



DISEÑOS FASE III DE LA DOBLE CALZADA VILLAVICENCIO – CUIDAD PORFIA

ESTUDIO DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA
DIS_VCP001GLIN-001

Bogotá D.C. Octubre 2014



Consultoría Colombiana S.A.



CONSEJO PROFESIONAL
DE GEOLOGIA

MATRICULA PROFESIONAL 2545

OMAR YECID

LEIVA SUAREZ

C.C. 13.925.141 MALAGA

Sangre O Rh +



REPUBLICA DE COLOMBIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería
y Arquitectura



MATRICULA No. 2520275140CND
INGENIERO CIVIL
DE FECHA 1998-12-17
APELLIDOS
BEDOYA MARTINEZ
NOMBRES
MONICA FERNANDA
C.C. 52.084.918
UNIV. NACIONAL DE COLOMBIA

Auto Botaman

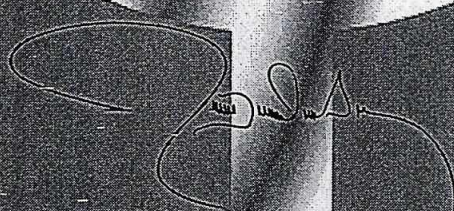


REPÚBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA

1. Que BEDOYA MARTINEZ, MONICA FERNANDA con Cédula de Ciudadanía N° 52084918, se encuentra inscrito (a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, como INGENIERO CIVIL, con Matrícula Profesional No. 25202-75140 CND desde el (los) diecisiete (17) día(s) del mes de diciembre del año mil novecientos noventa y ocho (1998).
2. Que la Matrícula Profesional es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que la referida Matrícula Profesional se encuentra vigente, por lo cual el profesional certificado actualmente NO está impedido para ejercer la profesión.
4. Que el profesional NO tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación tiene una validez de seis (6) meses y se expide en Bogotá, D.C., a los siete (7) día(s) del mes de abril del año dos mil quince (2015).


RUBÉN DARÍO OCHOA ARBELÁEZ

Firma del Titular (*)

(*) Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas, la falta de firma del titular no invalida el Certificado.

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma mecánica (Artículo 12, Decreto 2150 de 1995) y con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web: www.copnia.gov.co, digitando el siguiente número de certificado: 19524653 y el código de verificación: 168455N2

REPUBLICA DE COLOMBIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería
y Arquitectura



Matrícula No. 2528220881CND

Ingeniero CIVIL

Apellidos

Espejo Molano

Nombres

Jairo Alberto

C.C. 19355 PB2

UNIVERSIDAD

Nacional de Colombia

[Handwritten Signature]
Presidente del Consejo



REPÚBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA

1. Que ESPEJO MOLANO JAIRO ALBERTO con Cédula de Ciudadanía N° 19355082, se encuentra inscrito (a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, como INGENIERO CIVIL con Matrícula Profesional No. 25202-20801 CND desde el (los) veinte (20) día(s) del mes de marzo del año mil novecientos ochenta y seis (1986).
2. Que la Matrícula Profesional es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que la referida Matrícula Profesional se encuentra vigente, por lo cual el profesional certificado actualmente NO está impedido para ejercer la profesión.
4. Que el profesional NO tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación tiene una validez de seis (6) meses y se expide en Bogotá, D.C. a los veinticuatro (24) día(s) del mes de marzo del año dos mil quince (2015).

RUBÉN DARÍO OCHOA ARBELAIZ

Firma del Titular (*)

(*) Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado.

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma mecánica (Artículo 12, Decreto 2150 de 1995) y con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web: www.copnia.gov.co digitando el siguiente número de certificado: 19516962 y el código de verificación: KPC20451



INDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
00	Versión original	2014-10	

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Número de revisión		00
Responsable por elaboración	Nombre	Omar Leiva
Especialista de Geología	Firma	
Responsable por revisión	Nombre	Mónica Fernanda Bedoya
Director de proyecto	Firma	
Responsable por aprobación	Nombre	Jairo Alberto Espejo
Gerente de proyecto	Firma	
	Fecha	2014-10



DISEÑOS FASE III DE LA DOBLE CALZADA VILLAVICENCIO-CIUDAD PORFÍA.

VOLUMEN III. GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA DIS_VCP001GLIN-001

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVO Y ALCANCE	3
2.1 Objetivo	3
2.2 Alcance	3
3 GENERALIDADES	4
4 DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA UTILIZADA	6
5 ESTUDIO DE ANTECEDENTES	7
6 GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA REGIONAL	8
6.1 Geomorfología general	8
6.1.1 Unidad geomorfológica denudativa, relieve montañoso. UGM	10
6.1.2 Unidad geomorfológica de planicie de acumulación. UGP	11
6.2 Geología Regional	13
6.2.1 Estratigrafía y litología	13
6.2.2 Geología estructural	18
7 ESTUDIOS DE CAMPO	22
7.1 Geomorfología local Fundadores - ciudad porfía	22
7.1.1 Subunidades de la zona de Montaña	23
7.1.2 Subunidades de la zona de llanura	24
7.1.3 Morfodinamica	25
7.2 Geología local Fundadores - Ciudad Porfía	25
7.2.1 Estratigrafía y litología	26
7.2.2 Geología estructural local	30
7.3 Riesgos por Amenazas Naturales	34
7.3.1 Áreas de susceptibilidad de riesgo por remoción en masa	35
7.3.2 Áreas de susceptibilidad de riesgo por inundación	36
7.3.3 Áreas de susceptibilidad de riesgo tectónico y sísmico	36
8 ESTUDIO DE PONTEADEROS	38
8.1 Geología puente caño grande, en el trazado derecho, k2+170	38
8.1.1 Geomorfología	38
8.1.2 Unidades litológicas	39
8.2 Geología puente caño pendejo, en el trazado derecho, k3+180	39
8.2.1 Geomorfología	40
8.2.2 Unidades litológicas	40
9 FUENTES DE MATERIALES	42
9.1 Materiales utilizados	42
9.1.1 Arenas silíceas	42
9.1.2 Arenas	42



9.1.3	Gravas	42
9.1.4	Triturados	43
9.2	Proveedores de Materiales para el proyecto	43
9.2.1	MURCIA & MURCIA S.A	44
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
11	BIBLIOGRAFIA	48
12	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	49
13	LISTADO DE PLANOS	50

ANEXOS

- Anexo A. Mapa de localización del proyecto
- Anexo B. Mapas Geomorfología Local, Escala 1:5.000
- Anexo C. Mapas Geología Local, Escala 1:5.000
- Anexo D. Mapas Amenazas naturales Local, Escala 1:5.000
- Anexo E. Planos perfil geológico sitios de Puentes
- Anexo F. Mapa ubicación fuentes de materiales



DISEÑOS FASE III DE LA DOBLE CALZADA VILLAVICENCIO-CIUDAD PORFÍA.

VOLUMEN III. GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA DIS_VCP001GLIN-001

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 7.1 Valores de aceleración para la ciudad de Villavicencio NSR-10	37
Tabla 9.1 Tipos de materiales que provee Murcia y Murcia	45



DISEÑOS FASE III DE LA DOBLE CALZADA VILLAVICENCIO-CIUDAD PORFÍA.

VOLUMEN III. GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA DIS_VCP001GLIN-001

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1 Localización general del proyecto	4
Figura 6.1 Mapa de unidades geomorfológicas regionales en los alrededores de Villavicencio (elaborado sobre imagen topográfica de Google Map).	9
Figura 6.2 Aspecto de la zona montañosa al Occidente de Villavicencio.	10
Figura 6.3 Panorámica de la llanura donde se localiza la ciudad de Villavicencio.	13
Figura 6.4 Geología Regional de la zona del proyecto escala 1:100.000	15
Figura 6.5 Sección o bloque diagrama, donde se muestra el modelo geológico de la cuenca de los llanos orientales.	19
Figura 6.6 Perfil geológico de la zona del proyecto, coincide con la parte central de la ciudad de Villavicencio. (Escala vertical exagerada).	21
Figura 7.1 Muestra la geomorfología local del Proyecto Fundadores ciudad Porfía.	23
Figura 7.2 Geología local de la zona de influencia del proyecto Fundadores Ciudad Porfía	28
Figura 7.3 Aspecto de los depósitos aluviales activos o recientes del río Guatiquía, al fondo la ciudad de Villavicencio.	30
Figura 7.4 Fallas principales en la zona de Villavicencio.	33
Figura 7.5 Mapa de áreas de susceptibilidad por Amenazas geológicas naturales del área de influencia del Proyecto	34
Figura 7.6 Cauce del Caño Pendejo, donde se puede apreciar material acumulado en sus orillas, producto del último evento fluviotorrencial.	35
Figura 8.1 Características geomorfológicas del cauce del Caño Grande, aguas abajo del sitio del puente actual.	38
Figura 8.2 Perfiles geológicos del sitio de cruce, puente sobre el Caño Grande.	39
Figura 8.3 Características geomorfológicas del cauce del Caño Pendejo, aguas abajo del sitio del puente actual.	40
Figura 8.4 Perfiles geológicos del sitio de cruce, puente sobre el Caño Pendejo.	41
Figura 9.1 Ubicación geográfica de las plantas Proveedoras de materiales	43
Figura 9.2 Trituradora o mandíbula, Murcia y Murcia S.A.	45
Figura 9.3 Zaranda o criba, separador de materiales por tamaño .	46
Figura 9.4 Planta Asfáltica Murcia y Murcia S.A	46



1 INTRODUCCIÓN

La ciudad de Villavicencio representa el centro urbano más importante de los Llanos Orientales, con una población urbana estimada por el Dane de 480.366 habitantes en 2014, localizada en el Piedemonte de la Cordillera Oriental, capital del departamento del Meta, a una distancia de 86 Km al sur de Bogotá.

La explotación de hidrocarburos, la agricultura y la ganadería, constituyen los sectores económicos más importantes de la ciudad y del departamento, desarrollando un importante y agitado comercio, respaldado en el recurso financiero, que convierten a Villavicencio en el polo de desarrollo más importante de los Llanos Orientales.

En los años más recientes, Villavicencio ha alcanzado un desarrollo económico soportado en buena parte por el sector comercio, gracias a la dinámica generada por las vías de comunicación, que canalizan hacia Bogotá y el interior del país la producción de los Llanos Orientales.

Por otra parte, el departamento del Meta, ha venido incrementando de manera importante su participación en el PIB nacional, principalmente como producto del crecimiento de la producción de hidrocarburos, que representan actualmente más del 70% del PIB departamental.

Los incrementos en la producción de hidrocarburos, conjuntamente con la falta de capacidad de transporte vía oleoductos, además del sinnúmero de campos pequeños en producción, no conectados a la red de oleoductos, produce un importante impacto en el tráfico de este tipo de carga en las vías nacionales y locales del departamento, en particular en los accesos a la ciudad de Villavicencio, desde Puerto López y Granada, generando una fuerte demanda sobre una mayor capacidad de la infraestructura vial de la región.

De otro lado, el desarrollo de infraestructura en la altillanura colombiana, con un potencial gigantesco presenta un rezago más que evidente, pues por la falta de vías de penetración se desestimula la generación de la inversión. También es importante tomar en consideración, que para los próximos años se estima un incremento de la demanda mundial de alimentos, y es esta una de las regiones del país desde donde es posible atender dicha demanda.

Los diferentes aspectos referidos, hacen urgente atender la situación actual y amerita una solución de movilidad integral que permita un flujo rápido y eficiente de los productos y viajeros que salen o entran de Villavicencio, a través de los vehículos y tractocamiones provenientes de Bogotá, Granada, Puerto López y Cumaral.

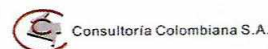
La Sociedad Concesionaria AUTOPISTAS DE LOS LLANOS, en la búsqueda de alternativas que permitieran mejorar la circulación en la vía que de Villavicencio conduce al municipio de Acacias, específicamente en el tramo Parque Fundadores – Ciudad Porfía



proyectó construir una vía que mejore el flujo del tránsito municipal y nacional por esta zona. Los mencionados diseños fueron aprobados en su momento por la ANI.

Estas obras, integradas al proyecto de APP de Anillo Vial de Villavicencio y sus accesos, actualmente en etapa de factibilidad y en aprobación por parte de la ANI, fortalecerán el desarrollo del municipio y de la región oriental del país.

El presente documento incluye la actualización de los estudios Geología para Ingeniería para la adecuación a Doble calzada entre el Municipio de Villavicencio, a la altura del Parque Fundadores y el K4+900 aproximadamente donde se encuentra el ingreso a Ciudad Porfía.



2 OBJETIVO Y ALCANCE

2.1 OBJETIVO

Definir y cartografiar las características geomorfológicas y geológicas de la zona donde se desarrollará la ingeniería para el Proyecto vial ampliación a doble calzada Intersección Fundadores - Ciudad Porfía, municipio de Villavicencio, en el departamento del Meta, identificando los sitios que pueden representar situaciones geológico geotécnicas críticas durante la construcción del proyecto.

2.2 ALCANCE

Describir la Geomorfología y la Geología general y local, para el trazado de la vía ampliación a doble calzada Intersección fundadores - Ciudad porfía Villavicencio; utilizando a modo de términos de referencia los capítulos establecidos en el Volumen III, Geología para Ingeniería. La caracterización y análisis de los sitios que representen problemas de inestabilidad o puedan generar situaciones geotécnicas complejas en el momento de la construcción del proyecto.

Proporcionar la información geológica como insumo para el diseño geotécnico de taludes, estructuras de contención y demás medidas geotécnicas.

Realizar en detalle la interpretación geológica de las zonas donde se diseñan la posible construcción de puentes de mayor longitud, presentando planos en planta y perfil con la geología.

Realizar una caracterización y localización de las unidades litológicas en cuanto a las propiedades físicas que permiten su utilización como materiales de construcción.

Entregar como resultado mapas en planta en escala apropiada, con la geomorfología y geología general que enmarca la zona del corredor.

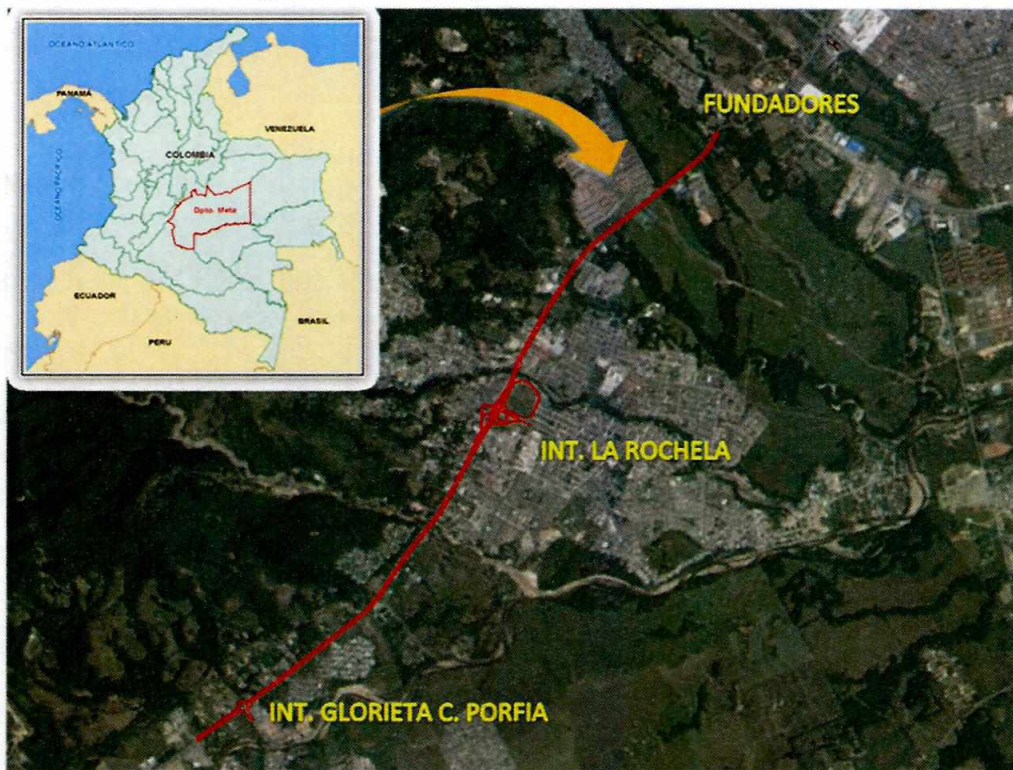
El desarrollo del trabajo para el logro de los alcances tiene en cuenta, entre otros aspectos, la información secundaria entregada por el cliente; la que se pudo obtener de otras instituciones y la producida por Servicio Geológico Nacional, antiguo Ingeominas; que se entiende como oficial.

3 GENERALIDADES

El corredor vial Villavicencio – Ciudad Porfía, hace parte integral del proyecto Villavicencio – Granada, e inicia su recorrido cerca de la intersección de Fundadores donde la actual vía se bifurca para separar los vehículos que vienen de Villavicencio hacia Acacias de aquellos que hacen el recorrido opuesto hacia Villavicencio. El trazado diseñado hace parte de la ruta nacional 65 que actualmente funciona en calzada sencilla bidireccional y que presenta dificultades de movilidad debido a su vecindad con la zona urbana de la ciudad de Villavicencio. El proyecto definitivo establecido por el POT de Villavicencio contempla un perfil vial V-60, sin embargo, en esta primera etapa del proyecto se construirá un ancho vial tipo V-36.

La vía desarrollada en este estudio, inicia en el K0+000 (Calzada derecha) en las coordenadas 947.287,31 Norte, 1.047.798,89 Este, con elevación de 448,51 m.s.n.m y termina en las abscisa K5+097.42 (Calzada derecha) en las coordenadas 943.673,23 Norte, 1.044.913,91 Este, con elevación de 438,15 m.s.n.m. Corresponde a un diseño en doble calzada con tres carriles por sentido y separador central de ancho mínimo de entre dos y tres metros. En la siguiente figura se presenta el trazado proyectado.

Figura 3.1 Localización general del proyecto



Fuente: Concol 2014



El proyecto discurre sobre terreno plano y a lo largo del mismo, se identifican los siguientes de especial interés que condicionan el trazado, los cuales se describen a continuación:

Sector K0+000 – K0+270 Eje Derecho: Este tramo corresponde al acceso y salida desde y hacia el municipio de Villavicencio, en la actualidad la vía corresponde a una doble calzada, con un ancho de 8.0 m por calzada para dos carriles de 3.5 y berma de 1.0 m.

Con el objeto de garantizar una transición adecuada desde el proyecto de la V-36 a la doble calzada existente, el proyecto contempla la ampliación de la existente a tres carriles por sentido para un total de 10.5m por calzada, conservando las condiciones de separador y complementado con los andenes proyectados.

Cruce Caño Grande (K1+900 Der) y Caño Pendejo (K2+915 Der): Sobre este sitio se localizarán los nuevos puentes para cada una de las calzadas proyectas. La definición en la sección para los nuevos puentes proyectados, respeta los anchos de calzadas del proyecto pero reduce el ancho del separador tanto central como lateral, obedeciendo a condiciones que favorecen los elementos estructurales del puente y presenta desde el punto de vista económico beneficios para el valor del proyecto.

Intersección de La Rochela (K2+140 Der): Corresponde al sitio donde se proyectó una intersección a desnivel que cumple con todos los giros requeridos para salir y acceder a la zona urbana del mismo nombre. Lo anterior contribuirá con el mejoramiento sustancial de la movilidad en dicho sector del trazado.

Intersección Ciudad Porfía (K4+451 Der): Sobre este punto casi al final del tramo, se proyecta una intersección a nivel tipo glorieta que garantiza la adecuada incorporación de los usuarios que salen o acceden a la zona urbana del mismo nombre.

De manera general, el corredor vial transcurre sobre una zona de alta presencia residencial y comercial, esto hace que las características de vía sean de tipo urbana, por lo que se hizo necesario orientar los estudios y diseños a conservar el acceso y la utilización de la vía sin traumatizar o anular las condiciones urbanas existentes. Con base en lo anterior, se desarrollaron diseños detallados que cumplen en rigor con los estudios de ingeniería y con un importante componente urbano, que involucran implantación de andenes, ciclorutas, puentes peatonales y soluciones de accesibilidad a los predios existentes en el sector.

En el Anexo A se encuentra el esquema general de la localización del proyecto.



4 DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA UTILIZADA

Para este estudio se realiza un análisis de la información existente con relación a la geología y la geomorfología acudiendo a fuentes como: Geología de la Plancha 266, Villavicencio, Ingeominas 1998; Aspectos más Relevantes de la Geomorfología y Geología del Piedemonte Llanero de Colombia, Ingeominas, 2004; Integración de la cartografía geológica de los Llanos Orientales: departamento del Meta y sector suroccidental del departamento del Casanare, planchas 248, 249, 250, 251, 252, 267, 268, 269, 270, 271, escala 1:100.000, Ingeominas, 2010; Mapa Geológico departamento del Meta, Gobernación departamento del Meta, 2001; Mapa Geomorfología departamento del Meta, Gobernación departamento del Meta, 2001; Mapa Geológico del Departamento del Meta, memoria explicativa, Ingeominas, 2001.

La información primaria se obtiene mediante el adelanto de jornadas de trabajo de campo, con levantamiento puntual de la información, tanto de la zona donde se encuentra el trazado de los diferentes componentes del proyecto, como de las zonas aledañas para abarcar la contextualización geomorfológica y geológica, en especial los sitios con potencialidad de desarrollo de procesos morfodinámicos.

Para la identificación de las unidades geológicas del subsuelo, con el fin de elaborar los perfiles geológicos del trazado de algunos componentes se realizan en lo posible trabajos de apiques y los sondeos mecánicos con recuperación de núcleos

Finalmente, mediante el procesamiento de la totalidad de la información, tanto secundaria como primaria, se realizarán los mapas de la geomorfología y geología que enmarca la zona del proyecto en escalas que sean acorde con el nivel de detalle del proyecto.



5 ESTUDIO DE ANTECEDENTES

Los incrementos en la producción de hidrocarburos, conjuntamente con la falta de capacidad de transporte vía oleoductos, además del sinnúmero de campos pequeños en producción, no conectados a la red de oleoductos, produce un importante impacto en el tráfico de este tipo de carga en las vías nacionales y locales del departamento, en particular en los accesos a la ciudad de Villavicencio, desde Puerto López y Granada, generando una fuerte demanda sobre una mayor capacidad de la infraestructura vial de la región.

Los diferentes aspectos referidos, hacen urgente atender la situación actual y amerita una solución de movilidad integral que permita un flujo rápido y eficiente de los productos y viajeros que salen o entran de Villavicencio, a través de los vehículos y tractocamiones provenientes de Bogotá, Granada, Puerto López y Cumaral.

Según el análisis de los documentos existentes los cuales reflejan las necesidades a nivel regional y nacional que motivaron la decisión del Estado a la ejecución de los Estudios y diseños del Proyecto vial ampliación a doble calzada Intersección fundadores - Ciudad porfía principales autores que han participado en el pasado y de los que se tiene conocimiento son el Ministerio de Obras Públicas (hoy Instituto Nacional de Vías).

La Sociedad Concesionaria CARRETERAS NACIONALES DEL META, en la búsqueda de alternativas que permitieran mejorar la circulación en la vía que de Villavicencio conduce al municipio de Acacias, específicamente en el tramo Parque Fundadores – Ciudad Porfía proyectó construir una vía que mejore el flujo del tránsito municipal y nacional por esta zona, la cual fue en su momento revisada y aprobada por la ANI.

El presente documento corresponde a una actualización de los diseños entregados en su momento por el Concesionario Autopista de los llanos para la doble Calzada Villavicencio-Ciudad Porfía.

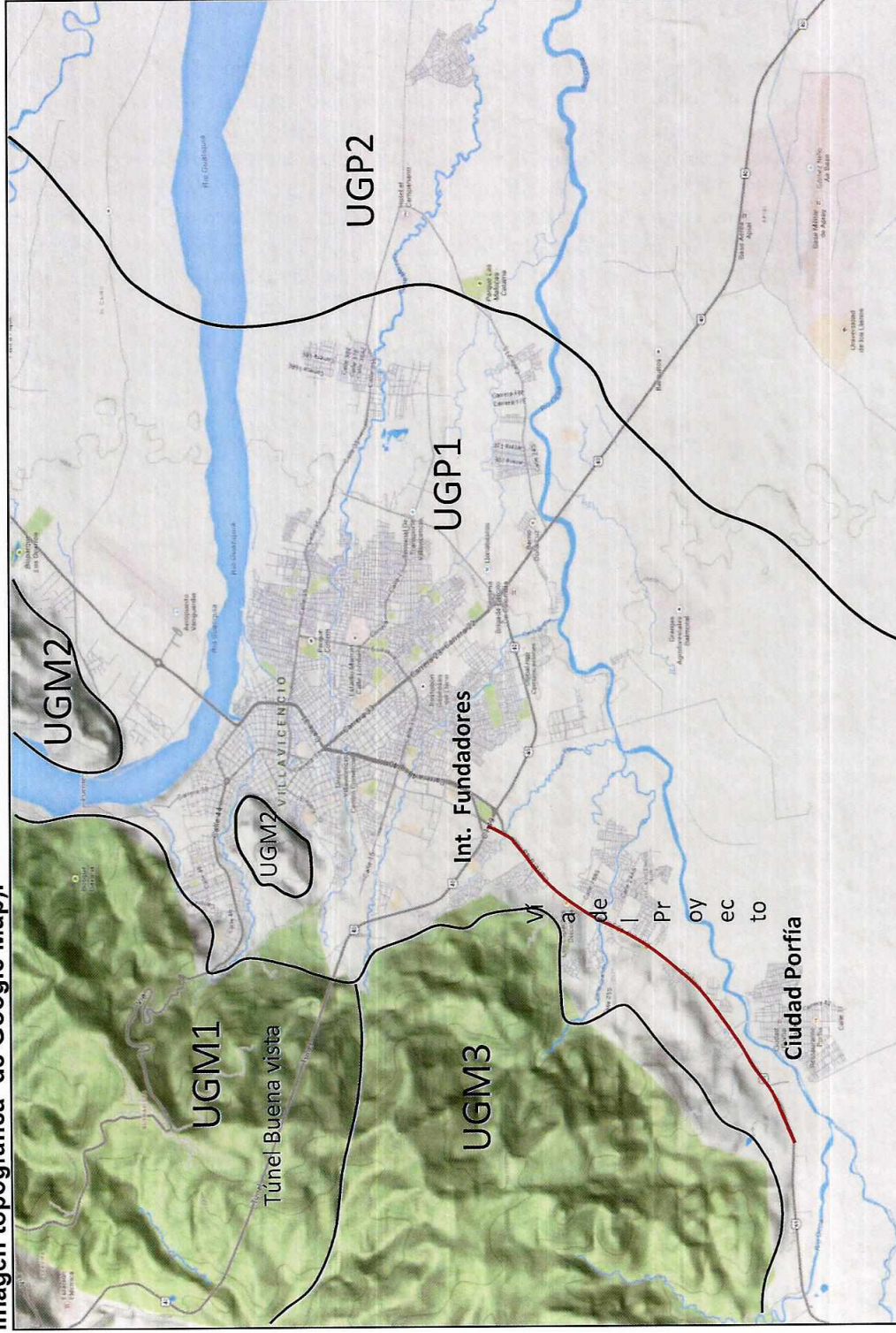


6 GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA REGIONAL

6.1 GEOMORFOLOGIA GENERAL

El área dentro de la cual se encuentra el Proyecto de la ampliación a doble calzada Batallón séptima Brigada -Río Ocoa, Villavicencio, se encuentra en la cuenca sedimentaria activa de los Llanos Orientales, muy cerca del límite con el cinturón montañoso altamente deformado, el cual se ve involucrado en el análisis geomorfológico. En el presente documento la geomorfología local incluye los dos paisajes correspondientes a la zona montañosa y la zona de llanura, demarcados cada uno como Unidad Geomorfológica de relieve montañoso denudativo simbolizado como UGM y Unidad Geomorfológica de planicie de acumulación simbolizada como UGP (Ver Figura 6.1)

Figura 6.1 Mapa de unidades geomorfológicas regionales en los alrededores de Villavicencio (elaborado sobre imagen topográfica de Google Map).



Fuente: Concol 2014

6.1.1 Unidad geomorfológica denudativa, relieve montañoso. UGM

Comprende la zona montañosa que al occidente bordea el área que involucra el Proyecto cuyo modelado se encuentra condicionado principalmente por el sistema estructural y en menor grado por una litología integrada por rocas metamórficas y sedimentarias. En la zona las laderas son cóncavas, irregulares y terminan en topes afilados alargados, lo que obedece a fuertes procesos de incisión, en concordancia con el tectónismo que gobierna la región, (ver Figura 6.2). Es posible diferenciar bloques de montañas como subpaisajes, delimitados por depresiones del terreno que concuerdan con expresiones morfológicas de control estructural.

Figura 6.2 Aspecto de la zona montañosa al Occidente de Villavicencio.



Fuente: Concol 2012

Hacia la proximidad con la zona de llanura, los topes más afilados son controlados por una litología de areniscas cuarzosas friables que se asignan al Grupo Palmichal, las cuales presentan bajas alturas, mientras que los más distantes, de mayor altura, concuerdan con rocas metamórficas, como filitas y areniscas de alta resistencia que se asocian con el Grupo Quetame. La zona en su totalidad está intercalada por laderas escarpadas que se interpretan como rasgos morfológicos asociados a fallas. El sistema de drenaje es subangular y vierte a la cuenca del río Guatiquía.

Los bloques montañosos insinúan paisajes diferentes, encontrándose el de la parte central (UGM1) demarcado al noroccidente del río Guatiquía, al sur por un lineamiento estructural y al oriente por la llanura del piedemonte llanero. En este, el tope afilado tiene una dirección N-W y la ladera que vierte al oriente, en dirección al Proyecto, conforma un sistema de drenaje semiradial que entrega a la cuenca del río Guatiquía.



El Bloque Norte (UGM2) también posee un lomo afilado o divisoria de aguas con la misma dirección del anterior pero independiente de este; aquí las alturas son más bajas concordando con un control ejercido por una litología de resistencia más baja. El sistema de drenaje en la ladera occidental entrega al río Guatiquía, mientras la del oriente lo hace a la llanura, que de todas maneras hace parte de la cuenca de este mismo río. Un bloque independiente separado del principal por un depósito en abanico con pendientes suaves, lo constituye el cerro denominado Cristo Rey. Las laderas son muy irregulares, presentando una cara un poco escarpada hacia occidente y pendientes intermedias y suaves hacia el oriente. Bien podría interpretarse dentro de la evolución geomorfológica que este depósito selló un canal labrado por un drenaje de gran envergadura que bien pudo ser el mismo río Guatiquía que encontró salida al cortar la montaña en el lugar donde se encuentra actualmente.

Finalmente se distingue el Bloque Sur (UGM3), que cuenta con delimitaciones estructurales; separado del bloque central por un lineamiento estructural representativo del sistema de orientación aproximada EW de rasgos morfológicos notables. En este no se encuentra una dirección preferencial de los lomos afilados, coincidiendo con un sistema de drenaje semiconcéntrico con densidad intermedia. Las alturas, casi del mismo nivel del sector intermedio y las geoformas en general denotan un control ejercido por rocas competentes.

6.1.2 Unidad geomorfológica de planicie de acumulación. UGP

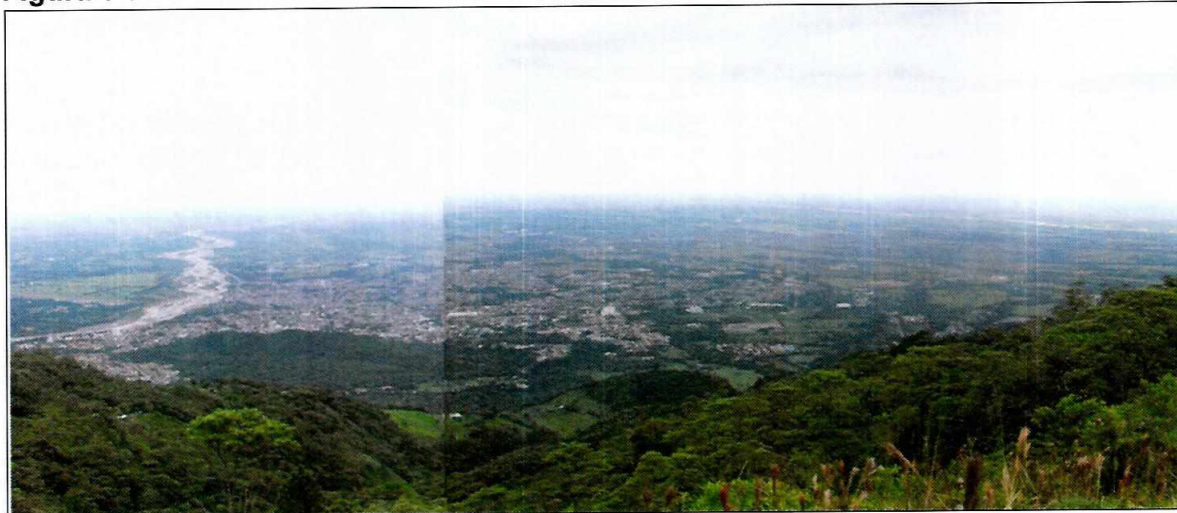
Esta unidad está conformada por las pendientes suaves a muy suaves casi planas que marcan el inicio de la gran llanura oriental de Colombia, donde se localiza el Proyecto en su totalidad. La zona de interés inicia con una pendiente perceptible hacia el oriente, que se suaviza poco a poco hacia el lugar donde finaliza la zona poblada de la ciudad de Villavicencio. Las geoformas con mayor pendiente corresponden a abanicos de acumulación de los sedimentos provenientes de la cordillera que se simbolizan como UGP1 (ver



Figura 6.3) y aquellas de pendiente casi plana que inicia cerca del final del casco urbano de Villavicencio son controladas por grandes depósitos aluviales y se simbolizan como UGP2.

El sistema de drenaje proveniente de la cordillera representado principalmente por los caños Buque, Maizaro y Parrado, adquiere un patrón de forma aproximadamente distributiva. En la parte inicial del abanico, la incisión es algo profunda, generando laderas de hasta 30 m de profundidad, la que se reduce en la medida que se avanza hacia la zona más plana.

Figura 6.3 Panorámica de la llanura donde se localiza la ciudad de Villavicencio.



Fuente: Concol 2012

6.2 GEOLOGIA REGIONAL

La geología de la región que enmarca la zona de interés del proyecto se extrajo principalmente de información secundaria, en su mayor parte de trabajos realizados por el Servicio Geológico Colombiano. Aquí se describen las unidades litológicas y las estructuras que se encuentran dentro de una zona con la amplitud necesaria para contextualizar el modelo geológico dentro del cual se encuentra el proyecto de doble calzada municipio de Villavicencio y intersección Fundadores- Ciudad Porfía , (ver Figura 6.4)

6.2.1 Estratigrafía y litología

Las unidades litológicas descritas son las que se encuentran en el piedemonte llanero desde la zona montañosa hasta la llanura, en la zona más próxima al proyecto del Anillo Vial de Villavicencio y Accesos a la Ciudad. En esta zona afloran rocas con edades que van desde el Paleozoico Inferior, hasta el Cuaternario. Las unidades más antiguas afloran en la zona montañosa. La zona de llanura está integrada por rocas desde el Terciario al Cuaternario.

6.2.1.1 Grupo Quetame

En este Grupo se aglutinan las rocas metamórficas que afloran entre la localidad de Guayabetal y el sur del río Guamal. Aunque no hay consenso en cuanto a la edad, la mayoría de autores lo asignan al Precámbrico – Paleozoico inferior.

Este grupo es considerado como de bajo grado de metamorfismo, a partir de una secuencia sedimentaria, donde no ha sido posible establecer las relaciones estratigráficas del protolito. Se propuso la secuencia de la siguiente forma: Cuarcitas y Filitas de San Cristóbal (PEqsc), Filitas del Río Guamal (PEqrg), Filitas y Cuarcitas de Guayabetal



(PEqgu), y, por último, los metaconglomerados y Filitas de Susumuco (PEqsu). La zona de estudio se encuentra más próxima a las Filitas y Cuarcitas de Guayabetal.

6.2.1.2 Filitas y cuarcitas de Guayabetal (PCqgu)

Toman su nombre de la población de Guayabetal y tienen su mejor exposición en las quebradas Chirajara y Guayabetal y en la loma Jabonera. Están constituidas por cuarcitas de grano fino, de color gris azulado y filitas verdosas, micáceas de textura lepidoblástica, con moscovita, biotita, circón, apatito y turmalina. Esta asociación mineralógica ha permitido ubicar este conjunto de unos 2.000 m de espesor, dentro de la facies esquistos verdes. En los alrededores de Villavicencio, hacia las cabeceras de los caños Parrado y Grande, afloran cuarcitas de grano medio a fino de color gris azulado y filitas verdosas.

En el área de estudio estas se observan en el sector de Caño Parrado (noreste de Villavicencio). La unidad está constituida por filitas micáceas y metaarenitas sericiticas.

6.2.1.3 Formación Brechas de Buenavista (Jsb)

El nombre de esta unidad, fue propuesto por Renzoni (1968), para designar una secuencia de brechas y conglomerados como resultado de avalanchas de detritos y lodo depositadas en un ambiente transicional o continental cercano al mar o marino somero, que no presentan una extensión lateral importante.

La secuencia aflora hacia la parte norte de Villavicencio y conforma una franja de dirección Sur – Noreste, de aproximadamente 20 km de longitud con rasgos topográficos sobresalientes. Las mejores exposiciones se observan en las quebradas La Argentina y Grande y Cuchilla de Buenavista.

Litológicamente está constituida por fragmentos y bloques angulosos a subredondeados de filitas, cuarcitas, areniscas, calizas y cuarzo lechoso, englobados caóticamente en una matriz areno arcillosa. El tamaño de los guijos y cantos varía de algunos milímetros hasta diámetros superiores al metro. El espesor total de la unidad se considera variable, se estima de 110 a menos de 80 m.

6.2.1.4 Grupo Cáqueza (Klim, Kic)

Nombre asignado por Hubach (1967) en Pulido et al (1998), para la sucesión lutítica que aflora al este de la Sabana de Bogotá entre los municipios de Cáqueza y Puente Quetame y que yace en forma discordante sobre rocas Paleozoicas del Macizo de Quetame.

Este Grupo está conformado en su base por una secuencia de conglomerados de cantos heterométricos y polimícticos, compuestos de sedimentitas, esquistos, pizarras y cuarzo, en matriz arenosa con cemento silíceo o calcáreo. Son muy frecuentes las intercalaciones de capas de calizas oscuras y lutitas negras en esta sucesión. La parte superior está conformada por una secuencia de arenitas de cuarzo, de colores grises y amarillos, estratificadas, en capas con espesores medios (entre 5 y 10 m) a gruesas (más de 10 m de espesor). Hacia la parte media son comunes las intercalaciones de lutitas.

Los espesores del Grupo Cáqueza son muy variables, aún más cuando existen cambios faciales rápidos. El conjunto clástico inferior varía entre 350 m a 850 m de espesor, el conjunto lutítico intermedio puede alcanzar los 3.000 m, la parte superior arenosa varía entre 250 m a 900 m. La edad del Grupo Cáqueza ha sido considerada desde el Jurásico Superior al Cretácico Inferior -desde el Titoniano al Hauteriviano-, con base en la fauna de amonites allí encontrada (Ulloa et al op. cit).

6.2.1.5 Formación Chipaque (Ksc)

La referencia original corresponde a Hubach (1945), para referir una sucesión de lutitas entre las que se encuentran bancos de calizas, arenisca y caliza arenosa. Posteriormente fue redefinida por Renzoni (1965), quien considera su techo hasta la base de la Arenisca Dura. En la Plancha 266, Villavicencio (Ingeominas) se describe en el sentido de Renzoni (1965). En el área de esta plancha fue reconocida parcialmente al noreste de Villavicencio, donde pequeños afloramientos muestran arcillolitas de color gris oscuro intercaladas con algunas arenitas de cuarzo. En el sector de La Unión y hacia la Vereda de Manzanares, la unidad muestra un dominio lodolítico de color gris oscuro, generalmente laminar, con intercalaciones de algunos niveles fosilíferos y de arenitas de cuarzo. En algunas quebradas se observaron rodados de caliza que se atribuyen a esta formación. Petrográficamente se clasifica como una limolita laminar, ligeramente arenosa, que incluye láminas de materia orgánica y de limonita.

La formación descansa, en contacto concordante, sobre la Formación Une e infrayace de igual forma al Grupo Palmichal. El espesor de esta unidad, con base en cortes geológicos, se ha calculado aproximadamente en 500 m.

6.2.1.6 Formación Lutitas de Macanal (Klim)

El grupo Cáqueza, en el área más cercana a la zona del Proyecto está representado por la Formación Lutitas de Macanal. Aflora en forma de una faja de dirección Noreste – Sureste, limitada al Norte por la Falla de Servita, al suroeste por la Falla El Engaño, al sur por la Falla El Mirador. En general conforma una serie de pliegues anticlinales y sinclinales observables desde el río Guayuriba y pasa por la vereda Samaria. Entre estas estructuras cabe mencionar los sinclinales de Servita y Samaria.

Litológicamente consta, en su parte inferior, de una secuencia de aproximadamente 200 m que corresponden a lodolitas negras en bancos de 15 m de espesor, con intercalaciones de conglomerados subredondeados a angulosos en capas de hasta de 6 m. Estos niveles conglomeráticos decrecen hacia la parte alta, donde gradan a arenitas líticas, algunas de ellas ligeramente calcáreas. Las características petrográficas de las Lutitas de Macanal permiten pensar que el tipo de depósito era de carácter erosivo, con aporte metamórfico proveniente del grupo Quetame y de una fuente ígnea intrusiva cercana.

6.2.1.7 Grupo Palmichal (Kpgp)

Este Grupo corresponde a una sucesión de arenitas y conglomerados finos con intercalaciones de Lutitas, que afloran en la quebrada Palmichal. Sus principales

afloramientos se encuentran en la Vereda Loma del Pañuelo, cerca a la salida del río Guayuriba a las llanuras orientales.

Consta de una serie de areniscas cuarzosas, de grano medio, grueso a conglomerático, de color blanco amarillento, relativamente friables, en capas hasta de 3 metros de espesor, con intercalaciones de arcillolitas grises, hacia su parte media y superior. En las areniscas se observa estratificación cruzada paralela, impregnaciones de asfaltita.

Con base en algunos perfiles geológicos, se ha estimado de un espesor cercano a los 600 m. De acuerdo con sus características geológicas se puede decir que esta unidad se depositó en un ambiente marino cercano a la playa. Pulido (1980) reporta para esta unidad, mediante análisis palinológico de una muestra colectada en el sitio La Rebeca, entre San Juan de Arama y el río Güejar, una edad Campaniano – Maestrihiano.

6.2.1.8 Formación La Corneta (TQcl)

Nombre propuesto por Ulloa & Rodríguez (1976), para representar una serie de gravas interestratificadas con limolitas que afloran sobre la quebrada La Corneta, cerca a la localidad de Nazaret. En el área de la Plancha 266 Villavicencio se observa conglomerados que incluyen desde bloques hasta guijos de cuarcita, arenita y lodolita en una matriz arenosa gruesa, de color amarillento, que afloran sobre la carretera Villavicencio - Río Ocoa y en el sector de la Vereda Orottoy, las cuales originan una morfología de pequeñas elevaciones que sobresalen al resto de terrazas, que conforman la parte de llanura, y se han considerado como pertenecientes a esta unidad. Se estima un espesor aproximado de 50 m. infrayace los niveles de terrazas (Qt). La Falla de Colepato pone a esta unidad en contacto con las formaciones Chipaque y Une. Ulloa et al. (1988) suponen una edad para esta unidad como del Plioceno-Pleistoceno, con base en suposición estratigráfica.

6.2.1.9 Depósitos Cuaternarios (Qt, Qd, Qal)

En la región se reconocen terrazas (Qt) que conforman, en general, la parte de sabana de los Llanos Orientales. Algunas terrazas altas de poca extensión se ubican en algunos ríos y quebradas. De estas se puede mencionar la que conforma la parte suavemente inclinada de los alrededores de Villavicencio, donde se observa guijos y gravas de rocas sedimentarias y metamórficas, producto de la degradación de las unidades geológicas que conforman el Borde Llanero.

Depósitos de derrubio (Qd) se desarrollan sobre las laderas y piedemonte y son el producto de acumulaciones por gravedad de cantos de roca de diferentes tamaños. Son de poca extensión y sobresalen los depósitos al oeste de Acacías.

Por último, los depósitos aluviales (Qal) están restringidos a los cauces de ríos y quebradas; son notorios los de los ríos Guatiquía, Guayuriba, Acacías y Guamal. Goosen (1964) realizó un estudio geomorfológico detallado de la región de piedemonte y de sabanas de los Llanos Orientales, y determina tres tipos de sedimentos, correspondientes a abanicos aluviales subcrecientes, terrazas aluviales en varios niveles y aluviones recientes.



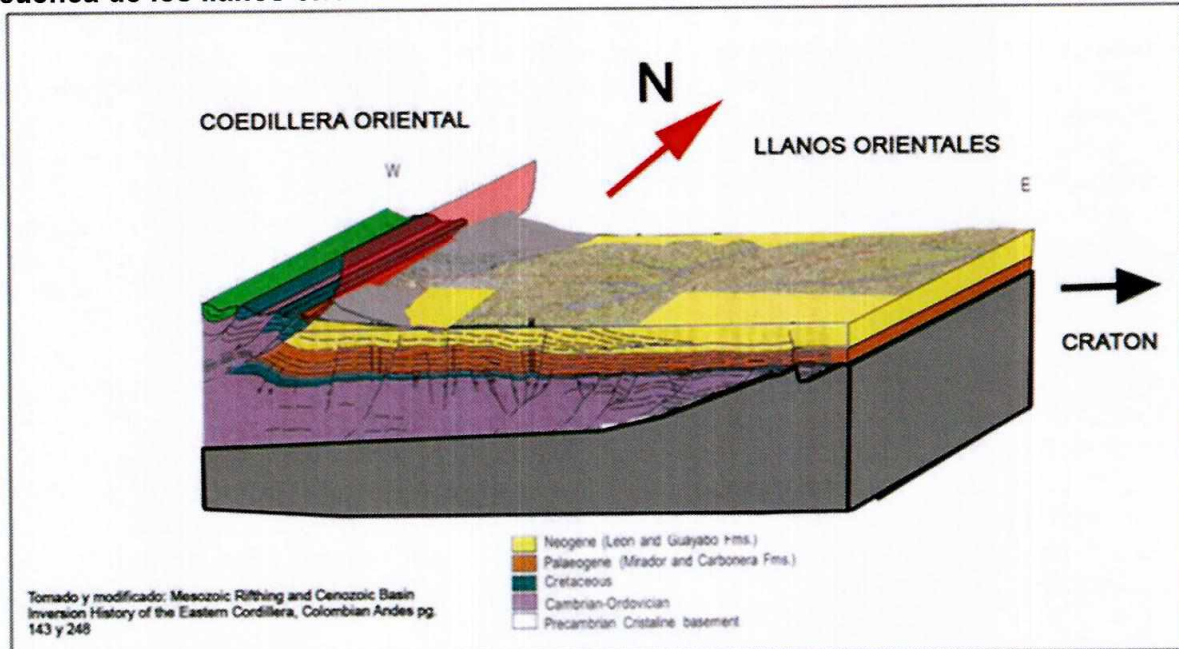
6.2.2 Geología estructural

El flanco oriental de la Cordillera Oriental, se encuentra fuertemente afectado por una tectónica regional, en la que cobran mayor importancia los esfuerzos compresionales que inciden en la deformación de las rocas sedimentarias, siendo fácilmente cartografiables numerosos pliegues y fallas. Los sistemas de fallas más destacados que afectan todo tipo de rocas presentan una dirección preferente SW-NE. Los grandes esfuerzos que construyeron y deformaron la cordillera, en la actualidad controlan la actividad de las fallas de la zona, cuyos movimientos episódicos originan sismos de variada magnitud, que conforman diferentes fuentes sismogénicas, cuya amenaza fluctúa de moderada a alta, en especial hacia el frente montañoso de la cordillera, llegando su influencia hasta el piedemonte quedando involucrada la misma ciudad de Villavicencio.

La zona de estudio se localiza tectónicamente al occidente de la placa Suramericana. Dentro de la zona occidental de la cuenca de los llanos orientales, limitada al este por el cratón o Escudo de Guyana, al sur – oeste por el Alto del Vaupés y la Serranía de la Macarena, al Oeste la cordillera Oriental y hacia el norte se encuentra separada de la cuenca de Barinas por el arco de Santa Bárbara. Este último junto con el alto del Vaupés y el alto del Baúl forman parte de las paleo-estructuras que existen en los llanos orientales de Colombia y Venezuela.

Esta área se encuentra afectada en la actualidad por las fuerzas compresionales que se generan entre la cordillera oriental y el cratón. Las diferentes líneas sísmicas que se han realizado para la exploración de hidrocarburos sugieren la existencia de fallas casi verticales de tipo normal con convergencia al este, la cuales podrían estar afectando los sedimentos del Paleozoico de manera severa y de manera parcial a los sedimentos del Oligoceno y Mioceno. La Figura 6.5 muestra el modelo Geológico de los Llanos Orientales.

Figura 6.5 Sección o bloque diagrama, donde se muestra el modelo geológico de la cuenca de los llanos orientales.



Fuente: Concol 2014

Dentro de las principales fallas y plegamientos del borde cordillerano se encuentran los siguientes:

6.2.2.1 Falla de Servitá

Corresponde a una fractura de dirección NE, que cuenta con una zona de falla ancha (200 m), con un ángulo relativamente alto e inclinación hacia el Oriente. Pone en contacto rocas del Paleozoico (Devónicas) con rocas Cretácicas. Continúa su trazo hacia el Norte internándose en el Departamento de Boyacá.

Cerca al municipio de Restrepo, la zona de falla presenta una alta milonitización y trituración de la roca, que asociado a la gravedad produce continuos deslizamientos de masa rocosa especialmente hacia el cauce del Río Upín. Estos materiales al ser transportados corriente abajo, han ocasionado una considerable depositación en el cauce, con la consiguiente elevación en el nivel de base del río, creando una gran amenaza de inundación hacia las comunidades asentadas en sus riberas, e incluso para la zona urbana del mismo municipio.

6.2.2.2 Falla El Mirador

Es una falla de dirección NE, de cabalgamiento, de ángulo relativamente bajo, que buza al Oeste. Pone en contacto la secuencia metamórfica de Quetame con las Lutitas de Macanal, también afecta las rocas del Cretácico y del Jurásico Superior. La zona de falla en el sitio El Mirador, a un kilómetro al noroeste de Villavicencio presenta una extensión mayor a los 200 m, con un alto cizallamiento de la roca, lo que trae como consecuencia,



en épocas de intenso invierno, continuos deslizamientos y alteraciones de la banca de la antigua carretera que conduce a Bogotá. En la construcción del Túnel de Buenavista esta falla representó un obstáculo debido a la fuerte milonitización y la asociación con las fallas del Borde Llanero, que también afecta a las unidades denominadas Areniscas de Cáqueza, Lutitas de Macanal, Brechas de Buenavista y metamorfitas de Quetame.

6.2.2.3 Falla Susumuco – El Buque

Esta Falla presenta una dirección general N15W, aunque en el caño Buque toma un rumbo E-W. Su longitud es mayor a los 25 km. Esta Falla tiene un desplazamiento lateral dextral afectando a las estructuras del sector. Se debe tener en cuenta el alto trituramiento que produce este sistema de fallas sobre las rocas que atraviesa, lo cual puede tener implicaciones sobre la estabilidad de los taludes en la construcción de obras civiles, debido principalmente a que las fallas de Colepato, El Mirador y El Buque afectan zonas de influencia directa del Proyecto.

6.2.2.4 Falla de Gaicaramo

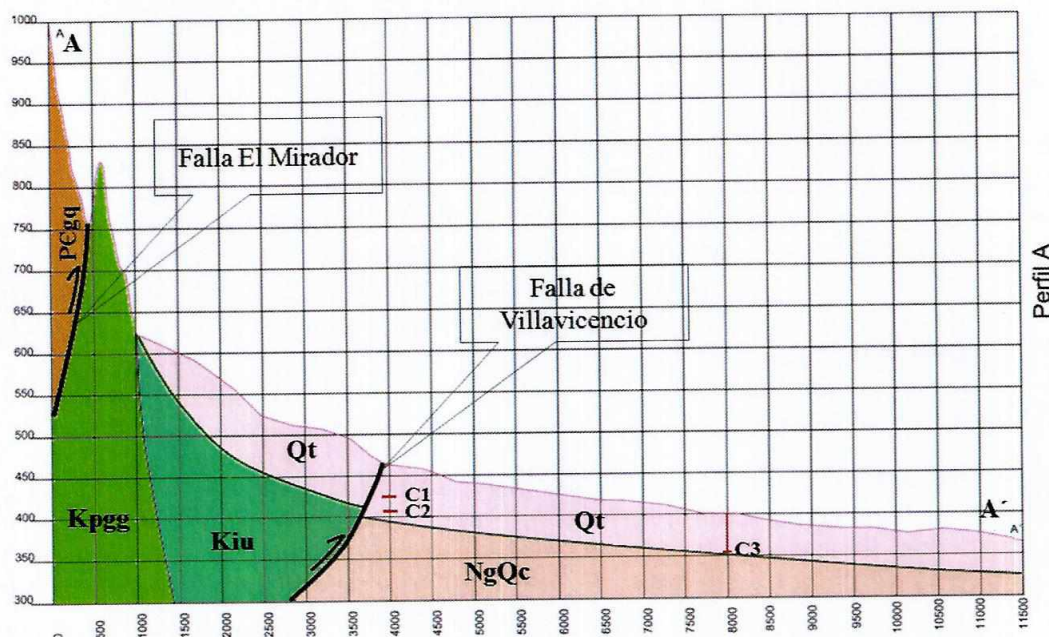
Es una de las Fallas más importantes de Colombia y se conoce como una de las mayores estructuras de cabalgamiento del borde llanero. Proveniente del departamento del Huila un trazo rectilíneo se asocia con otras fallas hacia el sur conformando un conjunto que se conoce como “cola de caballo” (Velandia, P., et al. 2001); hacia el nororiente se conecta con la Falla Altamira para unirse con las fallas del Frente Andino y conformar el sistema de fallas de Guaicáramo. En el Meta se le ha cartografiado como Falla de Algeciras y pone en contacto las unidades litoestratigráficas del Macizo de Garzón con las del Macizo de Quetame. Presenta una gran continuidad regional que incluso lleva su trazo hasta la República de Venezuela. Es una falla de cabalgamiento de alto grado con buzamiento hacia el Este y en algunas partes de su trazo desplaza el bloque cabalgante del Precámbrico Grupo Quetame en el labio oeste, por sobre sedimentos del Paleógeno, Neógeno y Reciente.

Su mayor importancia además de su continuidad semicontinental es que presenta rasgos de actividad neotectónica en varias partes de su trazo (París, G., et al. 1994) y se le considera una falla de basamento con una importante componente vertical de movimiento.

6.2.2.5 Falla de Villavicencio – Colepato

Esta estructura comprende un sistema de fallas de poca longitud que se localiza al sur de Villavicencio, con una vergencia hacia el Este. Pone en contacto las rocas de la Formación Une del Cretácico Inferior con la Formación La Corneta del Neógeno Superior. Se considera parte del sistema de fallas del borde llanero como continuación o complemento del sistema de Guaicáramo. (Ver Figura 6.6)

Figura 6.6 Perfil geológico de la zona del proyecto, coincide con la parte central de la ciudad de Villavicencio. (Escala vertical exagerada).



Fuente: Concol 2014

Existen muchas más fallas de regular extensión (entre 10 y 25 km de longitud), tales como la falla de Río Chiquito y la de Río Grande, la falla El Engaño, El Trueno, El Clarín y Gallo que presentan un comportamiento de cabalgamiento de ángulo bajo, con vergencia al oeste.

6.2.2.6 Plegamientos

En cuanto a los plegamientos, se observa que están directamente relacionados con los cabalgamientos y obedecen a estructuras sinclinales y anticlinales alargadas y estrechas, la mayoría de las cuales ofrecen una dirección N-S a N20E, tales como el sinclinal de Servitá, el sinclinal de San Juan, el anticlinal de Brasil y el sinclinal del arenal.

6.2.2.7 Estructuras en la llanura

Dentro de la llanura no se observan estructuras geológicas, con excepción de algunos lineamientos geomorfológicos, que parecen corresponder a estructuras de gravedad en el subsuelo, las cuales no tienen mayor evidencia en superficie. Es posible que la cobertura Cuaternaria cubra por completo las evidencias litoestratigráficas y de rumbo e inclinación, que permitan establecer la existencia de estructuras geológicas en esta amplia zona.



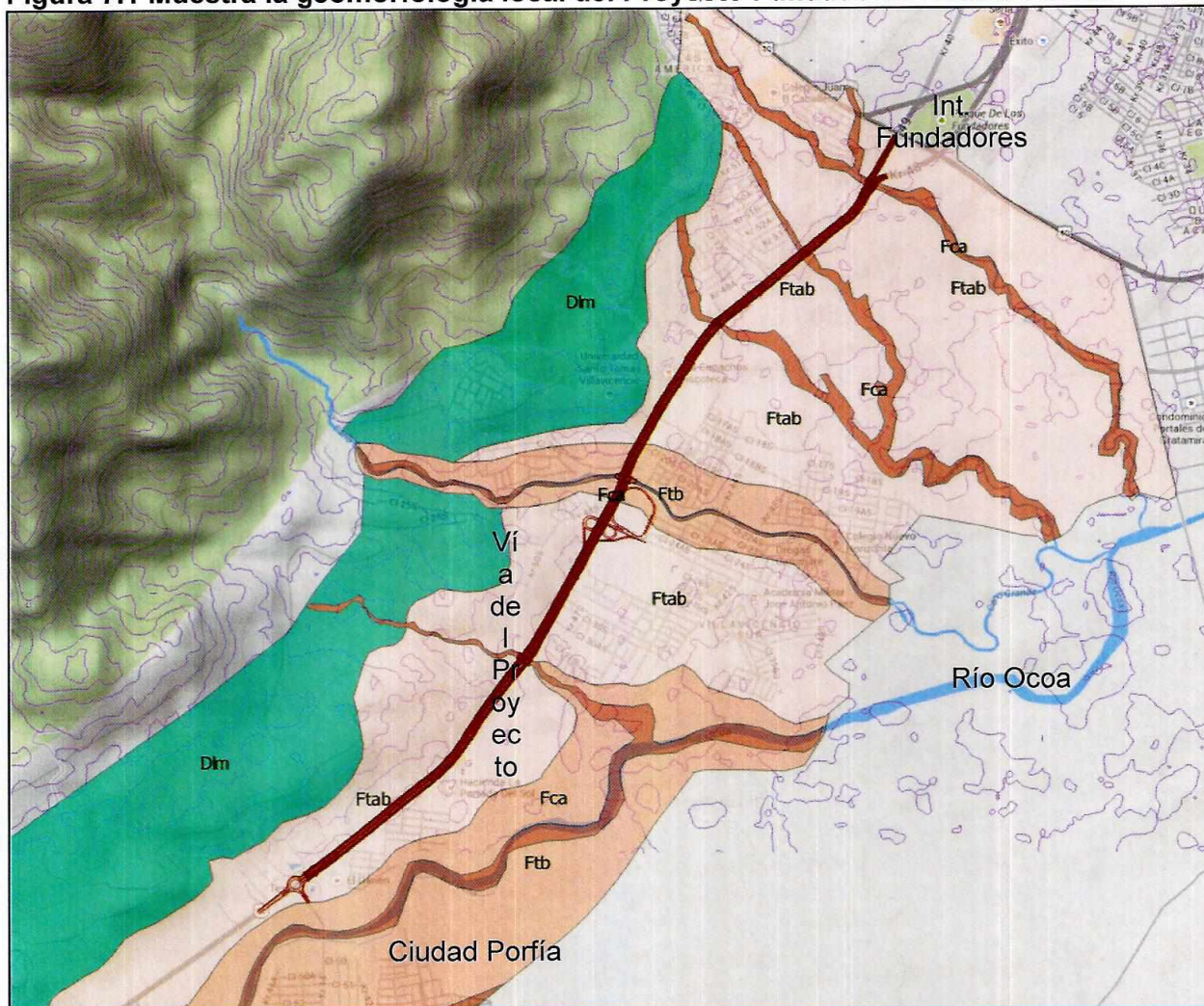
7 ESTUDIOS DE CAMPO

Se realizaron diferentes jornadas de campo, como parte del criterio de la participación dinámica de los conceptos geológicos, contribuyendo con el proyecto durante toda su evolución. En conjunto con la geotecnia se realizó la etapa exploratoria en cuanto a sondeos mecánicos para el corredor. El análisis de los trabajos de campo con sondeos se consigna en el informe de del volumen VI Estudio Geotécnico y Diseño de Pavimento; de manera que en el presente documento se reporta los resultados de los trabajos de campo mediante recorridos de los geólogos. Estos trabajos buscaron la recolección de la información geológica para la caracterización del corredor.

7.1 GEOMORFOLOGÍA LOCAL FUNDADORES - CIUDAD PORFIA

Localmente la geomorfología cuenta con subunidades en cada una de las grandes unidades regionales, como se muestra en la Figura 7.1, donde se resalta que la totalidad del trazado del proyecto transcurre por la unidad de planicie o llanura de acumulación, en donde predominan las pendientes planas o de muy baja inclinación.

Figura 7.1 Muestra la geomorfología local del Proyecto Fundadores ciudad Porfía.



Fuente: Concol 2014

Para una mejor comprensión, se ha utilizado la convención de tonos verdes para diferenciar las subunidades de la zona montañosa y tonos tierra para las de la zona de llanura. Aunque el proyecto prácticamente no involucra intervenciones importantes en la zona de montaña; esta zona representa una gran importancia como marco geomorfológico, porque de ella se derivan las subunidades de la zona de llanura. Como resultado de los trabajos de campo, se generó el mapa local de la Geomorfología de todo el trazado de la vía. Ver Anexo B Mapa de Geomorfología escala 1:5000

7.1.1 Subunidades de la zona de Montaña

Entre Ciudad Porfía y la intersección los Fundadores, la topografía montañosa que alindera morfológicamente por el occidente, con una orientación N-E, está controlada por el tectonismo de las grandes fallas del borde llanero, que en este caso están representadas por las fallas Colepato y Villavicencio.



En este cinturón alargado se pueden identificar subunidades geomorfológicas de origen estructural denudativo, conformadas en su gran mayoría por pequeñas colinas de cimas redondeadas y laderas de pendientes moderadas propias de una zona de piedemonte.

7.1.1.1 Colinas y laderas moderadas (Dlm).

Geoformas generadas a partir de procesos de degradación de rocas blandas (predominantemente); conforma un paisaje de colinas generalmente disectadas por efectos de la erosión y que adicionalmente marca la transición del piedemonte a la llanura, laderas naturales con pendiente del 12 al 50% en relieve fuertemente inclinado, índice de relieve alto, longitud de ladera corta y de forma irregular, predominan los procesos denudacionales y existen sectores parcialmente cubiertos por depósitos de material coluvial.

7.1.2 Subunidades de la zona de llanura

Las geoformas de la zona de llanura no cuentan con los contrastes de la zona de montaña, por el contrario los cambios de pendiente son poco perceptibles, siendo un poco más notorias en la medida que se aproximan al borde montañoso.

La zona de llanura del área de influencia del Proyecto, se encuentra definida por tres subunidades geomorfológicas de origen aluvial, Terraza aluvial alta basculadas, Terraza aluvial baja y cauce actual del río

7.1.2.1 Terraza aluvial alta basculada (Ftab).

Se presentan a lo largo del área de estudio y conforman áreas topográficamente más altas en relación con la llanura aluvial; sobre la cual se han depositado los demás materiales, como abanicos y conos. Presenta pendiente del 7 al 30% en relieve ligeramente inclinado, índice de relieve bajo, longitud de ladera moderadamente larga y forma rectilínea. Morfología ligeramente inclinada a inclinada; se encuentran retiradas de los cauces actuales de los ríos, generalmente se presentan basculadas y afectadas por tectonismo reciente.

7.1.2.2 Terraza aluvial baja (Ftb).

Son áreas de pendiente del 3 al 7% en relieve ligeramente inclinado, índice de relieve bajo, longitud de ladera moderadamente larga y forma rectilínea. Morfología plana a ligeramente inclinada, limitada por un talud o escarpe adyacente a los cursos actuales de ríos y quebradas, dejando diferentes niveles con alturas menores a los 2 m.

7.1.2.3 Cauce actual del río (Fca).

Corresponde a las áreas por donde transitan las corrientes de agua; presenta pendiente del 0 al 3% en relieve plano a ligeramente plano, índice de relieve bajo, longitud de ladera larga y forma rectilínea. Conforman el dominio del cauce actual de las corrientes de agua, incluyendo las vegas más recientes y barras de arena, producto de crecidas torrenciales.



7.1.3 Morfodinamica

La morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata de los procesos geodinámicos externos, principalmente denudativos o erosionales, tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables de los procesos erosivos inicialmente y que dan lugar a los movimientos en masa o deslizamientos.

Todos los elementos móviles determinados por las fuerzas de cambio, capaces de obtener, transportar y depositar los productos provenientes de la meteorización y de la sedimentación, se conocen como agentes morfodinámicos, siendo los más importantes la escorrentía del agua lluvia y factores antrópicos, los animales y el hombre. Estos agentes son los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan la superficie terrestre, ya sea degradándola o bien construyendo nuevos paisajes.

La zona del proyecto junto con la zona de influencia indirecta, se caracteriza por presentar una pendiente plana a subhorizontal y en su mayoría está ocupada por la construcción urbana de la ciudad de Villavicencio, razón por la cual los procesos morfodinámicos son muy poco frecuentes y no se presentan de manera considerable.

Los procesos erosivos de mayor importancia están relacionados con la socavación lateral que ejercen los caudales de las quebradas y ríos en las épocas de lluvias intensas, cuando el caudal aumenta.

7.2 GEOLOGÍA LOCAL FUNDADORES - CIUDAD PORFÍA

La totalidad del proyecto se desarrolla en la zona de llanura, dentro de las unidades geológicas se incluye la unidad sedimentaria Formación Corneta NgQcl ubicada en la zona de montaña y que pueden alcanzar a cubrir áreas de la zona de influencia indirecta (ver



Figura 7.2).

7.2.1 Estratigrafía y litología

Las unidades litológicas presentes en la zona de influencia del proyecto corresponden a edades del terciario y el cuaternario reciente; de manera informativa, fuera del área de influencia, hacia el suroccidente afloran rocas del Cretáceo. Como resultado de los trabajos de campo, se generó el mapa local de la Geología de todo el trazado de la vía. Ver Anexo C Mapas de Geología escala 1:5000

7.2.1.1 Unidades del terciario y cuaternario.

La formación Areniscas del Limbo (Pgarl), se encuentra infrayaciendo la formación Corneta (NgQcl) por lo cual no se encuentra ningún afloramiento que permita su caracterización en la zona de estudio.

- **Formación Corneta (NgQcl)**

Aflora en una zona boscosa pero con varios sitios de cobertura en pastos con afectaciones por erosión, también con caminos cuyos taludes muestran suelo residual y se destaca el cauce del caño Pendejo, afectado por un flujo de lodo y detritos que dejó al descubierto el material insitu integrado por suelo residual que revela un material parental correspondiente conglomerados en matriz de arena gruesa, de color café claro a amarillento.

Ingeominas (2001) aclara que debido a que estas capas están constituidas por materiales sueltos y redondeados se considera que podrían corresponder a depósitos cuaternarios antiguos que pertenecen a la llanura aluvial de los llanos orientales, pero que fueron levantados y basculados por acción de la Falla Colepato, quedando así adosados a la Cordillera Oriental.

Los depósitos cuaternarios, a diferencia de las unidades anteriores, está presente de manera evidente, en buena parte por la geomorfología, en la totalidad del trazado del Proyecto. De manera simplificada, que ayude a la comprensión del comportamiento mecánico de los materiales, se han diferenciado básicamente dos unidades. Una unidad más antigua que se denomina Terrazas (Qt) y otra que incluye los materiales aportados por los drenajes actuales, que han sido depositados en periodos anteriores o subrecientes, denominada Depósitos Aluviales (Qal).

- **La unidad de Terrazas (Qt)**

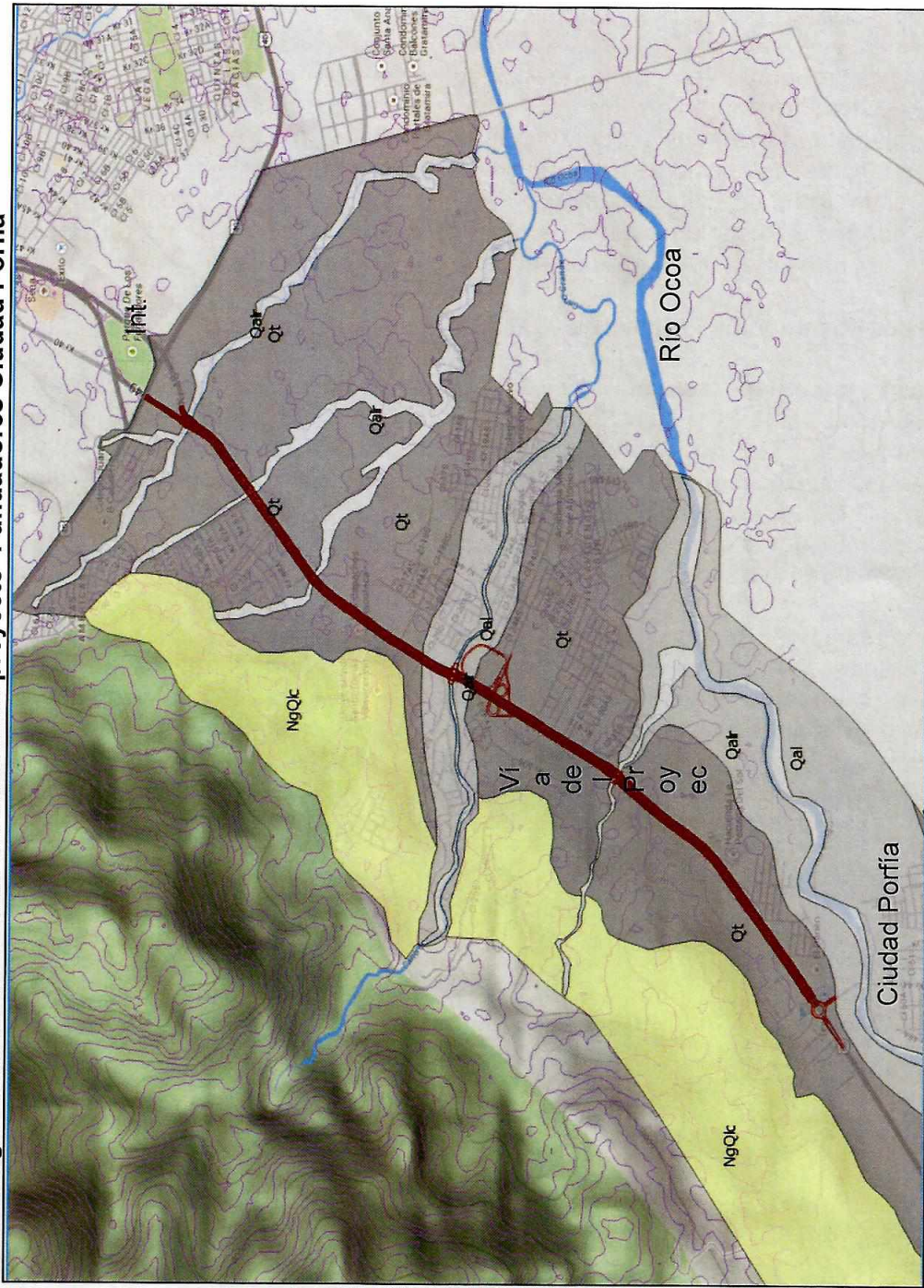
Comprende el conjunto de materiales que conforman la llanura en la zona de influencia del proyecto, que han sido depositados en diferentes eventos y por lo tanto no cuentan con una génesis idéntica, pero todos estos hacen parte de la evolución de la llanura, alternándose en el tiempo, entre eventos netamente aluviales por acción de los ríos y cauces ancestrales y eventos coluvio-aluviales y otros netamente coluviales. Puede decirse que la ciudad de Villavicencio, casi en su totalidad se encuentra en un gran



abánico generado por la acumulación de sedimentos de diferentes drenajes que hicieron sus aportes en el mismo lugar, entre los que el de mayor importancia es el río Guatiquía.

En cuanto a la granulometría y geometría, estos materiales son muy heterogéneos conforme al tipo de evento que los generó, encontrándose materiales típicos de depósito aluvial, es decir redondeados a subredondeados en matriz arenosa gruesa y otros, los relacionados con génesis coluvio-aluvial, son subangulosos y en algunos casos angulosos. El tamaño de los clastos es también variable, entre 5 cm y 20 cm. Podría decirse que los factores comunes son en primer lugar la composición, ya que vienen de fuentes similares o de las mismas fuentes, como son cuarcitas, areniscas y filitas duras de los grupos Quetame y Brechas de Buenavista principalmente. Otro es la alteración de la parte fina de la matriz, dada cierta antigüedad y lo de mayor importancia para el Proyecto, que cuentan con un manto superior de materiales finos, entre limoarenosos y limosos con niveles de gravas, cuyo comportamiento geomecánico es de menos competencia que los materiales a mayor profundidad.

Figura 7.2 Geología local de la zona de influencia del proyecto Fundadores Ciudad Porfía



Fuente: Concol2014

- **La unidad de Depósitos aluviales (Qal)**

Incluye únicamente los depósitos sub recientes que han sido aportados por los ríos y drenajes actuales en periodos anteriores. No necesariamente se refiere a sus cauces activos, sino que involucra áreas de sedimentación en épocas pasadas que probablemente ya no cuenten con la posibilidad de reactivarse. Podrían asimilarse estas áreas a periodos de retorno de los 500 años. Estos materiales están integrados por cantos y gravas redondeados a subredondeados con tamaños entre 5 cm y 15 cm, en matriz arenosa. La composición es la misma de materiales de los abanicos, es decir cuarcitas, filitas duras de color gris, filitas y areniscas duras de color rojizo y fragmentos muy consolidados de conglomerados heterogéneos típicos de la Formación Brechas de Buenavista; los otros materiales pueden provenir del Grupo Quetame.

- **Depósitos aluviales recientes (Qalr)**

Corresponden a los depósitos aluviales activos que se encuentran en los cauces de los ríos y quebradas actuales (Figura 7.3). Estos están integrados por cantos y gravas en matriz arenosa. Los del río Guatiquía son redondeados a subredondeados, de baja a media esfericidad, con tamaños entre 5 y 12 cm en promedio, encontrándose gravas de hasta 1 cm y bloques esporádicos de hasta 25 cm. La composición es la misma de los depósitos más antiguos, es decir conglomerados cuarzosos, filitas grises, cuarcitas y gran cantidad de metareniscas rojas.

En los caños Maizaro, Buque y Parrado, los cantos son menos redondeados, abundando bloques grandes angulosos acorde con su carácter aun torrencial, no obstante encontrarse ya en la zona de llanura, aunque muy cerca de la zona de pendiente fuerte, donde la corriente conserva la energía necesaria para el arrastre de estos materiales. Se destaca que en la parte alta de los caños Buque, Maizaro y otros como el Tigre, la composición es casi exclusiva de conglomerados altamente cementados como los de la Formación Brechas de Buenavista, infiriéndose esta como la fuente principal.

Figura 7.3 Aspecto de los depósitos aluviales activos o recientes del río Guatiquía, al fondo la ciudad de Villavicencio.



Fuente: Concol 2014

7.2.1.2 Unidades del cretácico

Se encuentran en el basamento, en la zona de montaña y corresponde a rocas sedimentarias estratificadas que en general intercalan areniscas, conglomerados y lutitas, con resistencias que varían entre alta y muy baja. Ninguna de estas unidades afloran en taludes cercanos a la vía actual, sin embargo los depósitos de ladera que se encuentran contienen fragmentos que provienen de las partes altas revelando su composición.

Hacia la parte más cercana a Villavicencio, a partir de cotas entre los 600 y 650 m.s.n.m., en una zona muy boscosa se puede distinguir, en los afloramientos un suelo residual con colores entre rojizo, marrón y carmelita, que guarda unas características del material parental que permiten inferir una composición de arcillolitas y lodolitas que pueden estar interestratificadas con areniscas de grano medio y areniscas conglomeráticas, concordando con lo que Ingeominas describe como Formación Une (Kiu), Formación Fómeque (Kif) y Formación Cáqueza (Kic).

7.2.2 Geología estructural local

El análisis estructural de la zona de influencia del Proyecto detecta sólo una dirección predominante de fallamiento al NE- NNE. En el sector entre Villavicencio y Acacías, este sistema bordea el frente montañoso, haciendo parte del sistema de fallas de Guaicáramo o Sistema Frontal de la Cordillera Oriental. Comúnmente a las fallas que conforman este sistema se les dan diferentes nombres locales, en este caso corresponden a las fallas Colepato y Villavicencio. Estas fallas en general aunque son inversas y de cabalgamiento hacia el oriente, tienen también una ligera componente de movimiento dextral o lateral



derecho, lo cual significa que los bloques occidentales de las fallas se mueven hacia el norte con relación a los bloques orientales. Sus tasas de movimiento varían de 1 a 5 mm/año y se encuentran dentro de las más altas del país (Paris., et al 2000).

Hacia el propio borde llanero el conjunto de fallas del sistema de Guaicáramo, en este caso representadas por las fallas Colepato y Villavicencio, está tectónicamente activo, con notable sismicidad asociada a los planos de falla que se hunden por debajo de la Cordillera Oriental, dando lugar a procesos de rebote elástico y la consiguiente generación de ondas sísmicas, cuya amenaza varía de moderada a alta.

La Falla de Villavicencio al paso por el área de influencia del Proyecto se encuentra totalmente cubierta por los depósitos cuaternarios lo que dificulta la identificación de expresiones morfológicas como señales de campo para hacer los análisis correspondientes. La Falla Colepato, hacia el occidente, se desprende como ramal de la Falla Villavicencio, ingresando en la zona de montaña con expresiones morfológicas claras como silletas alineadas, pequeños drenajes y ya por fuera de la zona de estudio, cerca a la ciudad de Villavicencio se ven también fenómenos de inestabilidad alineados y localizados todos en lo que podría ser el escarpe erosionado de la falla. En la cartografía de Ingeominas (1998), esta falla sirve de contacto entre la Formación La Corneta (NgQcl) y las rocas del Cretácico como la Formación Une (Kiu).

7.2.2.1 Fracturas y diaclasas

En todas las formaciones geológicas del área, tanto en las de roca dura como la roca intermedia, se encuentran severamente afectadas por fallas y diaclasas de origen tectónico, además de la fisuración o fracturamiento por liberación de presión litostática, al ser exhumadas por los procesos denudativos.

Con excepción de las zonas atravesadas por fallas geológicas regionales, donde se encuentra roca triturada a lo largo de las trazas de falla, se presenta un grado de fracturamiento variable entre alto y moderado, con 6 a 60 centímetros de espaciamiento.

Las rocas duras como areniscas silíceas, cuarcitas, conglomerados y brechas silíceas, tienen un grado de fracturamiento medio, con espaciamiento de 20 a 60 centímetros, mientras que en las rocas silíceas de grano fino el grado de fracturamiento es alto, presentando 6 a 20 centímetros de espaciamiento. La orientación de los planos a escala regional tiene una dispersión grande, por lo que es difícil establecer patrones o sistemas de diaclasas. Sin embargo, se observa que la mayoría de ellas tienen un plano perpendicular a la estratificación.

Es importante mencionar, que las fracturas y diaclasas son identificadas en los macizos rocosos que se encuentran hacia el occidente del proyecto, en la parte montañosa y algunos sectores del piedemonte, ya que en la zona plana que es donde se desarrollara el proyecto predominan los depósitos.

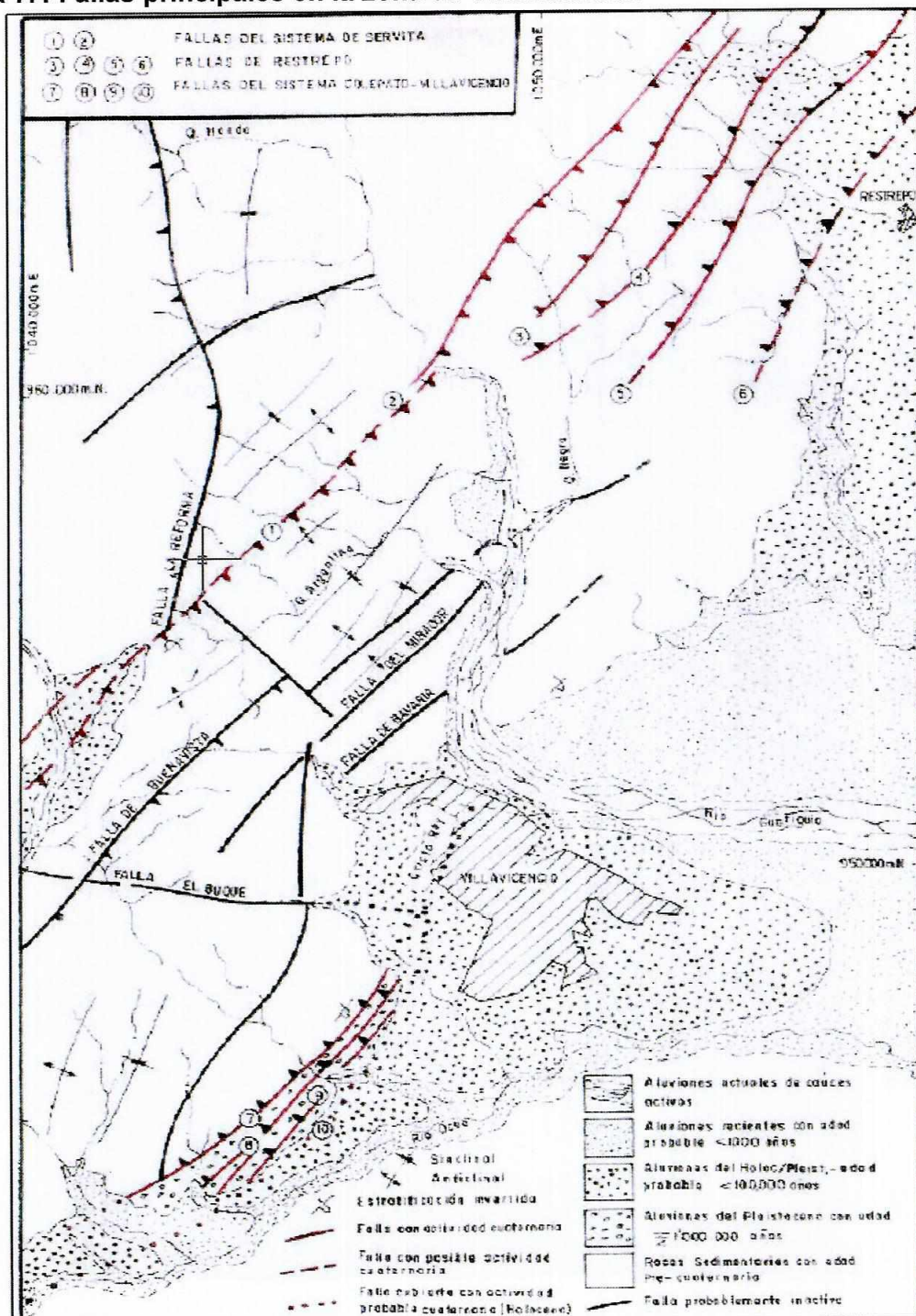


7.2.2.2 Fallas

La tectónica corresponde a fallas de cabalgamiento del sistema de fallas del Borde Llanero, generalmente de tendencia Norte-Noreste, asociadas con plegamientos estrechos anticlinales y sinclinales. Las fallas geológicas cartografiadas en la región se pueden asociar a un grupo o sistema principal de fallas de cabalgamiento con rumbo aproximado N30E, llamado Sistema de Fallas del Piedemonte, fallas activas y con vergencia al noroeste. El área está atravesada por varias fallas geológicas, tanto de carácter regional como local, sobresaliendo en número y longitud las de dirección NE-SW.

Las fallas más importantes son: La Reforma, Servitá, Restrepo, Buenavista, El Mirador, Bavaria, Colepato y Villavicencio, de movimiento principal inverso, mientras que la Falla El Buque es la estructura más sobresaliente entre las fallas de dirección NW-SE, con un movimiento probablemente de rumbo. La Figura 7.4 muestra un detalle de la distribución de las principales fallas geológicas.

Figura 7.4 Fallas principales en la zona de Villavicencio.

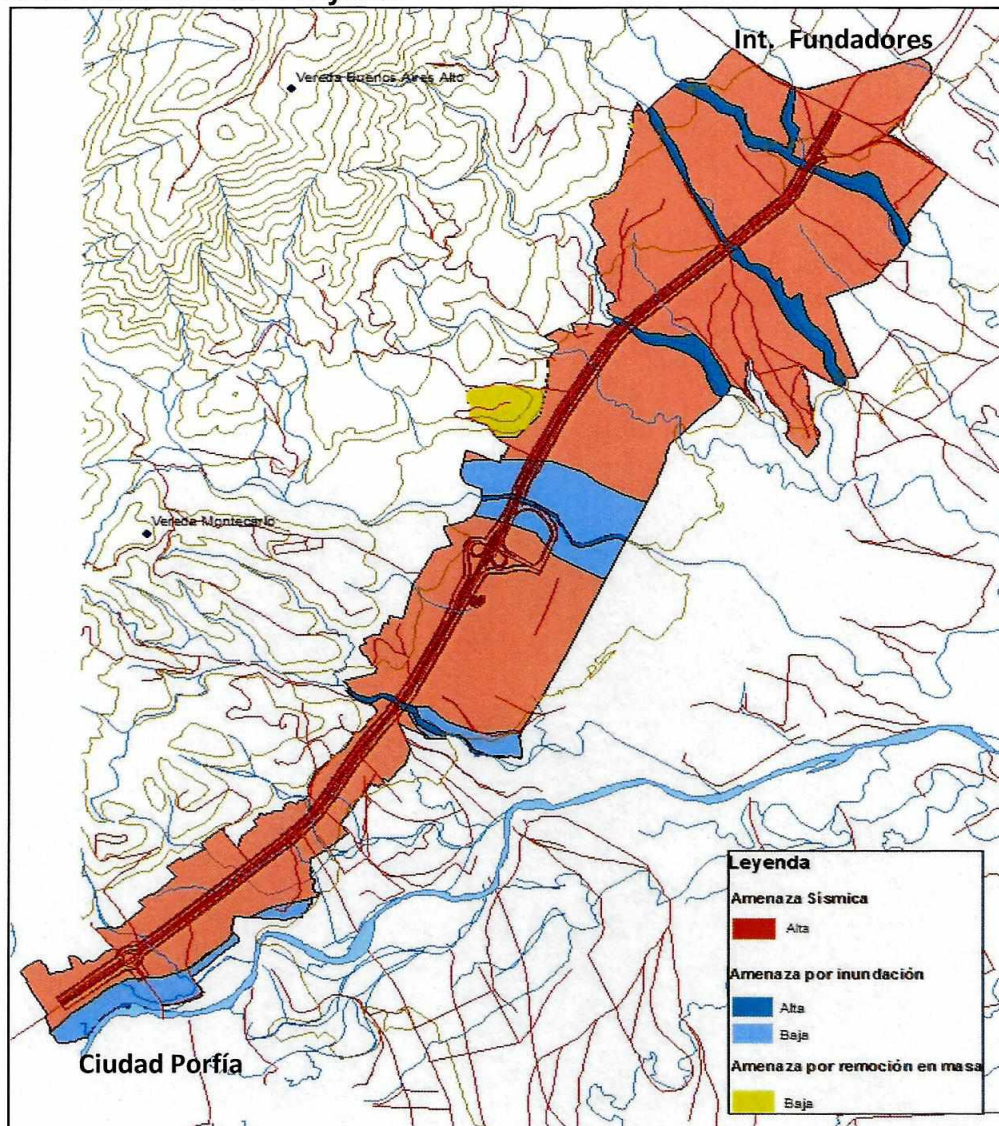


Fuente: Modificado por Consultoría Colombiana S.A, 2013.

7.3 RIESGOS POR AMENAZAS NATURALES

Aunque para este trabajo se parte de las zonificaciones oficial realizadas para ordenamiento territorial, para el análisis de amenazas por procesos naturales se ha optado por recurrir a la observación directa de imágenes digitales, con apoyo en observaciones de campo, con el fin de lograr un mejor grado de detalle ya que la información oficial concebida para mapas a pequeña escala, no lo proporciona. Se ha optado también por determinar áreas de susceptibilidad ante diferentes tipos de amenazas geológicas naturales como, la inundación y los eventos sísmicos, cuyo cruce de áreas se puede ver en la Figura 7.5. Ver Anexo D Mapas de Amenazas naturales escala 1:5000

Figura 7.5 Mapa de áreas de susceptibilidad por Amenazas geológicas naturales del área de influencia del Proyecto



Fuente: Concol 2014

7.3.1 Áreas de susceptibilidad de riesgo por remoción en masa

Se incluye aquí el análisis zonas que implica las amenazas por remoción en masa, erosión y flujos de lodo y detritos. Estos eventos se presentan principalmente en zonas de fuertes pendientes, que en este caso se encuentran únicamente en la zona de montaña y en la zona transicional al piedemonte. Aspectos como las características de los materiales tanto litológicas como estructurales y las acciones antrópicas, favorecen la ocurrencia de los mismos.

En casi la totalidad del proyecto las laderas de pendientes moderadas a abruptas se encuentran fuera del área de influencia indirecta del proyecto, localizadas al occidente del trazado, a distancias de aproximadamente 300 m del alineamiento vial, donde las probabilidades de que se presenten eventos con remoción en masa que afecten el proyecto son muy escasas.

Existe un sector del trazado de la calzada derecha entre las abscisas 1+600 y 1+950 en donde las distancias del proyecto a las laderas con pendientes suaves a moderadas es inferior a los 100, pero en este sector no se observan procesos de inestabilidad ni deslizamientos.

En la abscisa 3+000 el trazado atraviesa el caño Pendejo, que presenta en su cauce depósitos fluviotorrenciales recientes como testigos de flujos de lodo y escombros que provienen procesos erosivos en el nacimiento o muy cerca de este, que aún se observan activos, lo cual debe tenerse en cuenta en el diseño de la estructura de cruce de este Caño. Ver la Figura 7.6

Figura 7.6 Cauce del Caño Pendejo, donde se puede apreciar material acumulado en sus orillas, producto del último evento fluviotorrencial.



Fuente: Concol 2014



7.3.2 Áreas de susceptibilidad de riesgo por inundación

El riesgo por inundación está determinado por el cruce de drenajes de órdenes mayores, con una dinámica fluvial que involucra el desborde de su cauce normal, ante periodos de retorno superiores a 2.33 años. En proyecto se encuentra cruzando drenajes importantes como el Caño Pendejo y Caño Grande, sin embargo se observan otros drenajes menores que al igual que los grandes, presentan, en las imágenes, huellas como canales secos y sedimentos alineados, de incursiones en la llanura en otras épocas.

El río Ocoa está localizado en el cordón montañoso de poca altura que es limitado al occidente por el río Negro, de manera que el nacimiento de los drenajes que lo nutren se encuentra a muy poca distancia, aproximadamente a 4.5 Km. No obstante es llamativa la capacidad de sedimentación que posee, lo que es consecuente con su gran capacidad erosiva en la parte alta.

Las áreas de amenaza por inundación están asociadas a los cauces actuales de los principales ríos y quebradas, se pueden considerar las áreas aledañas de estos cauces como las zonas con mayor susceptibilidad a la inundación por eventos naturales. Ver Figura 7.5

7.3.3 Áreas de susceptibilidad de riesgo tectónico y sísmico

Teniendo en cuenta la importancia de la geología estructural en la zona de estudio, para el marco tectónico se describe la situación geológica que abarca una zona mayor a la demarcada como zona de influencia del Proyecto, lo cual es necesario ya que su influencia es relevante en la zona del Proyecto.

7.3.3.1 Marco tectónico

Un poco por fuera de la zona de estudio, pero con plena influencia sobre esta, son notables las fallas del Sistema de Servitá y las fallas del Agrado, Bijagual, Buenavista y el Mirador, de dirección NNE.

Las fallas del sistema Servitá, conforman varias fracturas paralelas de dirección NNE, caracterizadas por una zona de falla ancha (200 m), con un ángulo relativamente alto e inclinación hacia el Occidente. Pone en contacto rocas del Paleozoico (Devónicas) con rocas Cretácicas y continúa su trazo hacia el Norte internándose en el Departamento de Boyacá.

Algunas fallas cercanas buzan al oriente conformando lo que se conoce en tectónica como back thrusts o retro-cabalgamientos. Este mecanismo de falla es común en zonas de compresión de la corteza terrestre, con ejes de esfuerzos ligeramente horizontales.

El sistema de fallas de Buenavista corresponde a retro-cabalgamientos que chocan al norte del túnel de Buenavista con una falla normal de ángulo muy alto, que pone en contacto las Lutitas de Macanal con las denominadas Brechas de Buenavista.

La Falla El Mirador pone en contacto una secuencia compleja que comprende las Lutitas de Macanal, las Brechas de Buenavista y el Grupo Quetame, con las rocas del Terciario de naturaleza arenosa. Parece ser una falla con gran desplazamiento en la vertical. La posición estratigráfica de estas formaciones conduce a pensar que corresponden al flanco invertido de un gran anticlinal.

Las fallas de tipo inverso, con vergencia al oriente, han tenido grandes desplazamientos y por lo general ponen en contacto diferentes grupos o formaciones geológicas. Los retrocabalgamientos parecen tener menor desplazamiento al igual que las fallas normales. El cabalgamiento hacia el oriente, dio lugar a pliegues amplios que en la práctica deben ser estrechos y tumbados o isoclinales, con vergencia al oriente, acorde con las deformaciones observadas a nivel regional y los esfuerzos que las originan. Estos pliegues comúnmente inducen tensiones adicionales en los macizos rocosos, disminuyendo la calidad de la roca y haciéndola susceptible al colapso.

Dentro del sistema de dirección Aproximada E-W se encuentran unas fallas que coinciden con los caños Parrado y El Pescado, las cuales presentan una dirección en general EW, con una tendencia hacia el N, son fallas de rumbo con desplazamiento sinistral. Las dos fallas cuentan con expresiones morfológicas bien marcadas, siendo la más característica los valles profundos en forma de V que describen, lo que hace que geomorfológicamente sirvan de límite, al norte y al sur, de un bloque central de forma rectangular.

Hacia el propio borde llanero el conjunto de fallas del sistema de Guaicáramo, en el caso del Proyecto representadas por las fallas Colepato y Villavicencio, está tectónicamente activo, con notable sismicidad asociada a los planos de falla que se hunden por debajo de la Cordillera Oriental, dando lugar a procesos de rebote elástico y la consiguiente generación de ondas sísmicas, cuya amenaza varía de moderada a alta.

7.3.3.2 Áreas con amenaza de Sismicidad

El Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR – 10, define como ZONA DE AMENAZA SÍSMICA ALTA, el conjunto de lugares en donde Aa o Av, o ambos, son mayores que 0.20.b; En el mismo Reglamento la tabla A.2.3-2, indica los valores de Aa o Av, para las ciudades capitales de departamento, en donde se establece que la ciudad de Villavicencio cuenta con los valores que se muestran en Tabla 7.1. De la misma forma se muestra el área con la clasificación de amenaza alta en la Figura 7.5.

Tabla 7.1 Valores de aceleración para la ciudad de Villavicencio NSR-10

Ciudad	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica
Villavicencio	0.30	0.30	Alta

Fuente: Concol 2014

8 ESTUDIO DE PONTEADEROS

El Proyecto se localiza al oriente de Villavicencio en la zona de llanura, donde predominan los materiales de origen sedimentario; los depósitos de edad cuaternaria en su gran mayoría corresponden a depósitos aluviales recientes, depósitos de llanura aluvial, depósito aluvial proximal; así como depósitos aluviales antiguos conformados por depósito coluvioaluvial que originaron terrazas, que se encuentran principalmente en grandes abanicos coalescentes disectados, en donde se pueden apreciar franjas aluviales más recientes de los ríos Ocoa, Guatiquia, Caño Tigre, Caño Grande y Caño pendejo.

En este trazado de la vía, se ha proyectado dos puentes, sobre el cauce del Caño Grande y Caño Pendejo, para los cuales se realizaron perforaciones exploratorias en uno de sus estribos. Estas perforaciones se encuentran en el volumen VI Estudio Geotécnico y Diseño de Pavimento.

8.1 GEOLOGÍA PUENTE CAÑO GRANDE, EN EL TRAZADO DERECHO, K2+170

Se describen las condiciones geológicas y geomorfológicas que corresponden a la zona atravesada por el puente.

8.1.1 Geomorfología

El puente se localiza al sur oriente de Villavicencio, donde hay predominio de pendientes planas a subhorizontales, correspondiente a un paisaje de tipo llanura denudativa, integrado por el valle aluvial del Caño Grande. Este puente cruza un cauce localizado en la abscisa K2+170 aproximadamente, donde predominan las gravas, cantos y arenas. (Ver Figura 8.1)

Figura 8.1 Características geomorfológicas del cauce del Caño Grande, aguas abajo del sitio del puente actual.

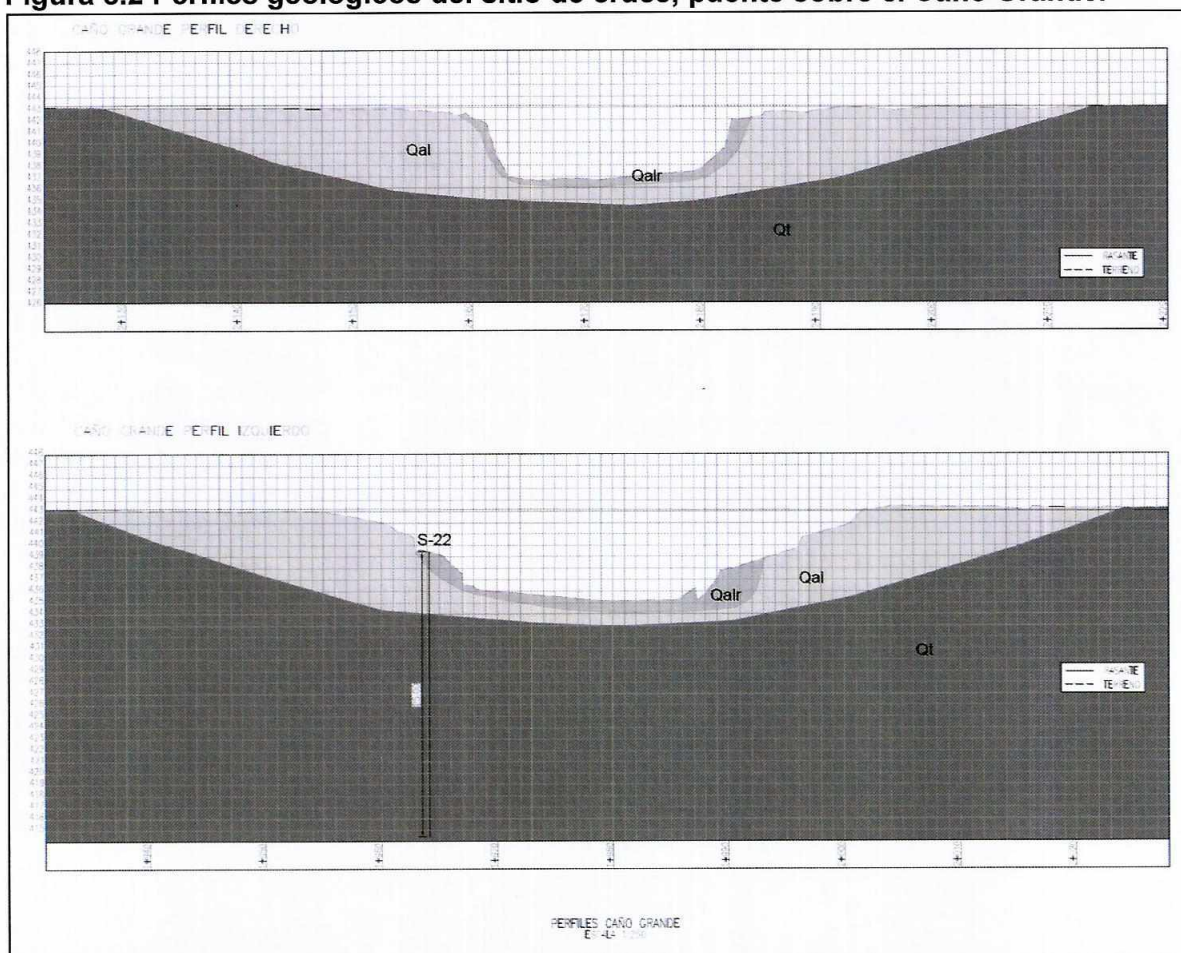


Fuente: Concol 2014

8.1.2 Unidades litológicas

La zona del Puente involucra solamente unidades litológicas de los depósitos aluviales de edad Cuaternaria **Qalr**, **Qal** y **Qt**; estos depósitos de origen aluvial, conformados litológicamente por mezclas heterogéneas de cantos rodados, gravas, arenas y bajas proporciones de arcilla. Se encuentra arena de grano fino a grueso, cantos y gravas de forma subredondeada, subesférico, bien seleccionado. Materiales con baja o poca consolidación, con alta permeabilidad para los depósitos aluviales recientes **Qalr** y moderadamente consolidados en los depósitos aluviales más antiguos **Qal** y **Qt**. (Ver Figura 8.2). (Ver Anexo E Planos perfil Geológico puentes)

Figura 8.2 Perfiles geológicos del sitio de cruce, puente sobre el Caño Grande.



Fuente: Concol 2014

8.2 GEOLOGÍA PUENTE CAÑO PENDEJO, EN EL TRAZADO DERECHO, K3+180

Se describen las condiciones geológicas y geomorfológicas que corresponden a la zona atravesada por el puente.

8.2.1 Geomorfología

El puente se localiza al oriente del proyecto donde hay predominio de pendientes planas a subhorizontales, correspondiente a un paisaje de tipo llanura denudativa, integrado por el valle aluvial del Caño Pendejo. Este puente cruza un cauce localizado en la abscisa K3+180 aproximadamente, donde predominan las gravas, cantos y arenas. (Ver Figura 8.3)

Figura 8.3 Características geomorfológicas del cauce del Caño Pendejo, aguas abajo del sitio del puente actual.



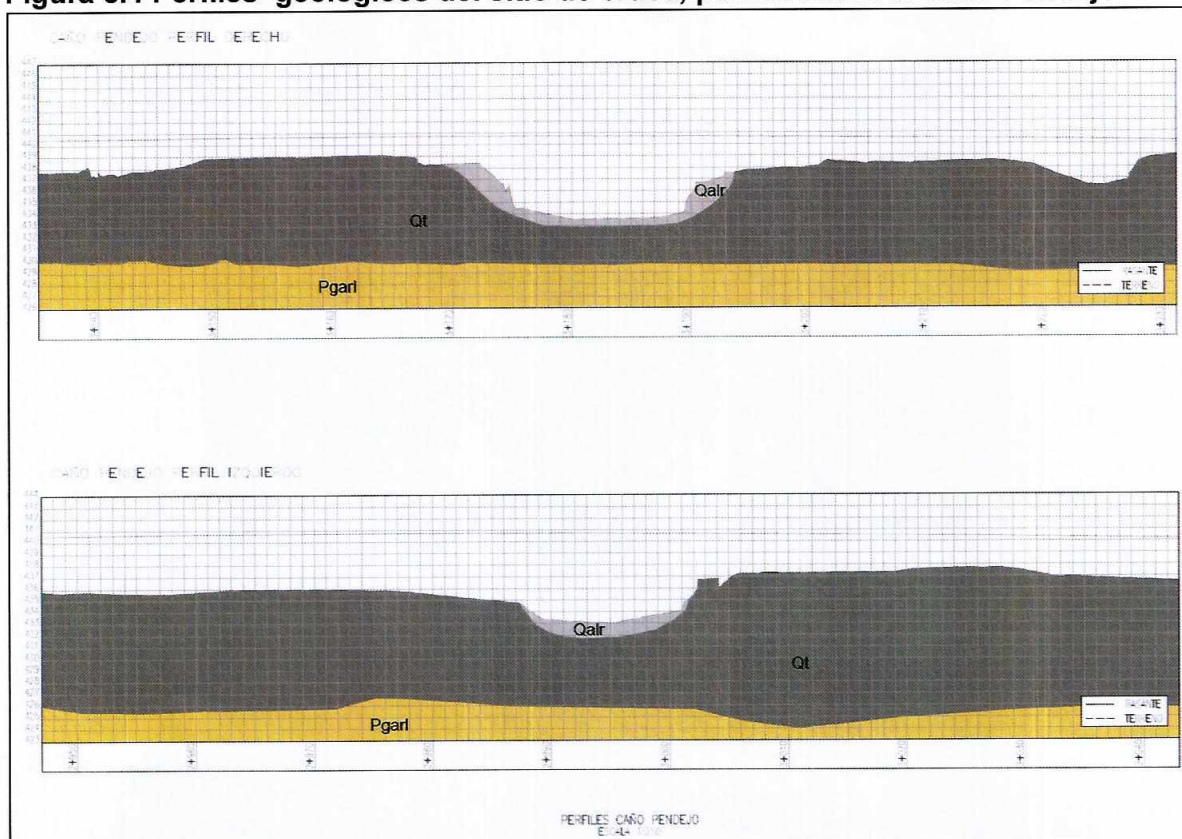
Fuente: Concol 2014

8.2.2 Unidades litológicas

La zona del Puente involucra en la parte superior unidades litológicas de los depósitos aluviales de edad Cuaternaria **Qalr** y **Qt**; estos depósitos de origen aluvial, conformados litológicamente por mezclas heterogéneas de cantos rodados, gravas, arenas y bajas proporciones de arcilla. Se encuentra arena de grano fino a grueso, cantos y gravas de forma subredondeada, subesférico, bien seleccionado. Materiales con baja o poca consolidación, con alta permeabilidad para los depósitos aluviales recientes **Qalr** y moderadamente consolidados en los depósitos aluviales más antiguos **Qt**.

En profundidad después de los nueve metros, aparece rocas sedimentarias de la formación areniscas del limbo **Pgarl**; El techo de esta unidad está conformado por areniscas cuarzosas, color gris claro a blanco amarillento, de grano medio a conglomerático, con estratificación cruzada; también se encuentran conglomerados con cantos subredondeados de cuarzo hasta de 5cm de diámetro, cementados en una matriz arenosa, a los cuales le suprayacen una serie de arcillolitas, lutitas y areniscas cuarzosas gris claras de grano fino a medio. (Ver Figura 8.4). (Ver Anexo E Planos perfil Geológico de puentes)

Figura 8.4 Perfiles geológicos del sitio de cruce, puente sobre el Caño Pendejo.



Fuente: Concol 2014

9 FUENTES DE MATERIALES

Las fuentes de materiales hacen referencia a las minas y frentes de explotación de materiales utilizados en un proyecto vial; a continuación se describen aspectos mineros de los materiales que son utilizados en la construcción de vías, documentados en "Inventario Minero Nacional, departamento del Meta, INGEOMINAS, 1999".

9.1 MATERIALES UTILIZADOS

9.1.1 Arenas silíceas

Se encuentran canteras de arena ubicadas cerca al puente sobre el río Guatiquía y otras en la vereda Montecarlo, al suroeste de Villavicencio, en las cuales se explotan arenas cuarzosas principalmente en las formaciones Une y Arenisca de Cáqueza.

Las arenas silíceas son explotadas en Villavicencio en el barrio las Américas; estas explotaciones son realizadas a cielo abierto, emplean retroexcavadoras en los depósitos aluviales y método de arranque con explosivos en las zonas de terrazas; en estas el diseño de explotación es formando bancos escalonados.

9.1.2 Arenas

Se explotan arenas de las formaciones Une y Arenisca de Cáqueza en cercanías de Villavicencio. En el sector del Río Guayuriba se explota esporádicamente la formación Palmichal, de la cual se obtienen arenas de peña utilizadas en la industria de la construcción. Igualmente se explotan arenas de depósitos de río en cercanía a Acacias.

Las explotaciones de arenas son realizadas a cielo abierto en las cercanías a los ríos Guatiquía y Guayuriba, en el caño Parrado, barrio la Pradera, en cercanías al aeropuerto y a 400 m del eje vial de la carretera Villavicencio - Bogotá; las operaciones unitarias son realizadas utilizando explosivos para el arranque, con un método de explotación por escalones en las áreas cercanas a los ríos; en los caños y ríos se emplean retroexcavadoras para el arranque del material. Algunas explotaciones son realizadas en forma manual, principalmente las que son realizadas por personas naturales; la actividad minera es realizada por las empresas grandes, es de tipo extractiva beneficiadora, en cuyo proceso incorporan una etapa de clasificación y lavado de material.

9.1.3 Gravas

Los depósitos aluviales antiguos se constituyen como fuente en la producción de gravas, al igual que los depósitos de río, útiles en la fabricación de bloques para la construcción de viviendas y en el mantenimiento de vías y afirmado de las mismas.

Las explotaciones de gravas son realizadas en caño Buque y en las cercanías al río Guatiquía; son realizadas a cielo abierto, sin planear algún diseño de explotación y ocasionan un desequilibrio en el medio ambiente y varían el rumbo a las aguas; en el proceso de extracción se emplea maquinaria pesada y en la mayoría de los casos se

realizan clasificación del material en forma rudimentaria utilizando aguas de la misma zona; las gravas de mejor calidad son extraídas del caño Parrado que desemboca en el río Guatiquía que se caracteriza por ser el mejor caño más caudaloso de la región.

9.1.4 Triturados

En el departamento del Meta los yacimientos de este tipo de material provienen de depósitos aluviales constituidos por arenas y gravas que son usados como material de recebo para afirmado de carreteras. Igualmente se pueden explotar estos materiales de unidades cretácicas y paleozoicas aflorantes en el piedemonte llanero.

El material usado como triturado es extraído del río Guayuriba, en el municipio de Villavicencio; operaciones realizadas a cielo abierto, en las cuales se emplean equipos pesados (retroexcavadora) y clasificación del material; este material es utilizado en el mantenimiento de vías y afirmado de las mismas.

9.2 PROVEEDORES DE MATERIALES PARA EL PROYECTO

En el proceso que se realizó, para la selección de la empresa más conveniente para el suministro de los materiales para el presente proyecto, se tuvo en cuenta aspectos como ubicación, vías de acceso, experiencia en suministro a proyectos viales y volumen de material disponible. Las empresas con mayor capacidad técnica y de volumen de suministro de materiales, fueron Murcia y Murcia S.A, CEMEX y Gravicón S.A. La Figura 9.1 muestra la ubicación de las plantas. Ver Anexo F Mapa de Fuentes de materiales.

Figura 9.1 Ubicación geográfica de las plantas Proveedoras de materiales



Fuente: Concol 2014



Las tres empresas en estudio cuentan con vías de acceso en buen estado tanto para la exploración de material como para el transporte de comercialización del mismo; la localización de las ^{tres} ~~dos~~ empresas es ideal para la ejecución del proyecto ya que se encuentran a unos pocos kilómetros del área del proyecto, sobre la vía Villavicencio – Acacias.

Coordenadas Empresa Murcia y Murcia S.A

Norte : 4° 3'9.50"

Este : 73° 42'46.14"

Tel 098-6709516 Villavicencio Tel 3208381120 Contacto Ing Duvalier Jaraba

Coordenadas Empresa CEMEX S.A

Norte : 4° 2' 56.040"

Este : 73° 45' 33.840"

Tel 3183228177 Villavicencio Tel 6039000 Bogotá Contacto David Ricardo Lugo

Coordenadas Empresa Gravicón S.A

Norte : 4° 02'54.39"

Este : 73° 43'58.14"

Tel 098-6627177 - 6622309 Villavicencio Contacto Cristina Agudelo

El volumen de material que tiene a su disposición legalmente la empresa Murcia y Murcia S.A, es el doble del volumen de material de la empresa Gravicón S.A y Cemex; se considera que una de las fuentes más apropiadas es la empresa Murcia & Murcia S.A debido a su experiencia en proyectos viales, amplia gama de materiales que provee, tecnología y organización en la extracción, producción y comercialización tanto de materiales pétreo y mezcla asfáltica, sin embargo el constructor es autónomo en seleccionar de acuerdo con sus necesidades la empresa proveedora, siempre y cuando cumplan con los requerimientos técnicos especificados en los diseños.

9.2.1 MURCIA & MURCIA S.A

Esta empresa se encuentra localizada en cercanías del río Guayuriba, por el desvío al caserío de las Mercedes sobre la carretera Villavicencio-Acacias. Es la más sofisticada de las empresas visitadas cuenta con un amplio mercado de materiales como se observa en la Tabla 9.1; en cuanto los agregados pétreos la empresa extrae el material para trituración del río Guayuriba mediante excavadoras y doble troques este es acumulado en la planta principal para entrar en un proceso de clasificación que cuenta con tres fases así.

En la primera etapa el material es acumulado en la planta principal proveniente de los depósitos aluviales del río Guayuriba, se pasa por una trituradora o mandíbula que tritura el material a un tamaño entre 0.5" y 3" pulgadas de diámetro. Ver Figura 9.2

Tabla 9.1 Tipos de materiales que provee Murcia y Murcia

Razón Social	Ubicación	Estado de la Vía	Materiales que pueden Proveer
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Mezcla asfáltica MDC-1, Asfalto de la Shell Tipo AC-20
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Mezcla asfáltica MDC-2, Asfalto de la Shell Tipo AC-20
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Sub - Base Granular INVIAS
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Base Granular BG-1
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Gravilla de ½", ¾" y 1" 100% Manufacturada
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Gravilla de 1½", Lavada
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Material de río sin procesar
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Material de filtro
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Mixto
Murcia & Murcia S.A	Km. 14 Villavicencio--Acacias	Pavimentada	Material seleccionado tamaño máximo 1 ½"

Figura 9.2 Trituradora o mandíbula, Murcia y Murcia SA.



Fuente: Auscultar 2007

En la segunda etapa, mediante una banda transportadora el material obtenido de la primera fase es suministrado a una zaranda, un cono y una lavadora de arenas; la zaranda separa el material en diferentes tamaños requeridos en el mercado, el cono recibe el material de sobretamaño y la lavadora de arenas separa la arena de los lodos y material orgánico el cual queda en suspensión en el agua sobrante esta se dirige a unas piscinas separadoras de lodos para la utilización de estos en actividades de siembra. Ver Figura 9.3

Figura 9.3 Zaranda o criba, separador de materiales por tamaño .



Fuente: Auscultar 2007

En la tercera etapa el material con sobre tamaño mayor a 3" pulgadas de diámetro acumulado en el cono es llevado a un impactor vertical el cual funciona como una trituradora mucho más potente que la mandíbula utilizada en la fase uno del proceso de clasificación de materiales pétreos el material resultante es llevado nuevamente a la zaranda para entrar en la clasificación por tamaño. Las características técnicas de los materiales suministrados por MURCIA y MURCIA S.A se encuentran en el volumen VI Estudio Geotécnico y Diseño de Pavimento.

En cuanto a la producción de asfaltos cuentan con una planta asfáltica de última tecnología controlada de manera digital, la planta es alimentada con asfaltos provenientes de Mosquera y Barranca producido por SHELL y ECOPETROL respectivamente, la planta produce asfaltos MDC 1, MDC2 y MDC3. Ver Figura 9.4

Figura 9.4 Planta Asfáltica Murcia y Murcia S.A



Fuente: Auscultar 2007

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La totalidad del proyecto de ampliación a doble calzada Fundadores - ciudad Porfía, se localiza sobre la unidad geomorfológica de llanura, conformada litológicamente por una serie de depósitos aluviales de terraza inconsolidados, emplazados sobre pendientes suaves a casi planas. La disposición horizontal de los materiales, junto con su alta permeabilidad, las buenas condiciones de drenaje de la zona y la resistencia alta de los fragmentos rocosos; conforman un escenario con buenas condiciones de estabilidad y facilidad constructiva.

La ciudad de Villavicencio se encuentra atravesada por la Falla de Villavicencio, que en la literatura hace parte del sistema de fallas de Guicáramo, un sistema con actividad neotectónica detectada y considerada una fuente de eventos sísmicos, lo que ha generado la clasificación de amenaza sísmica alta para la región y la parte urbana. Este aspecto debe tenerse en cuenta en los cálculos estructurales de las obras, consideración el valor de la aceleración en el diseño de los puentes, cruce sobre el Caño grande y Caño Pendejo.

Según el modelo geológico de la zona, los depósitos aluviales presentes en la llanura tienen un espesor que sobrepasa los 30 m profundidad; aunque en algunos sectores de acuerdo con las perforaciones del subsuelo realizadas, en Caño Pendejo y el Puente de la Rochela, reportaron la presencia de rocas de la formación Areniscas del Limbo a una profundidad de 12 metros aproximadamente.

El proyecto se desarrolla en un área de topografía casi plana, en donde los procesos de movimientos en masa no son muy frecuentes y por ende la clasificación de amenaza es muy baja. La amenaza por inundación si es importante y en especial las zonas aledañas de los principales caños o drenajes como el caño Pendejo, Caño Grande y Caño Tigre; consideradas de amenaza alta, debido que en épocas de lluvias puede presentar un comportamiento fluviotorrencial.

Las fuentes de materiales en la región son fácilmente identificables en los principales ríos que presentan un caudal constante y torrencial, como el Guatiquia y Guayuriba, los cuales permiten el arrastre continuo y la acumulación de materiales apropiados de diferentes tamaños y en grandes cantidades.

La geología y litología de los sitios de ponteaderos en Caño Grande y Caño Pendejo es muy uniforme, debido a que se trata de depósitos aluviales matrizsoportados, bien consolidados y en donde se encuentran clastos de diferentes tamaños. El espesor de este depósito es variable teniendo una mayor profundidad en el sector de Caño Grande.



11 BIBLIOGRAFIA

AUSCULTAR Ltda, 2007, Ampliación de la vía Villavicencio-Granada en el tramo Villavicencio-Ciudad Porfía; Volumen III Estudios de geología para ingeniería y geotecnia.

BIENIAWSKI, Z.T., 1989, Engineering rock mass classification. New York: Wiley.

CARVAJAL, H 2004, Propuesta Metodológica para el desarrollo de cartografía geomorfológica para la zonificación geomecánica. Geología Básica, INGEOMINAS Bogotá.

DEERE, U.; PATTON, F. D. (1971): Slope Stability in Residual Soils. Proceedings 4th Pan-Am Conference Soil Mechanics Found. Eng. (San Juan, Puerto Rico), vol. 1, pp. 87-170.

DIMATE, MARIA. 1989 Actividad neotectónica del piedemonte de la cordillera oriental; sector Villavicencio - Tauramena; Colombia 1989. Quinto congreso colombiano de geología. Bucaramanga, Ccolombia.

DUARTE, JUAN. 1999 estudio de la actividad sísmica del sistema de fallas de Guicaramo entre Villavicencio y Aguacalara

HOEK, E. and BROWN, E.T. 1997. Practical estimates or rock mass strength. Int. J. Rock Mech. Min.g Sci. & Geomech. Abstr.. 34(8), 1165-1186.

INGEOMINAS, 1982 Análisis de los movimientos en masa sobre el piedemonte llanero utilizando imagenes de sensores remotos, Simposio internacional sobre sensores remotos y sistemas de información Geográfica para estudio de riesgos naturales. Bogotá, Colombia

INGEOMINAS, 2001 Zonificación sismo geotécnica indicativa del municipio de Villavicencio.

INGEOMINAS, 1999 Inventario Minero nacional, departamento del Meta.

INGEOMINAS, 1998 Mapa geológico de la plancha 266, Villavicencio escala 1: 100.000

INGEOMINAS, 2002 Mapa geológico del departamento del Meta escala 1: 500.000

MONTES,N., OSORIO,J. SANDOVAL, A 1998 Base de datos fallas activas. Proyecto de amenaza sísmica en el territorio Colombiano. INGEOMINAS, Bogotá

PULIDO, O., GOMEZ, L 1998 Memoria explicativa Geología de la plancha 266 Villavicencio. Bogotá



12 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Los análisis de ingeniería, conclusiones y recomendaciones de este documento están fundamentados en recopilación de información existente e información obtenida en los trabajos de campo, para el sector objeto del presente estudio, la cual se referencia aquí.

Cualquier modificación a las condiciones del proyecto deberá ser informada a Consultoría Colombiana S. A. en calidad de Consultor, con el fin de realizar las revisiones y modificaciones que sean requeridas.

13 LISTADO DE PLANOS

01. GENERALES		
LOCALIZACIÓN GENERAL		
1	DIS_VCP001GNGN- PLNA001	GENERALES VILLAVICENCIO- CIUDAD PORFÍA VILLAVICENCIO - RÍO OCOA LOCALIZACIÓN GENERAL

05. GEOLOGÍA		
GENERALES		
1	DIS_VCP001GLGN- PLNA001_SIG	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA RIESGOS POR AMENAZAS NATURALES
2	DIS_VCP001GLGN- PLNA002_SIG	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA RIESGOS POR AMENAZAS NATURALES
3	DIS_VCP001GLGN- PLNA003_SIG	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA RIESGOS POR AMENAZAS NATURALES
MAPAS GEOLÓGICOS		
1	DIS_VCP001GLMG- PFNA001	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA PERFILES GEOLÓGICOS CAÑO GRANDE Y CAÑO PENDEJO
2	DIS_VCP001GLMG- PLNA001_SIG	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA GEOLOGÍA
3	DIS_VCP001GLMG- PLNA002_SIG	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA GEOLOGÍA
4	DIS_VCP001GLMG- PLNA003_SIG	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA GEOLOGÍA
MAPAS GEOMORFOLÓGICOS		
1	DIS_VCP001GLGM- PLNA001_SIG	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA PERFILES GOMORFOLOGÍA
2	DIS_VCP001GLGM- PLNA002_SIG	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA PERFILES GOMORFOLOGÍA
3	DIS_VCP001GLGM- PLNA003_SIG	GEOLOGÍA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA PERFILES GOMORFOLOGÍA

06. GEOTECNIA		
FUENTES DE MATERIALES		
1	DIS_VCP001GTFM-PLNA001_SIG	GEOTECNIA VILLAVICENCIO - CIUDAD PORFÍA FUENTES DE MATERIALES