

Tabla 51. Asentamientos totales estribos puente 9

Asentamientos totales	
E1	0.0965 m
E2	0.0799 m

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

De acuerdo a lo estipulado en el título H, en su numeral H.4.9.2 de la normatividad colombiana NSR-10, el límite de asentamientos totales calculados a 20 años para construcciones aisladas es de 30 cm.

Para evitar que se generen asentamientos diferenciales en la base del muro se recomienda reemplazar un espesor de 0.50 m del suelo de fundación por un concreto ciclópeo, de esta forma se redistribuyen de una manera más uniforme las presiones sobre el suelo de fundación.

8. MURO DE CONFINAMIENTO MECANICAMENTE ESTABILIZADOS



8.1 ALTERNATIVA 1 MURO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

Para el diseño geotécnico de los muros mecánicamente estabilizados con refuerzos de geotextil, se tiene en cuenta como condición crítica las alturas máximas del terraplén, tanto para el estribo 1 como para el estribo 2, la estabilidad interna de la estructura se analiza bajo condición pseudoestática determinando los espesores de las capas y las longitudes necesarios del refuerzo horizontal para garantizar los factores de seguridad óptimos de diseño.

8.1.1 Parámetros de diseño

Tabla 52. Parámetros de diseño muro mecánicamente estabilizado

1. PARAMETROS DE DISEÑO MUROS MECANICAMENTE ESTABILIZADO				
A. GEOMETRIA DEL MURO			B. PROPIEDADES DEL RELLENO	
TERRAPLEN	E1	E2	PESO UNITARIO (T/m ²)	2.0
ALTURA MAXIMA (m)	2.4	3.2	ANGULO DE FRICIÓN	33
B (muro) = 0.85 H	2.0	2.7	COHESIÓN T/M ²	0
LONGITUD (m)			D. PROPIEDADES DEL GEOTEXTIL	
ANCHO DE BANCA(m)	9	9	GEOTEXTIL TEJIDO	
INC DEL RELLENO °	0	0	RESISTENCIA ULT TENSION t/m	4
INCLINACION MURO	90	90		
C. PROPIEDADES DEL SUELO DE FUNDACIÓN			E. CARGAS	
ANGULO DE FRICIÓN	24	24	ESTRUCTURA PAV. T/M ²	1.19
COHESIÓN T/m ²	1.0	0.85	CARVAS VIVAS	eje tándem
PESO UNITARIO t/m ³	2.05	2.05	CARGAS DE SISMO (Aa)	0.2
NIVEL FREÁTICO m			CARGAS DE SISMO (Av)	0.2

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

8.1.2 Evaluación de cargas

El análisis de estabilidad interna de la estructural se realiza teniendo en cuenta la condición de superficie de falla activa plana definida por la metodología de Rankine, esta para la condición estática, para definir la distribución para una condición pseudoestática se usa la metodología de Mononobe Okabe. Las expresiones se presentaron en el capítulo 7 de este documento.

Tabla 53. Coeficientes de presión activa

Ka	ESTATICO	0.29	Rankine
Ka	DINAMICO	0.37	Mononobe Okabe

8.1.3 Distribución de Esfuerzos por cargas muertas

De sobrecarga se tiene en cuenta la generada por la estructura de pavimento ubicada en la corona del muro.

$$q = \Sigma (\gamma * d)$$

Tabla 54. Sobrecarga por estructura de pavimento

	espesor (m)	γ (t/m3)
C. asfáltica	0.1	2.2
base	0.2	2
subbase	0.3	1.9
q (t/m2)	1.19	

Para tener en cuenta el cálculo de las presiones laterales ejercida por el suelo de relleno se determinan haciendo uso de las siguientes expresiones.

$$\sigma_{hs} = K_a \gamma Z \quad \text{Presión lateral ejercida por el suelo}$$

$$\sigma_{hq} = q K_a \quad \text{Presión lateral ejercida por la sobrecarga estructura de pavimento}$$



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 55. Evaluación de Cargas Para Altura Máxima (3.2 m)

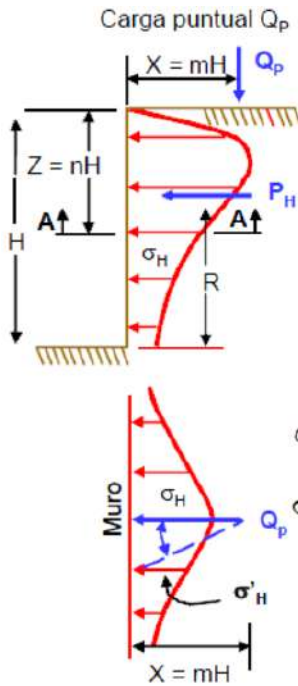
CARGAS MUERTAS			SOBRECARGA	
Z (m)	σ_v	σ_{hs}	Z (m)	σ_{hq}
0	0.00	0.00	0.10	0.44
0.2	0.40	0.15	0.10	0.44
0.4	0.80	0.29	0.10	0.44
0.6	1.20	0.44	0.10	0.44
0.8	1.60	0.59	0.10	0.44
1	2.00	0.74	0.10	0.44
1.2	2.40	0.88	0.10	0.44
1.4	2.80	1.03	0.10	0.44
1.6	3.20	1.18	0.10	0.44
1.8	3.60	1.33	0.10	0.44
2	4.00	1.47	0.10	0.44
2.2	4.40	1.62	0.10	0.44
2.4	4.80	1.77	0.10	0.44
2.6	5.20	1.91	0.10	0.44
2.8	5.60	2.06	0.10	0.44
3	6.00	2.21	0.10	0.44
3.2	6.40	2.36	0.10	0.44

8.1.4 Distribución de Esfuerzos por Cargas Vivas

Para las cargas vivas se tiene en cuenta la distribución de esfuerzos que genera un eje tándem de 8 neumáticos con un peso máximo admisible de 18000 Kg. Se utiliza la expresión de Boussinesq modificada experimentalmente para determinar el incremento de esfuerzo debido a una carga puntual.



Figura 41. Diagrama de presión Ejercida por Carga Viva



$$Q_p = \frac{1800 \text{ Kg}}{8} = 2.25 \text{ T}$$

Se determina el incremento de esfuerzo total debido a cargas vivas producido por todas las llantas sobre la cara del muro con respecto a la profundidad

Para $m \leq 0.4$:

$$\sigma_H \left(\frac{H^2}{Q_p} \right) = \frac{0.28n^2}{(0.16+n^2)}$$

Para $m > 0.4$:

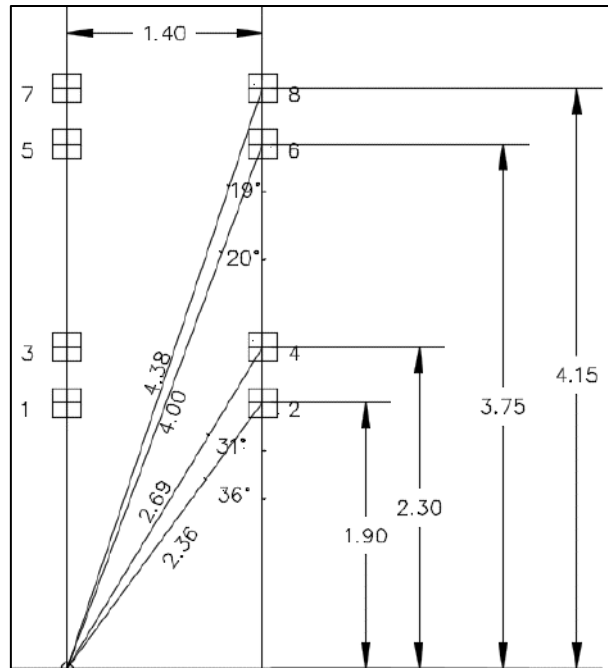
$$\sigma_H \left(\frac{H^2}{Q_p} \right) = \frac{1.77m^2n^2}{(m^2+n^2)^3}$$

$$\sigma_{nl} \left(\frac{T}{m^2} \right) = \Sigma(\sigma_H + \sigma'_H)$$

$$\sigma'_H = \sigma_H \cos^2(1.1\theta)$$

Fuente. Principio de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das.

Figura 42. Distancias de Ruedas del Eje con Respecto al Borde del Muro.





 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 56 Incremento de Esfuerzo Debido a la Carga Viva

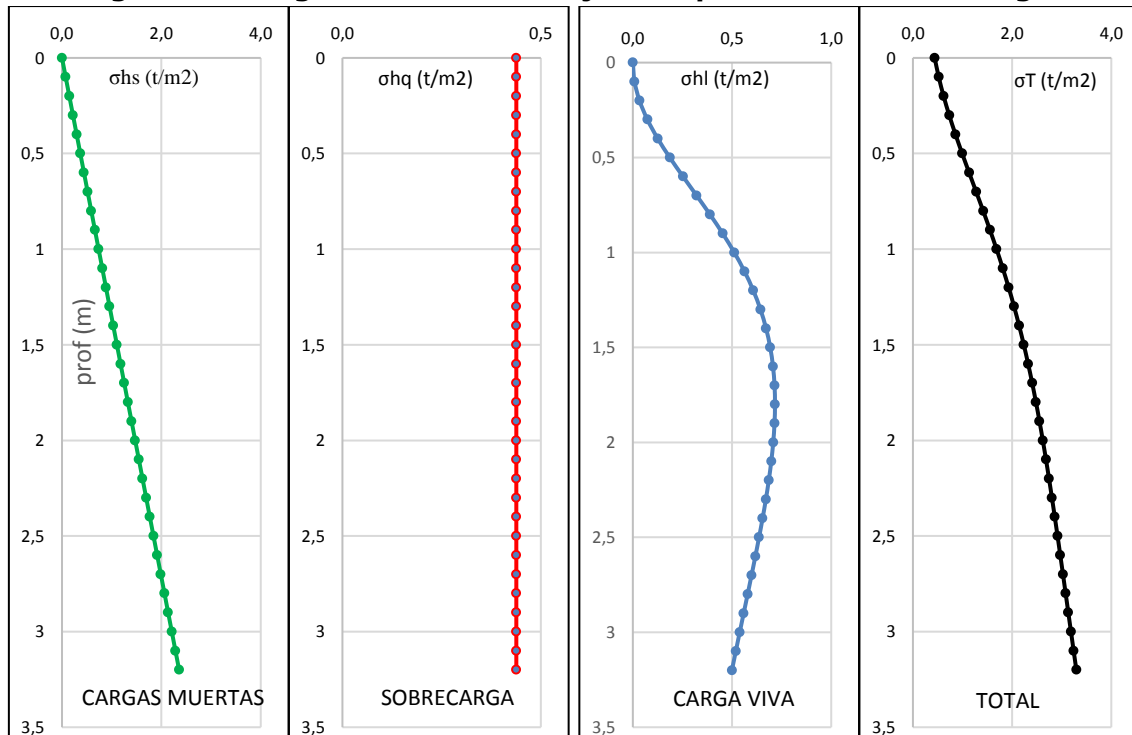
Z	$n = \frac{Z}{H}$	Rueda 1			Rueda 2			Rueda 3			Rueda 4			Rueda 5			Rueda 6			Rueda 7			Rueda 8		
		m=b/H	0.5938		m=b/H	0.7375		m=b/H	0.7344		m=b/H	0.8416		m=b/H	1.1719		m=b/H	1.2509		m=b/H	1.2969		m=b/H	1.3688	
		$\frac{H^2}{Q_p}$	σ_H	σ_H'	$\frac{H^2}{Q_p}$	σ_H	σ_H'	$\frac{H^2}{Q_p}$	σ_H	σ_H'	$\frac{H^2}{Q_p}$	σ_H	σ_H'	$\frac{H^2}{Q_p}$	σ_H	σ_H'	$\frac{H^2}{Q_p}$	σ_H	σ_H'	$\frac{H^2}{Q_p}$	σ_H	σ_H'	$\frac{H^2}{Q_p}$	σ_H	σ_H'
0	0.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000
0.1	0.03	0.014	0.00	0.000	0.006	0.00	0.001	0.006	0.00	0.000	0.003	0.00	0.001	0.001	0.00	0.000	0.001	0.00	0.000	0.001	0.00	0.000	0.001	0.00	0.000
0.2	0.06	0.054	0.01	0.000	0.023	0.01	0.003	0.023	0.01	0.000	0.014	0.00	0.002	0.004	0.00	0.000	0.003	0.00	0.001	0.002	0.00	0.000	0.002	0.00	0.000
0.3	0.09	0.116	0.03	0.001	0.050	0.01	0.006	0.051	0.01	0.000	0.030	0.01	0.004	0.008	0.00	0.000	0.006	0.00	0.001	0.005	0.00	0.000	0.004	0.00	0.001
0.4	0.13	0.195	0.04	0.001	0.086	0.02	0.011	0.087	0.02	0.000	0.052	0.01	0.008	0.014	0.00	0.000	0.011	0.00	0.002	0.010	0.00	0.000	0.008	0.00	0.001
0.5	0.16	0.284	0.06	0.002	0.128	0.03	0.017	0.130	0.03	0.001	0.078	0.02	0.011	0.022	0.00	0.000	0.017	0.00	0.003	0.015	0.00	0.000	0.012	0.00	0.002
0.6	0.19	0.376	0.08	0.002	0.174	0.04	0.023	0.177	0.04	0.001	0.107	0.02	0.016	0.031	0.01	0.000	0.024	0.01	0.004	0.021	0.00	0.000	0.017	0.00	0.003
0.7	0.22	0.465	0.10	0.003	0.222	0.05	0.029	0.226	0.05	0.001	0.139	0.03	0.020	0.041	0.01	0.000	0.032	0.01	0.006	0.028	0.01	0.000	0.022	0.00	0.004
0.8	0.25	0.545	0.12	0.003	0.270	0.06	0.035	0.274	0.06	0.001	0.171	0.04	0.025	0.051	0.01	0.000	0.040	0.01	0.008	0.035	0.01	0.000	0.029	0.01	0.006
0.9	0.28	0.614	0.13	0.003	0.315	0.07	0.041	0.319	0.07	0.002	0.203	0.04	0.030	0.063	0.01	0.000	0.049	0.01	0.009	0.043	0.01	0.000	0.035	0.01	0.007
1	0.31	0.668	0.15	0.004	0.356	0.08	0.046	0.361	0.08	0.002	0.234	0.05	0.034	0.075	0.02	0.000	0.059	0.01	0.011	0.052	0.01	0.000	0.042	0.01	0.008
1.1	0.34	0.707	0.16	0.004	0.392	0.09	0.051	0.397	0.09	0.002	0.262	0.06	0.039	0.087	0.02	0.000	0.069	0.02	0.013	0.060	0.01	0.000	0.050	0.01	0.010
1.2	0.38	0.732	0.16	0.004	0.422	0.09	0.055	0.427	0.09	0.002	0.288	0.06	0.042	0.099	0.02	0.001	0.079	0.02	0.015	0.069	0.02	0.000	0.057	0.01	0.011
1.3	0.41	0.743	0.16	0.004	0.446	0.10	0.058	0.451	0.10	0.002	0.311	0.07	0.046	0.110	0.02	0.001	0.088	0.02	0.017	0.078	0.02	0.000	0.065	0.01	0.012
1.4	0.44	0.742	0.16	0.004	0.463	0.10	0.060	0.468	0.10	0.003	0.330	0.07	0.049	0.121	0.03	0.001	0.098	0.02	0.018	0.087	0.02	0.000	0.072	0.02	0.014
1.5	0.47	0.732	0.16	0.004	0.475	0.10	0.061	0.480	0.11	0.003	0.345	0.08	0.051	0.132	0.03	0.001	0.107	0.02	0.020	0.095	0.02	0.001	0.079	0.02	0.015
1.6	0.50	0.713	0.16	0.004	0.481	0.11	0.062	0.485	0.11	0.003	0.356	0.08	0.052	0.142	0.03	0.001	0.116	0.03	0.022	0.103	0.02	0.001	0.087	0.02	0.017
1.7	0.53	0.689	0.15	0.004	0.482	0.11	0.062	0.486	0.11	0.003	0.364	0.08	0.054	0.151	0.03	0.001	0.124	0.03	0.023	0.111	0.02	0.001	0.093	0.02	0.018
1.8	0.56	0.660	0.14	0.004	0.478	0.11	0.062	0.482	0.11	0.003	0.369	0.08	0.054	0.159	0.04	0.001	0.132	0.03	0.025	0.118	0.03	0.001	0.100	0.02	0.019
1.9	0.59	0.628	0.14	0.003	0.471	0.10	0.061	0.474	0.10	0.003	0.370	0.08	0.054	0.167	0.04	0.001	0.139	0.03	0.026	0.125	0.03	0.001	0.106	0.02	0.020
2	0.63	0.594	0.13	0.003	0.461	0.10	0.060	0.464	0.10	0.002	0.369	0.08	0.054	0.173	0.04	0.001	0.145	0.03	0.027	0.131	0.03	0.001	0.112	0.02	0.022
2.1	0.66	0.559	0.12	0.003	0.448	0.10	0.058	0.450	0.10	0.002	0.365	0.08	0.054	0.178	0.04	0.001	0.150	0.03	0.028	0.136	0.03	0.001	0.117	0.03	0.023
2.2	0.69	0.525	0.12	0.003	0.433	0.10	0.056	0.435	0.10	0.002	0.360	0.08	0.053	0.183	0.04	0.001	0.155	0.03	0.029	0.141	0.03	0.001	0.121	0.03	0.023
2.3	0.72	0.491	0.11	0.003	0.417	0.09	0.054	0.419	0.09	0.002	0.352	0.08	0.052	0.186	0.04	0.001	0.159	0.03	0.030	0.145	0.03	0.001	0.125	0.03	0.024
2.4	0.75	0.458	0.10	0.002	0.400	0.09	0.052	0.401	0.09	0.002	0.344	0.08	0.051	0.188	0.04	0.001	0.162	0.04	0.030	0.148	0.03	0.001	0.129	0.03	0.025
2.5	0.78	0.427	0.09	0.002	0.382	0.08	0.049	0.383	0.08	0.002	0.334	0.07	0.049	0.190	0.04	0.001	0.164	0.04	0.031	0.151	0.03	0.001	0.132	0.03	0.025
2.6	0.81	0.397	0.09	0.002	0.364	0.08	0.047	0.365	0.08	0.002	0.323	0.07	0.048	0.191	0.04	0.001	0.166	0.04	0.031	0.153	0.03	0.001	0.135	0.03	0.026
2.7	0.84	0.368	0.08	0.002	0.346	0.08	0.045	0.347	0.08	0.002	0.312	0.07	0.046	0.191	0.04	0.001	0.167	0.04	0.031	0.155	0.03	0.001	0.137	0.03	0.026
2.8	0.88	0.342	0.08	0.002	0.328	0.07	0.042	0.329	0.07	0.002	0.300	0.07	0.044	0.190	0.04	0.001	0.168	0.04	0.031	0.155	0.03	0.001	0.138	0.03	0.027
2.9	0.91	0.317	0.07	0.002	0.311	0.07	0.040	0.311	0.07	0.002	0.288	0.06	0.042	0.189	0.04	0.001	0.167	0.04	0.031	0.156	0.03	0.001	0.139	0.03	0.027
3	0.94	0.294	0.06	0.002	0.294	0.06	0.038	0.294	0.06	0.002	0.276	0.06	0.041	0.187	0.04	0.001	0.167	0.04	0.031	0.156	0.03	0.001	0.140	0.03	0.027
3.1	0.97	0.272	0.06	0.001	0.277	0.06	0.036	0.278	0.06	0.001	0.263	0.06	0.039	0.185	0.04	0.001	0.166	0.04	0.031	0.155	0.03	0.001	0.140	0.03	0.027
3.2	1.00	0.252	0.06	0.001	0.262	0.06	0.034	0.262	0.06	0.001	0.251	0.06	0.037	0.182	0.04	0.001	0.164	0.04	0.031	0.154	0.03	0.001	0.140	0.03	0.027



Tabla 57 Evaluación de Cargas Ejercidas en la Cara del Muro

	CARGAS MUERTAS	CARGA VIVA	SOBRECARGA	TOTAL
Z (m)	σ_{hs}	σ_{hl}	σ_{hq}	σ_T
0	0.00	0.00	0.44	0.44
0.2	0.15	0.03	0.44	0.62
0.4	0.29	0.13	0.44	0.86
0.6	0.44	0.25	0.44	1.13
0.8	0.59	0.39	0.44	1.42
1	0.74	0.51	0.44	1.69
1.2	0.88	0.61	0.44	1.93
1.4	1.03	0.67	0.44	2.14
1.6	1.18	0.71	0.44	2.32
1.8	1.33	0.72	0.44	2.48
2	1.47	0.71	0.44	2.62
2.2	1.62	0.69	0.44	2.74
2.4	1.77	0.65	0.44	2.86
2.6	1.91	0.62	0.44	2.97
2.8	2.06	0.58	0.44	3.08
3	2.21	0.54	0.44	3.19
3.2	2.36	0.50	0.44	3.29

A continuación, se representa la distribución de los esfuerzos que se generan a partir de las cargas anteriormente evaluadas:

Figura 43. Diagrama de Presión ejercida por las diferentes cargas



	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

8.1.5 Estabilidad Interna

Con base en las cargas calculadas antes y con las propiedades de resistencia mínimas del geotextil seleccionado, se diseña la separación vertical entre capas (Sv) y las longitudes de desarrollo del geotextil para cada una de ellas.

Los valores de los factores de reducción son tenidos en cuenta según lo estipulado por el Geosynthetic Institute (GRI GT7 determination of long-Term Design Strenght of Geotextiles), enunciados a continuación.

Tabla 58 Factores de Reducción a la Resistencia Ultima del Geosintético

Application	RF_{ID}	RF_{CR}	RF_{CD}	RF_{BD}	RF_{JNT}
embankments	1.4	3.0	1.4	1.1	2.0
slopes	1.4	3.0	1.4	1.1	2.0
retaining walls	1.4	3.0	1.4	1.1	2.0
bearing capacity	1.5	3.0	1.6	1.1	2.0

Fuente:

Geosynthetic Institute (GRI GT7 determination of long-Term Design Strenght of Geotextiles)

Tabla 59 Factores de Reducción de Diseño



Resistencia a tensión ultima disponible por fabricante T_{ult}	4.0
factor de seguridad por daños en instalación RF_{id}	1.15
Factor de seguridad por creep RF_{cr}	2.2
Factor de seguridad por degradación química RF_{dq}	1
Factor de seguridad por degradación bilógica RF_{db}	1

$$T_{adm} = \frac{T_{ult}}{F_{Scr} * F_{Sid} * F_{Sdq} * F_{Sdb}} \quad S_v = \frac{T_{adm}}{\sigma_h * FS}$$

La longitud geométrica es a distancia que hay desde el borde del muro hasta la línea de la superficie de falla, la cual se considera con una inclinación de $45 + \phi/2$ desde el vértice inferior del muro, y se determina de la siguiente manera:

$$L_g = (H - z) * \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

La longitud de empotramiento corresponde a la distancia que se debe asegurar sobrepasando la superficie de falla, esta longitud se toma mínimo de 1.0 m aunque los resultados de los cálculos den menor a este valor. De forma conservativa los parámetros de resistencia entre el material de relleno y el geo sintético de determinan utilizando un factor de reducción de 0.7 tanto para el ángulo de fricción y la cohesión en la interfaz de los dos materiales.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

$$L_e = \sigma_h * S_v * \frac{F.S}{2 * (C' + \sigma \tan \delta)} \quad \delta = 0.7\phi \quad C' = 0.7C$$

La longitud del doblez superior no se debe considerar menor a 1.0 m, aunque así de determine por los cálculos, esta distancia es determinada de la siguiente manera.

$$L_o = \frac{S_v \sigma_h F.S}{4(C' + \gamma z \tan \delta)}$$

Determinadas cada una de las longitudes y es espesor de cada capa, se establece la longitud total como la sumatoria de cada una de las dimensiones calculadas, esta longitud total será aproximada al valor superior más cercano.



$$L_T = L_g + L_e + L_o + S_v$$

Tabla 60 Dimensionamiento y Espesores Determinados Terraplén Estribo 1

alt (m)	capa #	Z (m)	σT	Sv (m)		Lg (m)	Lemp (m)		Lo (m)		Lt (m)	L rec (m)
				cal	selec		cal	min	cal	min		
2.4		0										
2.0	8	0.4	0.86	0.5	0.40	1.09	0.53	1.00	0.26	1.00	3.49	4.00
1.7	7	0.7	1.28	0.5	0.30	0.92	0.34	1.00	0.17	1.00	3.22	4.00
1.4	6	1.0	1.69	0.5	0.30	0.76	0.31	1.00	0.16	1.00	3.06	4.00
1.1	5	1.3	2.04	0.5	0.30	0.60	0.29	1.00	0.14	1.00	2.90	3.00
0.8	4	1.6	2.32	0.5	0.30	0.43	0.27	1.00	0.13	1.00	2.73	3.00
0.5	3	1.9	2.55	0.5	0.30	0.27	0.25	1.00	0.12	1.00	2.57	3.00
0.2	2	2.2	2.74	0.5	0.30	0.11	0.23	1.00	0.12	1.00	2.41	3.00
0.0	1	2.4	2.86	0.5	0.20	0.00	0.15	1.00	0.07	1.00	2.20	3.00
					2.40							

Tabla 61 Dimensionamiento y espesores determinados terraplén estribo 2

alt (m)	capa #	Z (m)	σT	Sv (m)		Lg (m)	Lemp (m)		Lo (m)		Lt (m)	L rec (m)
				cal	selec		cal	min	cal	min		
3.2		0										
2.9	11	0.3	0.73	0.5	0.30	1.57	0.45	1.00	0.23	1.00	3.87	4.00
2.6	10	0.6	1.13	0.5	0.30	1.41	0.35	1.00	0.17	1.00	3.71	4.00
2.3	9	0.9	1.55	0.5	0.30	1.25	0.32	1.00	0.16	1.00	3.55	4.00
2.0	8	1.2	1.93	0.5	0.30	1.09	0.30	1.00	0.15	1.00	3.39	4.00
1.7	7	1.5	2.24	0.5	0.30	0.92	0.28	1.00	0.14	1.00	3.22	4.00
1.4	6	1.8	2.48	0.5	0.30	0.76	0.25	1.00	0.13	1.00	3.06	4.00
1.1	5	2.1	2.68	0.5	0.30	0.60	0.24	1.00	0.12	1.00	2.90	3.00
0.8	4	2.4	2.86	0.5	0.30	0.43	0.22	1.00	0.11	1.00	2.73	3.00
0.5	3	2.7	2.86	0.5	0.30	0.27	0.20	1.00	0.10	1.00	2.57	3.00
0.2	2	3.0	2.86	0.5	0.30	0.11	0.18	1.00	0.09	1.00	2.41	3.00
0.0	1	3.2	2.86	0.5	0.20	0.00	0.11	1.00	0.06	1.00	2.20	3.00
					3.20							

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

8.1.6 Estabilidad Externa

Para verificar la estabilidad externa del muro, se realizan revisiones de estabilidad por deslizamiento, volteo y por capacidad de carga. El análisis de estabilidad se realiza para una altura máxima de muro de 3.20 m.

La verificación de la estructura se realiza bajo condiciones pseudoestáticas, como situación crítica de diseño debido a esto se hace uso del coeficiente de presión de tierras K_h determinado por la metodología de Mononobe Okabe. Los parámetros fueron definidos en numeral **7.2.2** de este informe.

Tabla 62 Parámetros Análisis Seudoestático

parámetros para análisis seudoestático	
β	0
α	90
$\delta' = 2/3 \phi$	24
ah	0.2
av	0.2
Ka seudoestático	0.37

8.1.6.1 Revisión al Deslizamiento

Se considera un factor de seguridad mínimo de 1.05 según normatividad NRS-10, en condiciones dinámicas. A partir de la revisión realizada se observa que el factor de seguridad al deslizamiento obtenido con las condiciones de diseño es de 1.54 con lo cual se refleja la estabilidad del muro.



$$FS_D = \frac{\Sigma Fh \text{ resistente}}{\Sigma Fh \text{ actuante}} \quad \tau = C + \sigma_v \tan \delta \quad \sigma_v = q_v + \gamma h \quad F_{cort} = \tau * l$$

Tabla 63 Revisión de Estabilidad al Deslizamiento H max 3.2 m

FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO			
fuerzas resistentes		fuerzas actuantes	
			T/m
σ_v T/m ²	7.59	Ea relleno seudoestático	3.77
τ T/m ²	3.2	Ea Sobrecarga seudoestático	1.40
L (m)	2.7	E Cargas vivas	0.53
fuerza cortante T/m	8.8	Et	5.70
			F.S deslizamiento
			1.54

8.1.6.2 Revisión al Volteo

Se considera un factor de seguridad mínimo de 2 en condiciones pseudoestáticas. A partir de la revisión realizada se observa que el factor de

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

seguridad al volteo obtenido con las condiciones de diseño es de 3.90 con lo cual se refleja la estabilidad del muro.

$$F.S_{vol} = \frac{\Sigma M \text{ actuante}}{\Sigma M \text{ resistente}}$$

Tabla 64 Revisión de Estabilidad al Volteo H max 3.7 m

FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLCAMIENTO					
momentos resistentes				momentos actuantes	
elem	W (t/m)	Xcg (m)	Mr (T-m/m)	M. relleno	4.02
S. Carga	3.24	1.4	4.40	M. sobrecarga	2.24
relleno	17.41	1.4	23.675	M carga viva	0.93
Σ=	20.645		28.077	F.S volcamiento	3.90

8.1.6.3 Revisión por Capacidad Portante

aunque el muro se apoya sobre una estructura en gavión, se determina la capacidad portante con los parámetros del suelo de fundación, para determinar el factor de seguridad ante una posible falla por capacidad portante.



Se realiza el cálculo para evaluar el factor de seguridad por capacidad portante teniendo en cuenta los muros conformados como estructuras de contención independientes del cuerpo del terraplén, de esta forma se determina la excentricidad que genera los empujes horizontales ejercidas por el material de relleno, y se determinan los esfuerzos máximos y mínimos generados en la base de la estructura de tierra armada.

$$FS_{cp} = \frac{q_{ult}}{q_{max}} > 1.5 \quad e = \frac{B}{2} - \frac{M_{neto}}{\Sigma V}$$

Los factores de corrección para determinar la capacidad portante del suelo de fundación se han calculado según la teoría de Vesic.

Tabla 65 Calculo de Capacidad Portante

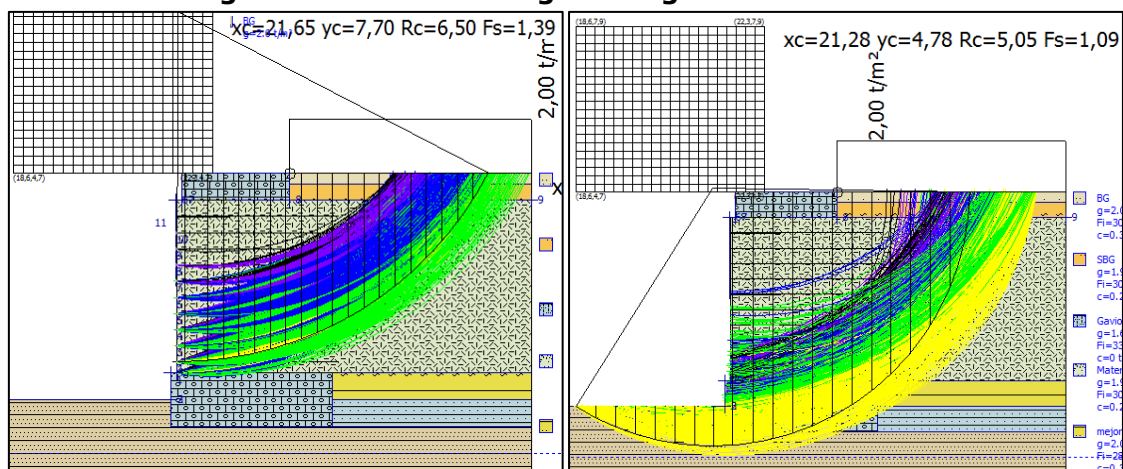
FACTOR DE SEGURIDAD CAPACIDAD PORTANTE						
Df (m)	γ	C	φ =	Nc	Nq	Nγ
0	2.05	0.85	24	19.32	9.60	9.4419
q ult (T/m2)	42.04			q max	13.4	
e	0.48			qmin	1.8	
e < L/6	si			F.S	3.2	

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

8.1.6.4 Análisis de Estabilidad general

Por medio de la metodología de Bishop, se realiza el análisis de estabilidad con generación de falla circular en la estructura además se corrobora la posibilidad de falla global que involucre el suelo de cimentación. El análisis se realiza bajo un escenario pseudoestático, el cual se considera como situación crítica, obteniendo factores de seguridad mayores a 1.05.

Figura 44. Factor de seguridad global alternativa 1



8.1.6.5 Asentamiento por Sobrecarga del Terraplén



Debido a la altura máxima de relleno que se va a implementar sobre el terreno de fundación, se experimentarían asentamientos por la naturaleza del suelo de fundación además del tipo de sobrecarga que se va a generar.

Tabla 66 Geometría y Parámetros de Diseño Terraplén

terraplén		suelo fundación	
ancho (m)	13.4	E (t/m ²)	612.8
B/2 (m)	6.7	μ	0.5
H (m)	3.2	espesor h (m)	4.2
L (m)	10	γ (T/m ³)	2.05
Df (m)	0.2		
γ (T/m ³)	2		
qo (t/m ²)	6.4		

Se determina el incremento de esfuerzo vertical debido a la geometría de la carga aplicada directamente al suelo de fundación, dada como:

$$\Delta_p = \frac{q_0}{\pi} \left(\left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) * (\alpha_1 + \alpha_2) \right) - \left(\frac{B_1}{B_2} \alpha_2 \right)$$

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Remitirse al anexo C para verificar el procedimiento de cálculo llevado para estimar el incremento de carga. El incremento de carga se realiza para el estrato de arcilla el cual se encuentra hasta profundidad de 4.2 para el estribo donde se encuentra la mayor altura de terraplén (3.2 m).

Tabla 67 incremento de esfuerzo por sobrecarga del terraplén

Z (m)	$\alpha 1$	$\alpha 2$	Factor I	Δp (T/m ²)	% Δp
0.05	6E-05	1.5633	0.5	6.4	100%
0.2	0.0002	1.541	0.5	6.3999	100%
0.4	0.0004	1.5112	0.5	6.3994	100%
0.6	0.0007	1.4815	0.4999	6.3981	100%
0.8	0.0009	1.452	0.4996	6.3955	100%
1	0.0011	1.4226	0.4993	6.3913	100%
1.2	0.0013	1.3936	0.4988	6.3851	100%
1.4	0.0015	1.3648	0.4982	6.3767	100%
1.6	0.0017	1.3364	0.4973	6.3658	99%
1.8	0.0019	1.3083	0.4963	6.3521	99%
2	0.002	1.2807	0.495	6.3355	99%
2.2	0.0022	1.2535	0.4934	6.3159	99%
2.4	0.0024	1.2268	0.4917	6.2931	98%
2.6	0.0025	1.2006	0.4896	6.2673	98%
2.8	0.0026	1.1749	0.4874	6.2383	97%
3	0.0028	1.1498	0.4849	6.2063	97%
3.2	0.0029	1.1252	0.4821	6.1713	96%
3.4	0.003	1.1012	0.4792	6.1334	96%
3.6	0.0031	1.0777	0.476	6.0927	95%
3.8	0.0032	1.0549	0.4726	6.0495	95%
4	0.0033	1.0326	0.4691	6.0039	94%
4.2	0.0033	1.0109	0.4653	5.956	93%

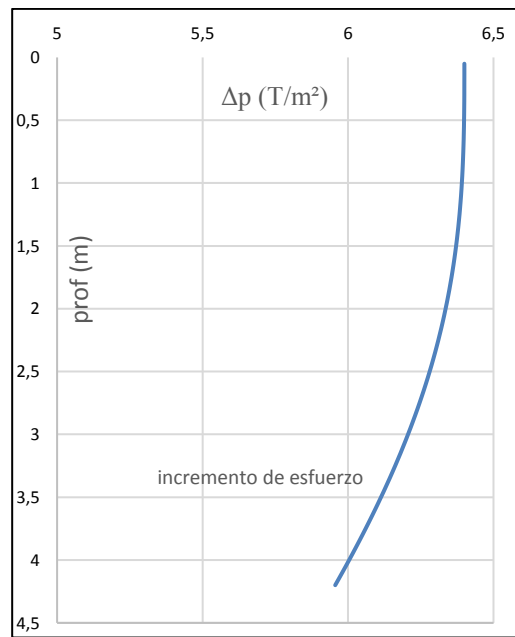
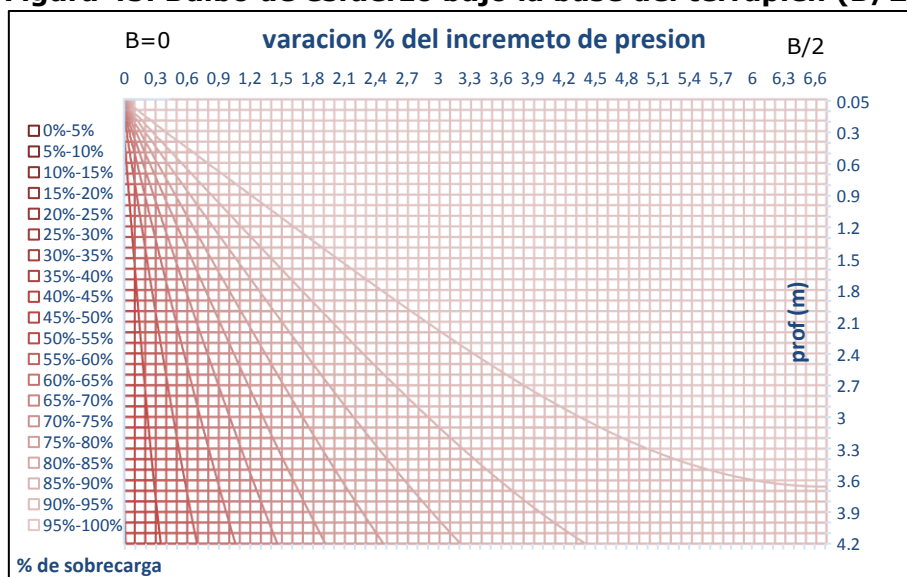




Figura 45. Bulbo de esfuerzo bajo la base del terraplén (B/2)



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Como se observa en el espesor total del estrato de arcilla se disipa solamente el 7% de la sobrecarga ejercida por el terraplén, con este incremento de la sobrecarga se determinan los asentamientos que se pueden generar durante y después de la aplicación de la carga.

Tabla 68 Determinación de Asentamientos

Asentamientos elásticos (m)	consolidación primaria	consolidación. secundaria
Df/B 0.060	datos obtenidos de ensayo de consolidación unidimensional	carga (T/m ²) 10
Hn/B 0.299	Prof. ensayo (m) 2.5	e f 0.397
L/B 0.746	σ'o (T/m ²) 5.13	t1 (min) 29.39
A1 0.180	σ'p (T/m ²) 40.1	t2 años 20
A2 0.950	Cc 0.076	min 1E+07
Se (cm) 2.39	Cs 0.007	Ca 0.0020
	e0 0.408	Ss (cm) 3.281
	RSC 7.824	
	Fuertemente Sobre Consolidado	asentamiento total
	Δσ (T/m ²) 6.272	cm 6.40
	σ'o + Δσ 11.397	
	Sc (cm) 0.7247	

Como se observa los asentamientos inmediatos por la carga del terraplén son menores de 2.5 cm. Al disiparse la presión de poros y terminar la consolidación primaria los asentamientos son del orden de 1.0 cm, para el tiempo de servicio de 20 años los asentamientos se determinan en el orden de 3.3 cm, para tener un asentamiento total de 6.40 cm proyectado al tiempo de diseño.

8.1.6.6 Sección Tipo

En base a los resultados obtenidos y los chequeos de estabilidad hechos para determinar los factores de seguridad para la estructura de tierra mecánicamente estabilizada con el uso de geo sintéticos, se describe la estructura propuesta para el terraplén de acceso al estribo 1 y estribo 2, la cual contempla alturas máximas de 2.4 m y 3.2 m, se establecen capas de material compactado reforzado con geotextil que cumpla los requisitos mínimos de resistencia propuestos en el actual documento. La capa más superficial tendrá un espesor variable el cual va disminuyendo cumpliendo con la pendiente del terraplén de acceso.



Figura 46. Esquematzación Muro Mecánicamente Estabilizado Terraplén Estribo 1

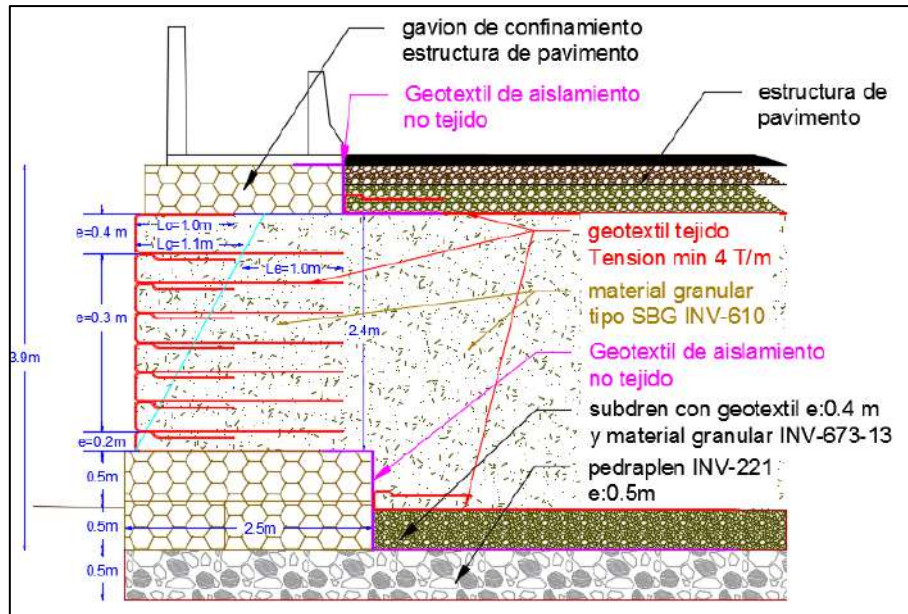
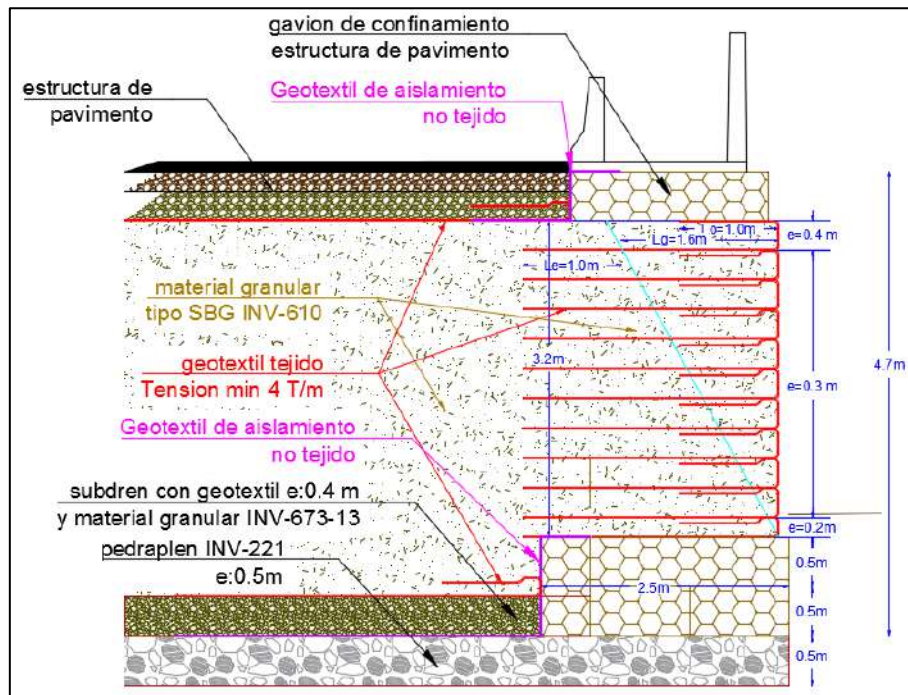




Figura 47. Esquematzación Muro Mecánicamente Estabilizado Terraplén Estribo 2



Para las dos estructuras de acceso se propone un mejoramiento al suelo de fundación con un pedraplen de espesor de 0.50 m, este tipo de mejoramiento debe ser implantado de borde a borde de los gaviones de apoyo, entre los

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

gaviones se recomienda manejar un nivel filtrante conformado por material granular y separado por geotextil no tejido, con espesor de 0.40m, sobre la estructura drenante la primera capa compactada de material de relleno tipo subbase, va reforzada con geotextil tejido, con un espesor de 0.20, las capas reforzadas ubicadas sobre el gavión deben cumplir los espesores indicados en los planos de detalle, como la estructura disminuye su altura a medida que se aleja del estribo, la base del gavión donde se apoya la estructura en suelo reforzado no debe ser menor a 0.8H.

8.1.6.7 Cantidades de Obra

Se determinan las cantidades de materiales por metro lineal de muro, con el fin de evaluar finalmente el costo que conlleva la alternativa con el predimensionamiento de la sección más alta, es un método de comparación lo cual no refleja el costo real de la opción de diseño.

Tabla 69 cantidades d obra alternativa 1



ITEM	Cantidad/m
Altura máx. (m)	3.2
L (m)	1.0
Ancho de calzada (m)	9.0
Área relleno perfil trasversal (m ²)	44.42
Vol relleno (m ³)	44.42
Base gavión de apoyo (m)	2.5
Gavión de apoyo (m ³)	2.5 * 2lados = 5
(refuerzo transversal) Geotextil tejido por capa (m ²)	4
(refuerzo transversal) Geotextil tejido total (m ²)	4 * 11 * 2 lados = 88
Geotextil de aislamiento no tejido (m ²)	7.3 * 2lados = 14.6
Material granular filtrante (m ³) e=0.40 m	8.4 * 0.4 * 1 = 3.36
Pedraplén (m ³) e=0.50 m	13.4 * 0.5 * 1 = 6.7

8.2 ALTERNATIVA 2 MURO REFORZADO CON MALLA HEXAGONAL

La metodología de diseño es similar a la metodología de refuerzos con geotextil, para este caso toda la altura del muro se refuerza con malla hexagonal de doble torsión, indicando que el muro no estaría soportado sobre estructura de gavión, sino por el contrario se apoyaría directamente sobre el pedraplén establecido como mejoramiento del material de fundación, de acuerdo a lo anterior el muro aumenta su altura máxima de 3.2 m a 4.2 m.

Tabla 70 Cargas Ejercidas en la Cara del Muro

	CARGAS MUERTAS	CARGA VIVA	SOBRECARGA	TOTAL
Z (m)	σ_{hs} (T/m ²)	σ_{hl} (T/m ²)	σ_{hq} (T/m ²)	σ_T (T/m ²)
0	0.00	0.00	0.44	0.44
0.5	0.37	0.19	0.44	0.99
1	0.74	0.51	0.44	1.69

	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

1.5	1.10	0.69	0.44	2.24
2	1.47	0.71	0.44	2.62
2.5	1.84	0.64	0.44	2.92
3	2.21	0.54	0.44	3.19
3.5	2.58	0.44	0.44	3.46
4	2.95	0.36	0.44	3.74
4.5	3.31	0.29	0.44	4.04

Para determinar la resistencia última del material de refuerzo se consideran los siguientes factores de seguridad, los cuales afectan directamente a la malla hexagonal.

Tabla 71 Factores de Reducción Resistencia Malla Hexagonal

Resistencia a tensión ultima disponible de diseño T ult (T/m)	4.23
factor de seguridad por daños en instalación Fsid	1.1
Factor de seguridad por creep Fscr	1.1
Factor de seguridad por degradación química Fsdq	1.1
Factor de seguridad por degradación biológica Fbdb	1.1

Para la separación del refuerzo verticalmente se usa un factor de seguridad global de 1.05, bajo una condición pseudoestática, de esta forma se chequea la estabilidad interna y se determinan las longitudes mínimas de anclaje del refuerzo después de la superficie de falla.

Tabla 72 Separación Vertical de Refuerzo

T adm (T/m)	2.89
F.S global	1.05
$\delta = 0.7\phi$	23.1
segmentos de muro	1
altura de tramo (m)	4.5
σT prof estudiada (T/m ²)	4.04
separación vertical min (m)	0.68

Tabla 73 Longitudes de Desarrollo del Refuerzo en Cada Capa

alt (m)	capa #	Z (m)	σT	Sv (m)		Lg (m)	Lemp (m)		Lo (m)		Lt (m)	L rec (m)
				cal	selec		cal	min	cal	min		
4.5		0										
4.0	11	0.5	0.99	2.7	0.50	2.17	0.61	1.00	0.31	1.00	4.67	5.00
3.5	10	1.0	1.69	1.6	0.50	1.90	0.52	1.00	0.26	1.00	4.40	5.00
3.0	9	1.5	2.24	1.2	0.50	1.63	0.46	1.00	0.23	1.00	4.13	5.00
2.5	8	2.0	2.62	1.0	0.50	1.36	0.40	1.00	0.20	1.00	3.86	4.00
2.0	7	2.5	2.92	0.9	0.50	1.09	0.36	1.00	0.18	1.00	3.59	4.00
1.5	6	3.0	3.19	0.8	0.50	0.81	0.33	1.00	0.16	1.00	3.31	4.00
1.0	5	3.5	3.46	0.7	0.50	0.54	0.30	1.00	0.15	1.00	3.04	4.00
0.5	4	4.0	3.74	0.7	0.50	0.27	0.29	1.00	0.14	1.00	2.77	3.00
0.0	3	4.5	4.04	0.68	0.50	0.00	0.28	1.00	0.14	1.00	2.50	3.00
					4.50							

Tabla 74 Factores de Seguridad Externa

FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO				FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLCAMIENTO					
fuerzas resistentes		fuerzas actuantes		M. resistentes			M. actuantes		
ov T/m ²	10.19	Ea relleno	7.46	elem	W (t/m)	Xcg	Mr	relleno	11.19
τ T/m ²	4.3	Ea Sobrecarga	1.97	S. Carga	4.28	1.8	7.71	sobrecarga	4.44
B (m)	3.6	E C. vivas	0.38	relleno	32.4	1.8	58.32	carga viva	0.93
f cort T/m	15.6	Et	9.80	$\Sigma =$	36.68		66.03	F.S	3.99
		F.S	1.60						

FACTOR DE SEGURIDAD CAPACIDAD PORTANTE						
Df (m)	γ	C	ϕ	Nc	Nq	N γ
0	2.05	0.85	24	19.324	9.60	9.44
q ult (T/m ²)	51.27			q Max	17.9	
e	0.451			min	2.5	
e<L/6	si			F.S	2.9	

Se realiza el chequeo de estabilidad global de la estructura, bajo la suposición de generación de falla circular en el cuerpo del terraplén y también con la afectación del material del suelo de fundación, este análisis se considera bajo condición pseudoestática

Figura 48. Estabilidad Global alternativa 2

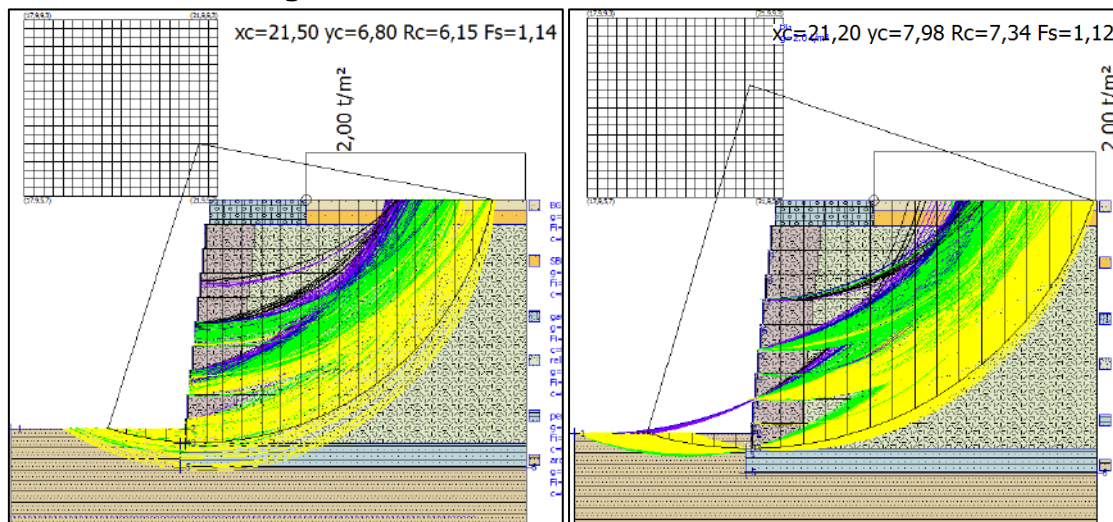
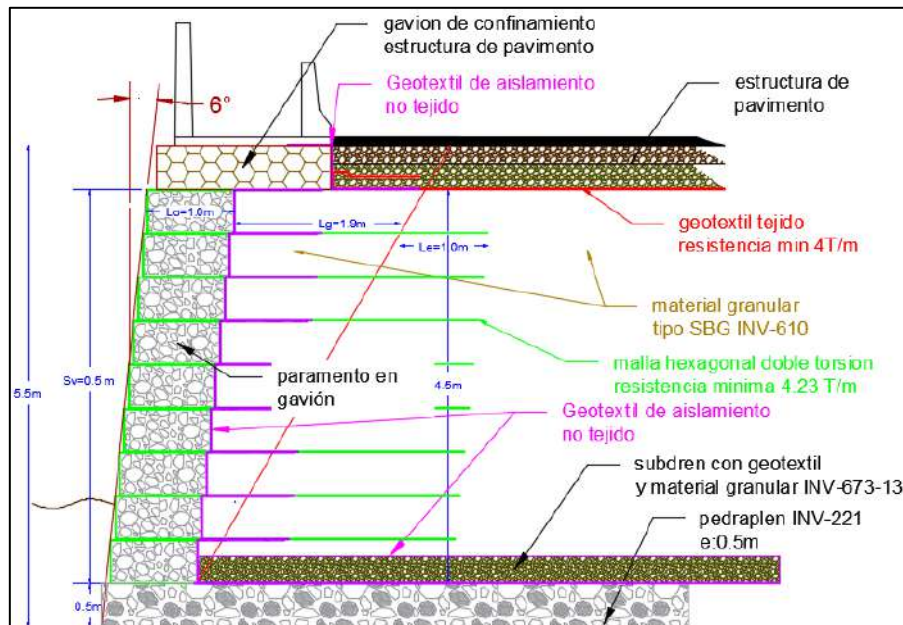




Figura 49. Esquematización Alternativa 2



La sección para la alternativa 2 se compone de un mejoramiento con pedraplén del suelo de fundación con espesor mínimo de 0.50, sobre el cual se implementa un subdren o colchón drenante de 0.3 m, la estructuración del muro mecánicamente estabilizado está conformado por un paramento de gavión con inclinación de 6° respecto a la vertical, con capas de 0.50 m y ancho de 1.0, reforzado con la malla de doble torsión con la resistencia mínima especificada, además es necesario la instalación de geotextil no tejido en cada capa y contra la cara interna del gavión para evitar pérdidas de materiales finos del cuerpo del terraplén, la estructura del pavimento es separada del cuerpo del terraplén mediante un geotextil tejido, o malla biaxial que aumenten la resistencia de la estructura y sean apoyo a la distribución de esfuerzos de las cargas ejercida por el tráfico, la disposición de las capas de compactación del relleno deben llevarse a cabo con alturas de 0.2 m. y siguiendo lo indicado por la normatividad vigente INV-311-320-330.

8.3 CANTIDADES DE OBRA ALTERNATIVA 2

Las cantidades de obra se determinan por metro lineal de obra para las secciones típicas en la zona de altura máxima.



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 75 Cantidades Alternativa 2 por metro de muro (K39+410)

ITEM	Cantidad/m
Altura máx. (m)	4.5
L (m)	1.0
Ancho de calzada (m)	9.0
Área relleno perfil trasversal (m ²)	45.98
Vol relleno (m ³)	45.98
Base gavión (m)	1
Vol gavión (m ³)	4.5 X 2 = 10
Malla doble torsión refuerzo transversal por capa (m ²)	4
Malla doble torsión refuerzo transversal total (m ²)	35 X 2 = 70
Material granular filtrante (m ³) e=0.30 m	3.6
Pedraplén (m ³) e=0.50 m	7

8.3.1 Costo de Alternativas

Se realiza una comparación económica de cada alternativa para evaluar los costos de cada solución, el análisis de costos para cada alternativa se determina teniendo en cuenta el predimensionamiento a partir de precios unitarios actuales para fines de evaluación de cada opción, en ningún caso hace relación al presupuesto final de la obra.

Tabla 76 Resumen Cantidades de Alternativa por metro longitudinal de muro

	ITEM	Cantidad/m
ALTERNATIVA 1	Altura máx. (m)	3.2
	L (m)	1.0
	Ancho de calzada (m)	9.0
	Área relleno perfil trasversal (m ²)	44.42
	Vol relleno (m ³)	44.42
	Base gavión de apoyo (m)	2.5
	Gavión de apoyo (m ³)	2.5 * 2lados = 5
	(refuerzo transversal) Geotextil tejido por capa (m ²)	4
	(refuerzo transversal) Geotextil tejido total (m ²)	4 * 11 * 2 lados = 88
	Geotextil de aislamiento no tejido (m ²)	7.3 * 2lados = 14.6
	Material granular filtrante (m ³) e=0.40 m	8.4 * 0.4 * 1 = 3.36
	Pedraplén (m ³) e=0.50 m	13.4 * 0.5 * 1 = 6.7
		ITEM
ALTERNATIVA 2	Altura máx. (m)	4.5
	L (m)	1.0
	Ancho de calzada (m)	9.0
	Área relleno perfil trasversal (m ²)	45.98
	Vol relleno (m ³)	45.98
	Base gavión (m)	1
	Vol gavión (m ³)	4.5*2lados = 9.0
	Malla doble torsión refuerzo transversal por capa (m ²)	4
	Malla doble torsión refuerzo transversal total (m ²)	4*9cap*2lados = 72
	Geotextil de aislamiento no tejido por capa (m ²)	2
	Geotextil de aislamiento no tejido total (m ²)	2 * 9 * 2lados = 36
	Material granular filtrante (m ³) e=0.30 m	12*0.3*1 = 3.6
	Pedraplén (m ³) e=0.50 m	14*0.5*1 = 7



 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Tabla 77 Precios unitarios Para Muro en Tierra Armada

ITEM	Und	unitario
Relleno con material seleccionado de excavación, extendido, humedecido y compactado a maquina	m ³	\$ 23.219
Gavión en malla galvanizada triple torsión (2x1x1) suministro y construcción	m ³	\$ 209.441
Rellenos para colchón filtrante, con subbase granular, compactada, incluye transporte	m ³	\$ 59.090
Mejoramiento subrasante con pedraplén compactado extendida h=0.6 con transporte INV 221-13	m ³	\$ 67.691
Manto tejido R-41 KN/m para muro de tierra armada INV 223-13	m ²	\$ 7.355
Manto geotextil no tejido 1600, 467 N INV673-13	m ²	\$ 4.646
Malla metálica hexagonal 8X6 HR doble torsión rollo 2*25 mt cal 3mm MO	m ²	\$ 30.239

Tabla 78 Costos de Alternativas de Diseño Muro Mecánicamente Estabilizado

	ITEM	Cant/m	unitario	
ALTERNATIVA 1	Vol relleno (m ³)	44.42	\$ 23219.0	\$ 1,031,387.98
	Gavión de apoyo (m ³)	5	\$ 209.441	\$ 1,047,205.00
	(refuerzo transversal) Geotextil tejido total (m ²)	88	\$ 7.355	\$ 647,240.00
	Geotextil de aislamiento no tejido	14.6	\$ 4.646	\$ 67,831.60
	Material granular filtrante (m ³) e=0.40 m	3.36	\$ 59.090	\$ 198,542.40
	Pedraplén (m ³) e=0.50 m	6.7	\$ 67.691	\$ 432,558.70
ALTERNATIVA 2	Vol relleno (m ³)	45.98	\$ 23219.0	\$ 1,067,609.62
	Vol gavión (m ³)	9	\$ 209.441	\$ 1,884,969.00
	Malla doble torsión refuerzo transversal total (m ²)	72	\$ 30.239	\$ 2,177,208.00
	Geotextil de aislamiento no tejido total (m ²)	36	\$ 4.646	\$ 167,256.00
	Material granular filtrante (m ³) e=0.30 m	3.6	\$ 59.090	\$ 212,724.00
	Pedraplén (m ³) e=0.50 m	7	\$ 67.691	\$ 451,927.00

Tabla 79 Tabla Comparativa de Alternativas

FACTOR	UND	VALOR		PUNTAJE		PESO	PUNTAJE AJUSTADO	
		ALTER 1	ALTER-2	1/0	1/0		ALTER-1	ALTER-2
1 ECONOMICO						40%		
	\$/ml	\$ 3,424,765	\$ 5,961,693	1	0		40%	0%
2 TECNICO						30%		
F.S deslizamiento	Num	1.54	1.60	0	1	7.5%	0%	7.5%
F.S Volteo	Num	3.90	3.99	0	1	7.5%	0%	7.5%
F.S Cap. Portante	Num	3.2	2.9	1	0	7.5%	7.5%	0%
Estab. Global	Num	1.39	1.14	1	0	7.5%	7.5%	0%
3 OPERATIVO						15%		
Vol relleno	m ³ /m	44.42	45.95	1	0	5%	5%	0%
Vol gavión	m ³ /m	5	9	1	0	5%	5%	0%
Filtro granular	m ³ /m	3.36	3.6	1	0	5%	5%	0%
3 DURABILIDAD						15%		
	años	10	15	0	1		0%	15%
CALIFICACION						100%	70	30

Como se observa en la tabla de comparación de alternativas la opción de muro mecánicamente estabilizado con geotextil presenta las mejores condiciones técnicas y económicas.



9. OBRAS DE CONTROL DE INUNDACION Y SOCAVACION

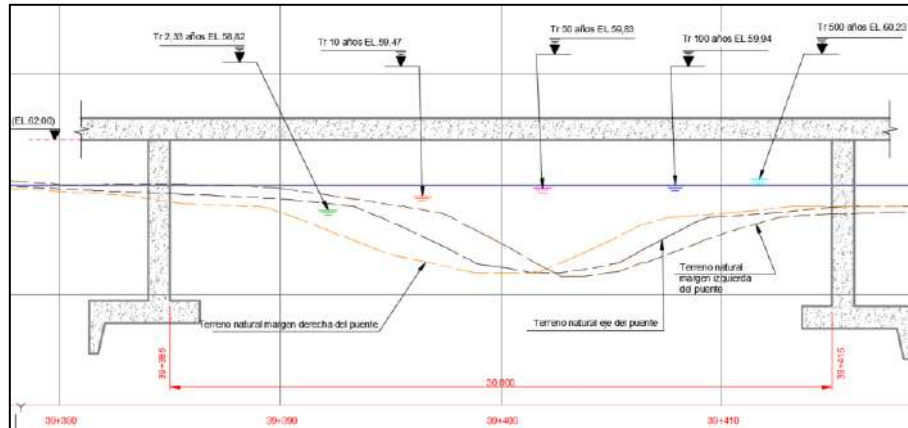
Las condiciones de inundación en condiciones extremas pueden llegar y hasta en ocasiones sobrepasar las cotas de las rasantes actuales de las estructuras de paso, con la ampliación de la sección hidráulica se disminuyen las cotas de inundación, pero es necesario mantener las condiciones de funcionamiento, por lo cual se proyectan obras de protección a la estructura de paso, de la misma forma se necesita proteger en margen de la quebrada aguas arriba y aguas debajo de la obra de paso. De acuerdo con el estudio hidrológico e hidráulico se determinan las manchas de inundación con diferentes periodos de retorno (2.33-10-50-100- y 500 años).

Figura 50. Plancha Manchas de Inundación Para Puesto 09





Figura 51. Seccion Hidraulica Recomendada Para Puente 09



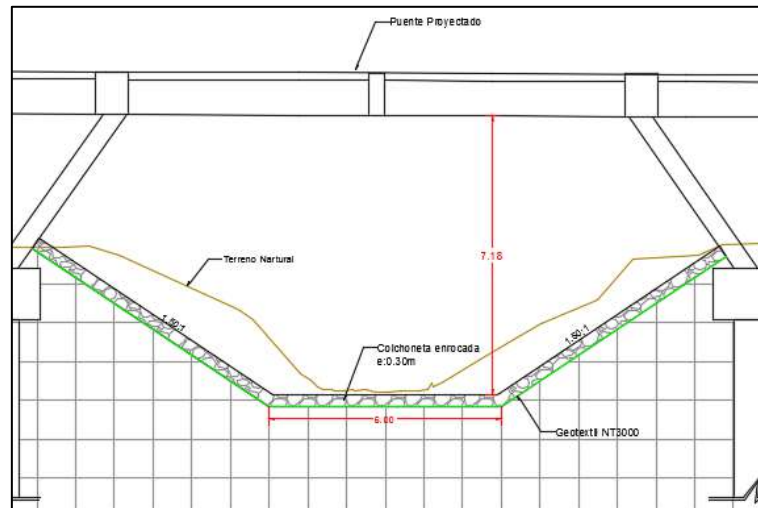
9.1 ALTERNATIVAS DE CONTROL



9.1.1 Protección Local Estribos del Puente

9.1.1.1 Alternativa 1

Para la protección local de los estribos de la estructura de paso se considera una reconformación geométrica al cauce, con taludes de pendiente H:V 1.5:1, y base de 5.0 m, se propone proteger las pendientes con un recubrimiento lateral de piedra pegada con mortero, o también se puede implementar un sistema de colchón tipo gavión, la protección se debe llevar 10.0 m como mínimo aguas arriba y aguas abajo. A continuación, se esquematiza la alternativa propuesta.

Figura 52. Alternativa 1 de Control Socavación local Estribos



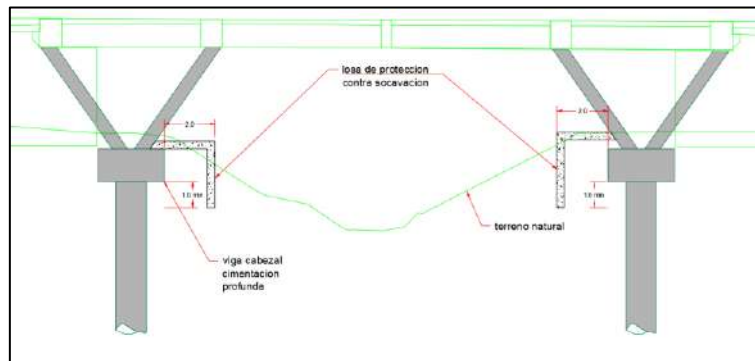
	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Fuente: Planeación y desarrollo Ltda, (Cardenas,2017)

9.1.1.2 Alternativa 2

De no protegerse todo el ancho del cauce bajo el puente, se puede optar por otro tipo de protección a los estribos que consiste en colocar una losa de concreto o piedra pegada con mortero frente a cada estribo, deberá proyectarse un diente anti-socavación alrededor de la losa de protección, al igual que primera alternativa se debe llevar la protección 10.0 m aguas arriba y aguas abajo, la protección se debe extender 2.0 m desde el borde de la viga cabezal, y el diente se debe llevar a una profundidad mínima de 1.0 m por debajo de la cota de viga cabezal.

Figura 53. Alternativa 2 de Control Socavación local Estribos

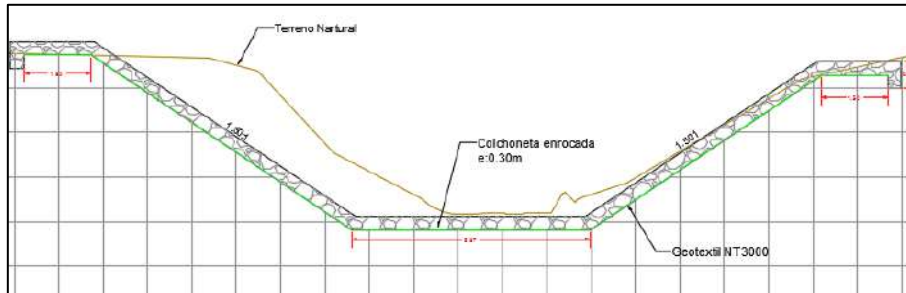


Fuente: Planeación y desarrollo Ltda, (Cardenas,2017)

9.1.2 Protección aguas arriba y aguas abajo del cauce

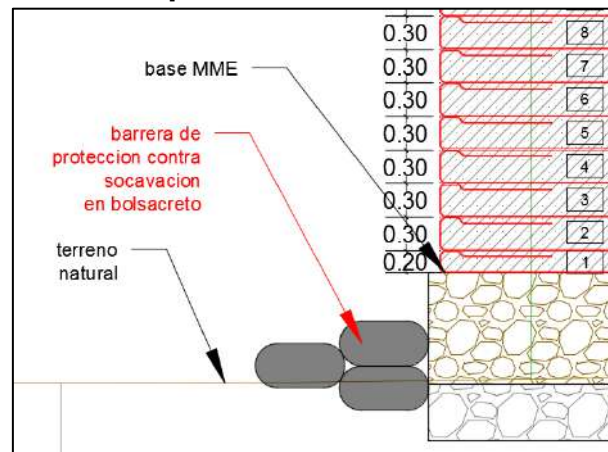
La protección del cauce inicia a partir de la protección realizada al estribo, y consiste en reconfigurar geoméricamente el cauce, se propone realizar corte con pendiente H:V 1.5:1 aguas arriba y aguas abajo, una longitud mínima de 30.0 m, para esta reconfiguración del canal es necesario continuar con el recubrimiento usando colchoneta enrocada o colchoneta en gavión, de la misma forma que se protege en el canal en los estribos del puente.

Figura 54 protección del cauce aguas arriba y aguas abajo



Como se observa en la zona de estudio para el terraplén de acceso al puenteen el estribo 2 (dirección a Tibú) se presentan bajas pendientes y teniendo en cuenta las márgenes de socavación determinadas en el estudio hidrológico, no es recomendable realizar estructura de protección tipo jarillón, puede resultar contraproducente al formar un dique que impida la evacuación de los flujos, por tal razón para protección del terraplén del acceso al puente se considera instalar un sistema de bolsacreto en la base de las estructuras de tierra armada para que cumplan con la función de proteger las estructuras en su base ante fenómenos de erosión por ascensos y descensos súbitos de los niveles de agua en temporadas de alta precipitación.



Figura 55. Sistema de protección contra socavación de terraplén



Fuente: Planeación y desarrollo Ltda, (Cardenas,2017)

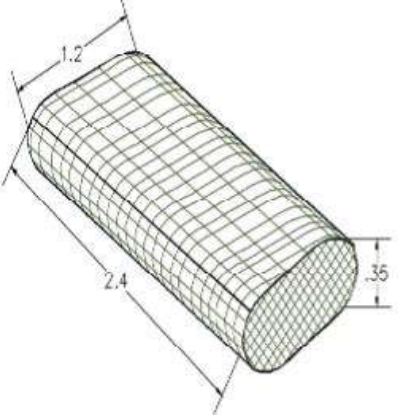
- Características de elementos de protección bolsacreto



Generalmente fabricados haciendo uso de bolsas de geotextil, rellenas con concreto, la finalidad es la acomodación una sobre otra formando en conjunto un elemento resistente trabajando contra procesos erosivos en las márgenes de los ríos. Las bolsas al contener el concreto forman un enrocado artificial

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

entrelazado, el geotextil funciona como formaleta permitiendo la salida del agua favoreciendo el fraguado de la mezcla, las aberturas o poros de las fibras de geotextil deben tener el tamaño necesario para evitar la salida de la mezcla de concreto, cada bolsa debe tener una válvula auto sellante con el fin de permitir la ubicación de la manguera que inyecta el concreto.

El llenado de las formaletas en geotextil debe ser uniforme evitando la generación de cavidades de aire dentro de la bolsa, una vez llenado el cierre debe efectuarse inmediatamente, es necesario que la superficie del terreno donde se apoye la primera fila de elementos se encuentra debidamente afirmada.

Características generales de los elementos de bolsacreto	
	Tipo de polímero: polipropileno
	Resistencia a la tracción: 650 N min
	Resistencia al funcionamiento: 390N min
	Resistencia al rasgado 230: N min
	Dimensiones: (1.20 * 2.40) m

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

10. CONCLUSIONES



Generalmente el sector de estudio se ubica en una zona de baja pendiente topográfica, lo que determina un origen estratigráfico de tipo sedimentario, se constituye por un nivel residual el cual se encuentra en el sector a profundidad que oscila en los 4.0 m soportado sobre rocas blandas tipo lodolitas, rocas de baja resistencia.

Los niveles reportados por las líneas de refracción sísmica, hacen referencia a un estrato superficial definido como un depósito aluvial con espesor máximo de 2.8 m, realmente lo evidenciado por la exploración directa este nivel llega hasta profundidades cercanas a 4.20 m siendo constituido por arcillas con diferentes contenidos de arena, el modelo geotécnico representado por las líneas de refracción aunque no define de forma acertada la interfaz de suelo roca, si nos permite evaluar un perfil de meteorización de la misma, permitiendo obtener una visión general del estado del macizo.

En los dos sondeos mecánicos se registra una zona de transición entre los suelos de origen arcilloso y la roca blanda, para el sondeo 1 esta zona se ubica entre 4.0 y 5.0 m y para el sondeo 2 entre 3.6 y 4.2 m aproximadamente, es una zona donde se encuentran mezclas de materiales entre arcillas arenosas con fragmentos de roca y un tipo de lutita altamente meteorizada.

La humedad registrada para la roca se comporta de forma uniforme encontrándose en un rango de 3% a 10%, esta situación indica que en la profundidad estudiada no se encuentran incrementos de humedad que indiquen flujos de agua subterráneos en el estrato que va a servir de fundación para la estructura.

Para el estribo 1 las condiciones del material superficial (arcillas con diferentes contenidos de arena) obedecen a un comportamiento semirrígido, pues las humedades que se registran en el momento de perforación, tienden a ser menores al límite plástico, lo que induce que en este sector del puente las deformaciones plásticas por sobrecargas en este nivel van a ser bajas, esto siempre y cuando se conserven las humedades detectadas en el momento de la exploración mecánica, en el estribo 2 el comportamiento es diferente, las humedades superan el límite plástico indicando que se pueden

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

generar deformaciones considerables en este nivel de material según la magnitud de la carga que se genere en esta parte del estribo.

Ante la generación de ciclos de cargas repetitivas el suelo del nivel superficial puede originar procesos de pérdida de resistencia por fatiga, pues este tipo de material presentan un potencial de ablandamiento cíclico moderado.



Por las bajas resistencias que registra el tipo de roca que soporta el nivel superior de material residual, para el diseño geotécnico de cimentación profunda este tipo de roca se considera como un suelo de consistencia dura, donde el aporte de capacidad portante solo es determinado por la resistencia ejercida en la punta de la cimentación.

Las capacidades portantes determinadas en cada estribo, al ser afectadas por el factor de seguridad de 3.0 están siendo cargadas dentro del rango elástico del tipo de roca blanda, se puede observar en las gráficas de esfuerzo deformación (fig. 31 de este documento).

de acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo, se realiza el dimensionamiento de la cimentación profunda, con base a esta información, geometría y cargas solicitadas por la superestructura se dimensionan los elementos de transmisión de carga, para el estribo 1 los cálculos determinan un número de 4 pilas con diámetro de 1.5 m, los cuales cumplen a una profundidad de 13.0 m, para el estribo 2 donde los parámetros de resistencia son más bajos el número mínimo de elementos es de 4, pero llevados a profundidad de 17.0 m.

el dimensionamiento de la cimentación profunda se realiza teniendo en cuenta un nivel de desplante hasta la base de la viga cabezal de 2.00 m, a partir de este nivel inicia la profundidad de cimentación, si esta distancia de desplante disminuye es necesario reevaluar la longitud de la pila para el redimensionamiento geotécnico de los elementos de cimentación.

Para el predimensionamiento de las estructuras de confinamiento laterales, se determinó la altura en base al nivel de la rasante proyectada por el diseño geométrico, las alturas finales de las estructuras son de 5.0 m, con una proyección de 8.0 m de longitud, cumpliendo con los factores de seguridad interna de la estructura.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

La aplicación de la fuerza resultante debido a la sobrecarga generada por el peso propio y el empuje ocasionado por el material de relleno en las estructuras de confinamiento, se ubica en el tercio medio de la base, con el fin de evitar que se produzcan efectos de tensión en el talón del muro.



Los asentamientos generados por la sobrecarga del muro estructural se determinan entre 0.08 y 0.1 m, donde se encuentra un rango entre el 49% y 64% que corresponden a asentamientos elásticos generados a corto tiempo por la aplicación de la carga.

Es necesario que la estructura de contención cuente con un nivel de desplante o profundidad de cimentación D_f mínimo de 0.50 m, para que se puedan generar esfuerzos pasivos en la puntera del muro, además es necesario que en el vástago se disponga de un sistema de drenajes transversales (lloraderos) con el fin de evitar incrementos de presión en el espaldar del muro.

Para evitar asentamientos diferenciales en los muros reforzados, se considera cambiar un espesor de 0.50 m del material de fundación por un concreto ciclópeo, con el fin de redistribuir de manera uniforme los esfuerzos en el terreno de fundación para evitar este tipo de asentamientos acondicionados a la naturaleza del material.

Para confinar los terraplenes de acceso al puente, se ha sugerido la implementación de muros mecánicamente estabilizados con geosintéticos, es una alternativa practica y económica evidenciando la longitud que presenta los terraplenes, de las alternativas analizadas se sugiere la realización de muros en tierra armada reforzados con geotextil tejido y resistencia mínima de 4 T/m, este sistema será apoyado sobre un gavión que transmitirá las cargas al suelo de fundación. Se recomienda manejar un mejoramiento con un pedraplén con espesor de 0.50 m, sobre el cual se apoyará toda la sección del terraplén.



Se realiza la verificación de seguridad de la estructura obteniendo factores óptimos de diseño, bajo una condición pseudoestática los resultados se encuentran sobre los mínimos determinados por la normatividad NSR-10 titulo H.

 Gobernación de Norte de Santander SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	CONTRATO 0130/2017 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER	
	ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU	

Para el nivel superior de material (arcilla con diferentes contenidos de arena) el cual presenta un espesor de 4.0 m, se alcanza a disipar tan solo el 7% del esfuerzo generado por la sobrecarga del terraplén, esto para la sección mas alta, teniendo en cuenta este incremento los asentamientos generados son menores de 6.50 cm, donde el 50% se debe a la etapa de consolidación secundaria, y el 37% es generado por la aplicación inmediata de la sobrecarga.

Como medidas de protección ante procesos de socavación en los estribos del puente, se considera una reconfiguración geométrica del canal, realizando la debida protección a los taludes y la base del cauce con elementos en colchoneta tipo gavión, este tipo de protección de mantendrá como mínimo 10 m aguas arriba y aguas abajo. A partir de este punto se protegerá tan solo los taludes del canal con el mismo sistema de protección.

Para controlar procesos de socavación en la base de la estructura en tierra armada es necesario proteger estas zonas con un sistema de bolsacreto, apiladas en la base del muro de tal forma que eviten la afectación de la cimentación superficial, debido a cambios repentinos en los niveles de agua durante eventos de alta precipitación.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

11. RECOMENDACIONES

El material que va a funcionar como fundación para la estructura de paso, presenta condiciones óptimas a profundidad y en el estado actual, lo que se observó durante el proceso de perforación, es que este tipo de roca al exponerse a condiciones de ambiente sufre relajación de esfuerzos y junto con la pérdida de humedad genera un fracturamiento que se propaga por los planos de sedimentación, es recomendable que al realizar los pozos de cimentación este tipo de material este descubierto el menor tiempo posible para evitar desconfinamiento por la relajación de esfuerzos al que es sometida en el proceso de perforación del pozo.



Los pozos de cimentación deben ser encamisados en el nivel residual, este proceso se puede llevar a una profundidad en la roca que supere la meteorización superficial del macizo, este tipo de elementos que se utilizan para encamisar el pozo deben ser retirados, para que la superficie de la pila quede en contacto directo con el suelo de fundación, y pueda generar un aporte de fricción.

Las excavaciones que se realicen en el suelo residual necesarias para llevar al nivel de desplante de la viga cabezal, deben ser protegidas temporalmente con concreto lanzado, para evitar que se generen desconfinamientos debido al corte y afecte la seguridad del personal.

Antes del inicio de obras, se debe controlar la escorrentía del drenaje, mediante elementos de canalización, los cuales deben ser revestidos con geomembranas, de esta forma garantizar un espacio seguro para las obras de trabajo.

En la base de las pilas se recomienda dejar un solado de 20 cm para tener una superficie uniforme donde se apoye la punta de la pila, generando una mejor transferencia de carga del elemento proyectado.



El material que servirá de relleno para el acceso al puente debe tener características de subbase, evitando el empleo de materiales arcillosos o limosos o que contengan material orgánico, pues se así se evitaran fenómenos de deformabilidad en el relleno, la compactación de este material debe realizarse al 90% de la densidad seca máxima, obtenida del ensayo de

	<p align="center">CONTRATO 0130/2017</p> <p align="center">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p align="center">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

Proctor modificado, además de realizar el proceso con precaución, usando medios ligeros, pues si se utiliza una metodología de compactación intensa, se pueden generar incrementos sustanciales del empuje lateral sobre la cara del vástago.

Para controlar la posibilidad que se generen asentamientos diferenciales en la base de las estructuras de confinamiento (muros estructurales), se recomienda realizar un mejoramiento al material de cimentación, reemplazando una altura de 0.5 m, por un concreto ciclópeo, dicha capa de mejoramiento ayuda a redistribuir las presiones en el suelo de fundación.

El terreno de cimentación de la estructura debe estar libre de vegetación, tierra orgánica, materiales de desecho de construcción.

	<p style="text-align: center;">CONTRATO 0130/2017</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 - PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER</p>	
	<p style="text-align: center;">ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU</p>	

12. BIBLIOGRAFIA

Principios de ingeniería de cimentaciones, cuarta edición, Braja M. Das

Comportamiento de pilotes en rocas blandas, Jorge Alberto Rodríguez, II CIERB, 2016

Drilled charts, construction procedures and design methods, Michael W. O'Neil and Lymon C. Reese, 1999.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10.

Norma Colombiana de Diseño de Puentes-LRFD-CCP-14.

Precisiones para el empleo del método del módulo de balasto en edificación, Manuel J. Freire Tellado. 1999.

Muros de Contención de Suelo Reforzado con cintas metálicas y geosintéticos, Diseños y problemas de aplicación, Luciano Rivera Caicedo.

Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT Álvaro González, 1999



**Gobernación
de Norte de
Santander**
SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA

CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER



ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL
PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO



**Gobernación
de Norte de
Santander**
SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA

CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER



ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL
PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU

ANEXO B: PERFILES ESTRATIGRAFICOS



**Gobernación
de Norte de
Santander**
SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA

CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER



ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL
PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU

ANEXO C: MEMORIAS DE CALCULO



**Gobernación
de Norte de
Santander**
SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA

CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER



ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL
PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU

ANEXO D: PLANOS



**Gobernación
de Norte de
Santander**
SECRETARÍA DE
INFRAESTRUCTURA

CONTRATO 0130/2017
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAZADO
ASTILLEROS TIBÚ TRAMOS PR 31+000 - PR 41+000 Y PR 48+000 -
PR 50+000 VIA ASTILLEROS - TIBÚ, CORREDOR VIAL DE LA PAZ,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

P&D
CONSULTORES

ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA EL PUENTE LOCALIZADO EN EL
PR 39+400 QUEBRADA EL SALADO, EN LA VIA ASTILLEROS - TIBU

**ANEXO E: (REMITIRSE AL INFORME DE
EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MEDIANTE
REFRACCIÓN SÍSMICA EN EL CORREDOR VIAL
ASTILLEROS TIBU)**