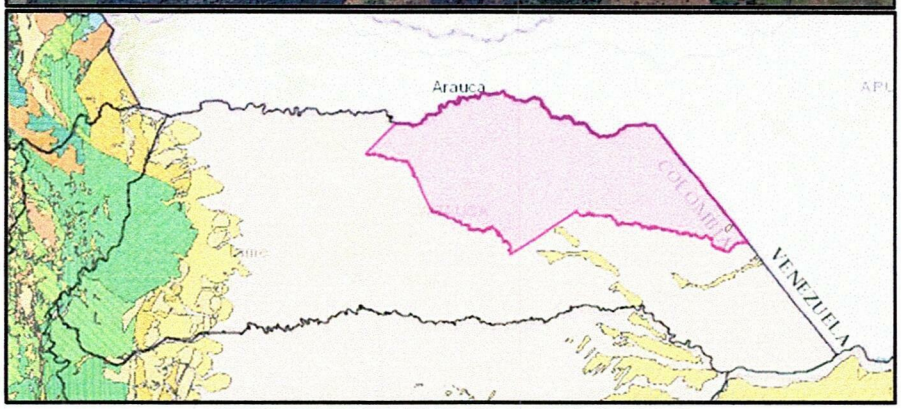
CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL SECTOR DE MONSERRATE, ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.





INFORME ESTUDIO GEOLOGICO

Elaborado por
BRYAN FELMAWER MARIN GARCIA
Ingeniero Civil – Msc. Geotecnia.

Localización:
ARAUCA – ARAUCA
Julio de 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN....4

2. METODOLOGIA....5

2.1 INFORMACIÓN GEOLÓGICA....6

2.2 LOCALIZACIÓN....8

2.3 CLIMA Y VEGETACIÓN....10

2.3.1 Bosque Húmedo Tropical (bh-T)....12

2.3.2 Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM), Transición Cálida....13

2.3.3 Bosque seco tropical (bs–t)....13

2.4 SUELOS Y USO DE LA TIERRA....14

2.5 FISIOGRAFÍA....15

2.6 HIDROGRAFÍA....16

3. GEOLOGÍA REGIONAL....18

3.1 GEOLOGIA LOCAL....18

3.1.1 Depósitos aluviales en llanuras inundables asociados a material orgánico (Qaa)....19

3.1.2 Depósitos de llanuras de Inundación (Qall)....23

3.1.3 Depósitos de Orillares (Qao)....24

4. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS DE LA ZONA....26

4.1 PRECÁMBRICO....27

4.2 PALEOZOICO....28

4.3 CRETÁCEO....28

4.4 TERCIARIO....28

4.5 CUATERNARIO....29

5. GEOMORFOLOGÍA....30

5.1 LLANURA ALUVIAL DE DESBORDE SUBCRECIENTE....31

5.2 VALLES ALUVIALES....32

5.3 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA EN LAS DIFERENTES VISITAS REALIZADAS EN CAMPO....33

5.4 APIQUES REALIZADOS EN EL SITIO DE LA OBRA....34

5.5 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN CONSEGUIDA EN EL CAMPO Y POSTERIOR REDACCIÓN DEL INFORME FINAL. 35

6. GEOLOGIA ESTRUCTURAL 37

7. AMENAZAS 39

7.1 AMENAZA POR INUNDACIÓN 40

7.2 AMENAZA POR SOCAVACIÓN DE CAUCES 41

7.3 AMENAZA SÍSMICA 42

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Arauca, ubicado en la región oriental de Colombia, constituye una zona de especial interés geológico por su posición estratégica en la llanura aluvial del río Arauca y su particular contexto geotécnico.

Geológicamente, el área se encuentra dominada por depósitos cuaternarios de origen fluvial y aluvial, pertenecientes a la Planicie Aluvial de la Orinoquia, los cuales se superponen a formaciones terciarias de la Formación Mesa. Esta configuración genera un escenario único donde materiales no consolidados de alta compresibilidad interactúan con capas semi-consolidadas, creando desafíos significativos para la construcción de obras civiles y la estabilidad del terreno.

La comprensión detallada de la geología local resulta fundamental para la toma de decisiones en proyectos de infraestructura vial, hidráulica y urbana, particularmente considerando las condiciones de sismicidad moderada y la alta vulnerabilidad a inundaciones que caracterizan la región.

2. METODOLOGIA

El desarrollo del presente estudio se ejecutó mediante tres fases consecutivas:

Fase 1: Revisión de información secundaria

- Recopilación y análisis de estudios geológicos regionales del SGC
- Revisión de cartografía geológica escala 1:100.000
- Análisis de información geotécnica de proyectos anteriores en la zona
- Consulta de bases de datos de IDEAM y UNGRD

Fase 2: Evaluación de campo

- Reconocimiento geológico de unidades litológicas
- Identificación de procesos geomorfológicos activos
- Verificación in situ de características geotécnicas

Fase 3: Producción del informe

- Integración de datos de campo y gabinete
- Formulación de conclusiones y recomendaciones

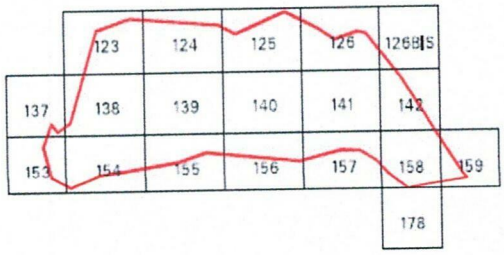
2.1 INFORMACIÓN GEOLÓGICA

Se consultaron los siguientes documentos: Paisajes fisiográficos de la Orinoquia-Amazonia Colombia (IGAC-1999), Cartografía Geológica Escala 1:100.000 De Las Planchas 123, 124, 125, 126, 126bis, 137, 138,139, 140, 141, 142, 153, 154, 155, 156, 157, 158 Y 159 del Departamento de Arauca Colombia (INGEOMINAS, 2010).

Figura 2-1. Localización general de la plancha 125-Arauca.

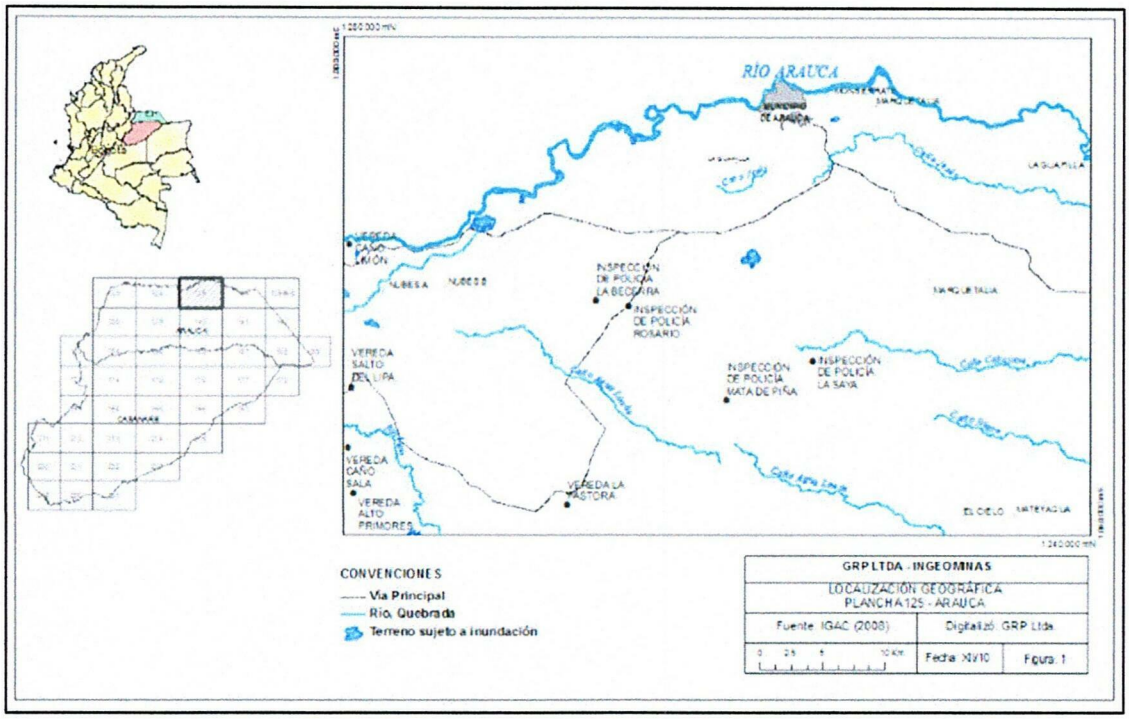


ÍNDICE DE LOCALIZACIÓN



PLANCHAS DE REFERENCIA I G A C.
esc 1:100.000

Figura 2-2. Ubicación área de estudio en la plancha 125-Arauca.



2.2 LOCALIZACIÓN.

Teniendo en cuenta la plancha 125-Arauca- donde se ubica la zona en estudio, siendo esta parte de la Orinoquia Colombiana la cual limita al norte y al oriente con Venezuela, al sur con el río Casanare y al occidente por la divisoria de aguas de la Cordillera Oriental, está conformado en un 80% por un relieve plano y bajo, en tanto que el 20% restante está representado por el flanco oriental de la Cordillera Oriental. A continuación, se describen las condiciones y características geográficas, fisiográficas, hidrográficas y climáticas de la zona donde se localiza el área de trabajo.

El Departamento de Arauca, se encuentra situado en el extremo nordeste del territorio nacional, en el norte de la región de la Orinoquía colombiana, localizado entre los 06° 02` 40" y 07° 06` 13" de latitud norte y los 69° 25` 54" y 72° 22` 23" de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 23.818 km2 lo que representa el 2.1 % del territorio nacional. Limita por el Norte con el río Arauca que lo separa de la República de Venezuela, por el Este con la República de Venezuela, por el Sur con los ríos Meta y Casanare, que lo separan del departamento del Vichada y Casanare, y por el Oeste con el departamento de Boyacá.

Figura 2-2 Ubicación general de Arauca en Colombia

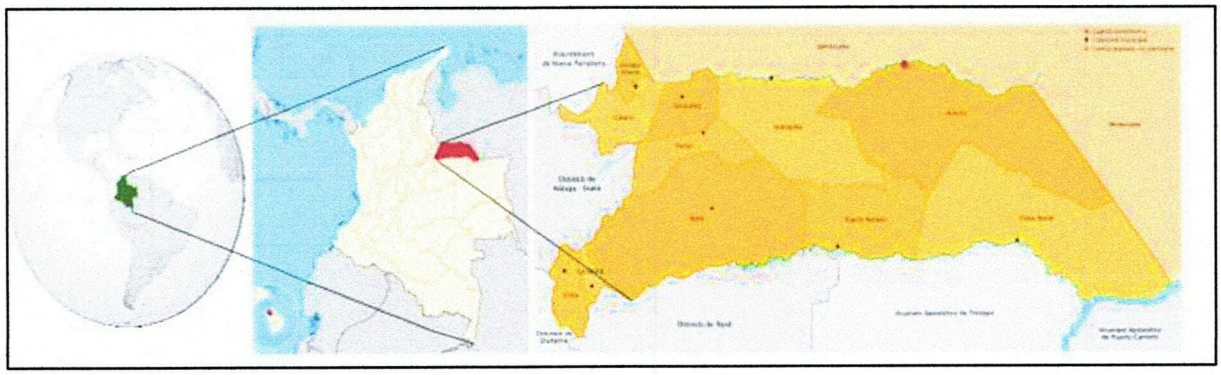


Figura 2-2 Localización del proyecto.



Fuente: Google Earth.

2.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

La plancha 125-Arauca-, se caracteriza por una topografía plana con alturas bajas (entre los 145 y 120 m.s.n.m) y la presencia de los vientos alisios que vienen del este. El clima de la zona se caracteriza por un piso térmico cálido que presenta temperaturas anuales superiores a 24°C. El régimen es pluviométrico monomodal, con dos temporadas, la temporada seca se extiende desde noviembre hasta abril, mientras en el resto del año se presenta la mayor parte de las lluvias que varían de 2000 a 3000 mm anuales, siendo más seco el sector oriental. La estación meteorológica localizada en el municipio de Arauca, registra una temperatura promedio de 26ºC, con variaciones mínimas a lo largo del año y con los promedios de lluvias multianuales mostrados en la Figura 2-4a junto con el contraste de las épocas de sequía e inundación y la vocación de los suelos mostrados en la figura 2-4b

FIGURA 1-4a Precipitación mensual de la estación Arauca.

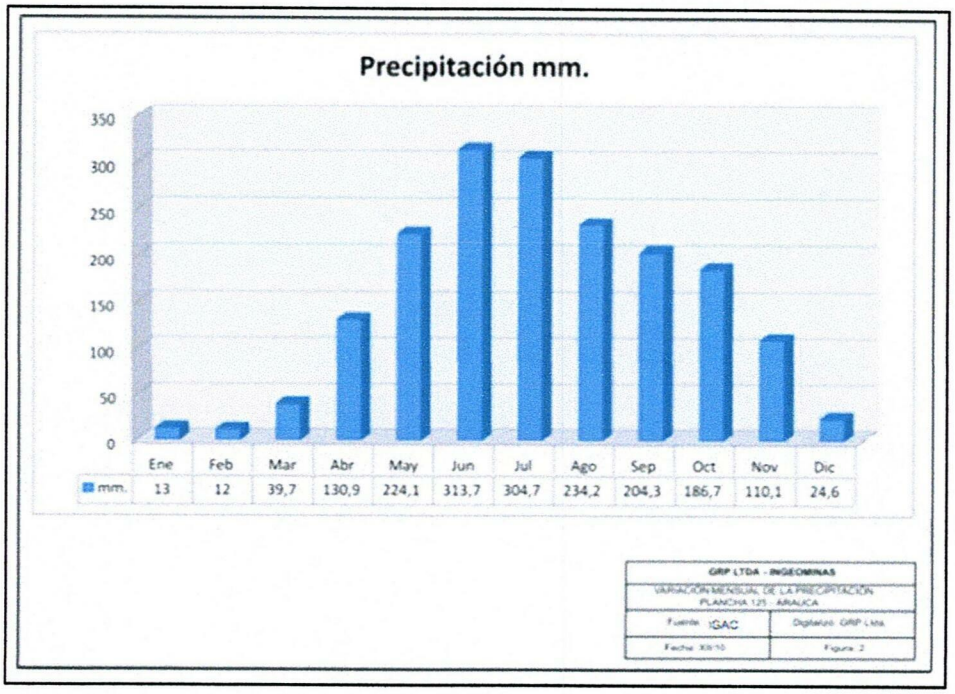
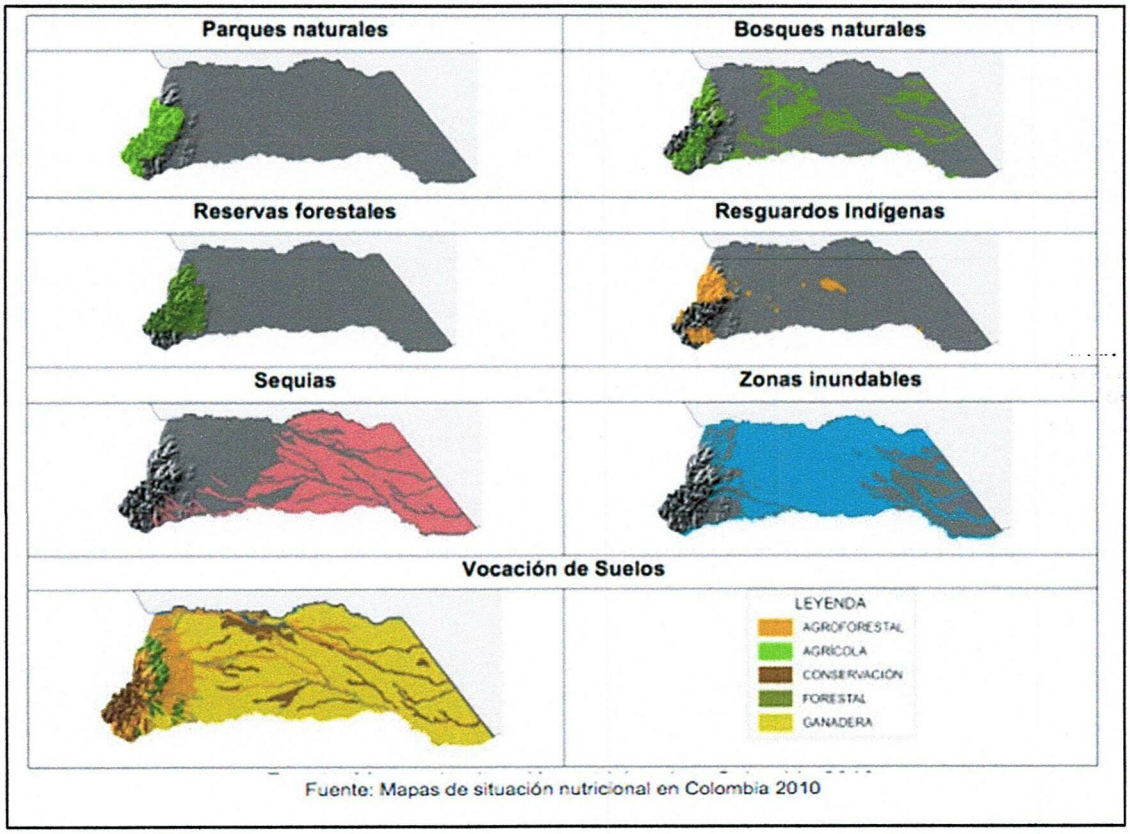


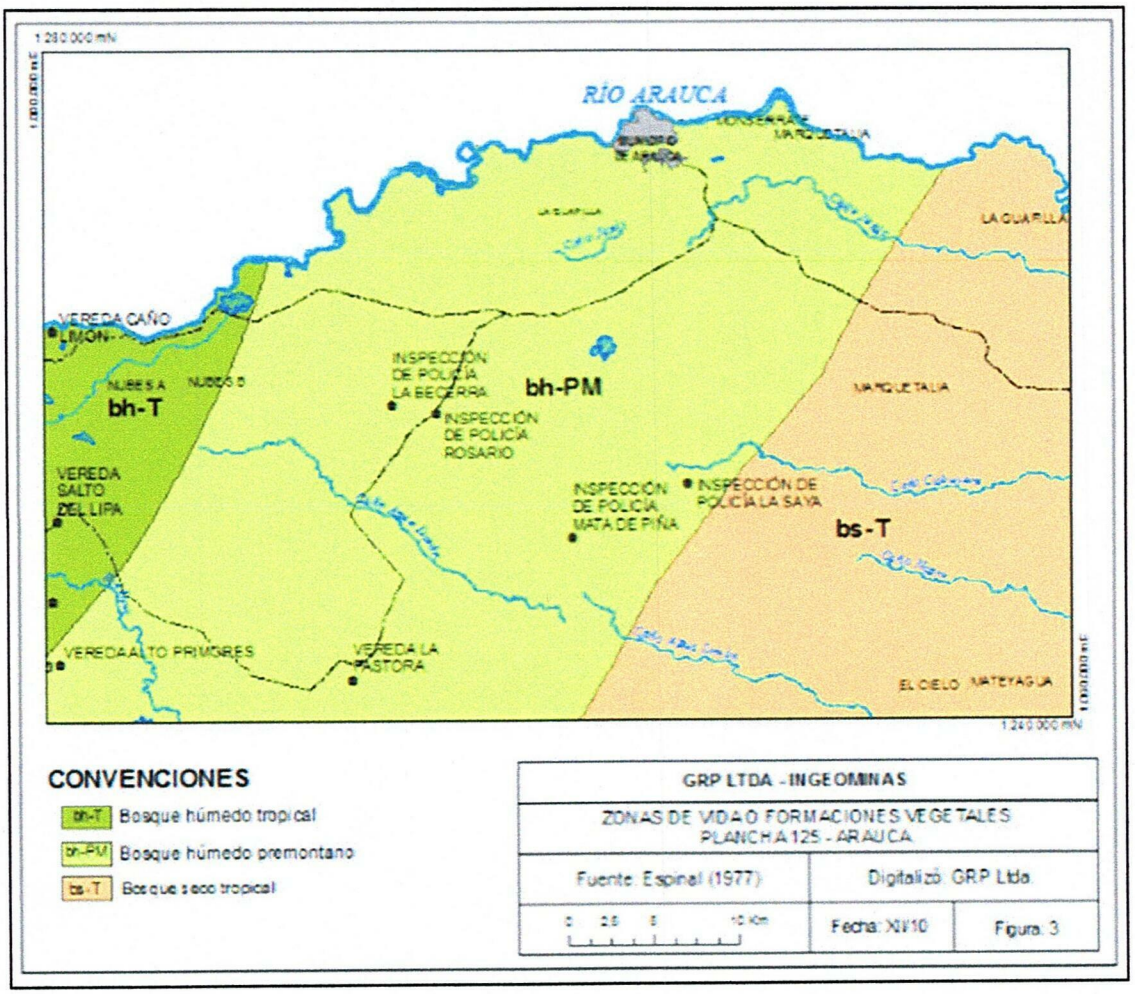
FIGURA 2-4b Caracterización territorial del Departamento de Arauca



Fuente: Mapas de situación nutricional en Colombia 2010

Las características del clima se definen con su clasificación en "Zonas de Vida", las cuales se precisan a partir de datos de temperatura, pluviosidad y evapotranspiración potencial, y reciben nombres asociados a la vegetación natural, aunque ella haya sido modificada para usos antrópicos. Espinal (1977), define en Colombia para esta área, las siguientes Zonas de Vida: Bosque muy húmedo premontano transición cálida, Bosque húmedo tropical y Bosque seco tropical (Figura 2-5).

Figura 2-5. Mapa de Zonas de Vida (Tomado de Espinal, 1977).



2.3.1 Bosque Húmedo Tropical (bh-T)

En esta zona de vida, que ocupa el extremo occidental del área de estudio, las masas nubosas chocan contra la Cordillera Oriental causando lluvias que descargan parte del agua que transportan. "Los límites climáticos generales son una temperatura media superior a 24 °C y un promedio anual de lluvias entre 2.000-4000 mm. El bosque tiene una gran riqueza flora con árboles que alcanzan grandes alturas, los terrenos de esta zona de bosque son aptos para ganadería,

arroz, cacao, banano, plátano, yuca, maíz, palma africana, coco y frutales" (Espinal, 1977).

2.3.2 Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM), Transición Cálida

Esta franja de zona de vida ocupa la parte central de la plancha, incluyendo la cabecera municipal de Arauca. "Los límites climáticos generales son una temperatura entre 22-24°C y un promedio anual de lluvias entre 2.000-4.000 mm. Los sembrados más comunes en estas tierras están asociados con la caña de azúcar, maíz, yuca, frijol, plátano, banano, arracacha, pastos de corte, frutales (cítricos, mango, guayaba, aguacate, papaya, pomo, níspero, madroño zapote), potreros de Yaraguá (Melinis minutiflora) y grama, que se enmalezan fuertemente con Andropogon bicornis (rabo de zorro) y con Eupatorium inulaefolium (salvia)" (Espinal, 1977).

2.3.3 Bosque seco tropical (bs–t)

Esta zona se localiza en el sector oriental de la plancha, donde la precipitación es menor, dada la mayor distancia al piedemonte de la cordillera. "Los límites climáticos generales son una temperatura media superior a 24oC y un promedio anual de lluvias entre 1.000- 2000 mm. Los bosques nativos han sido destruidos casi en su totalidad para establecer ganaderías y cultivos. Las tierras de esta zona de vida representan para el país una de las regiones agrícolas más importantes, tanto para la ganadería, cultivos y frutales como por su potencial para la siembra de árboles de maderas de alta calidad" (Espinal, 1977).

2.4 SUELOS Y USO DE LA TIERRA.

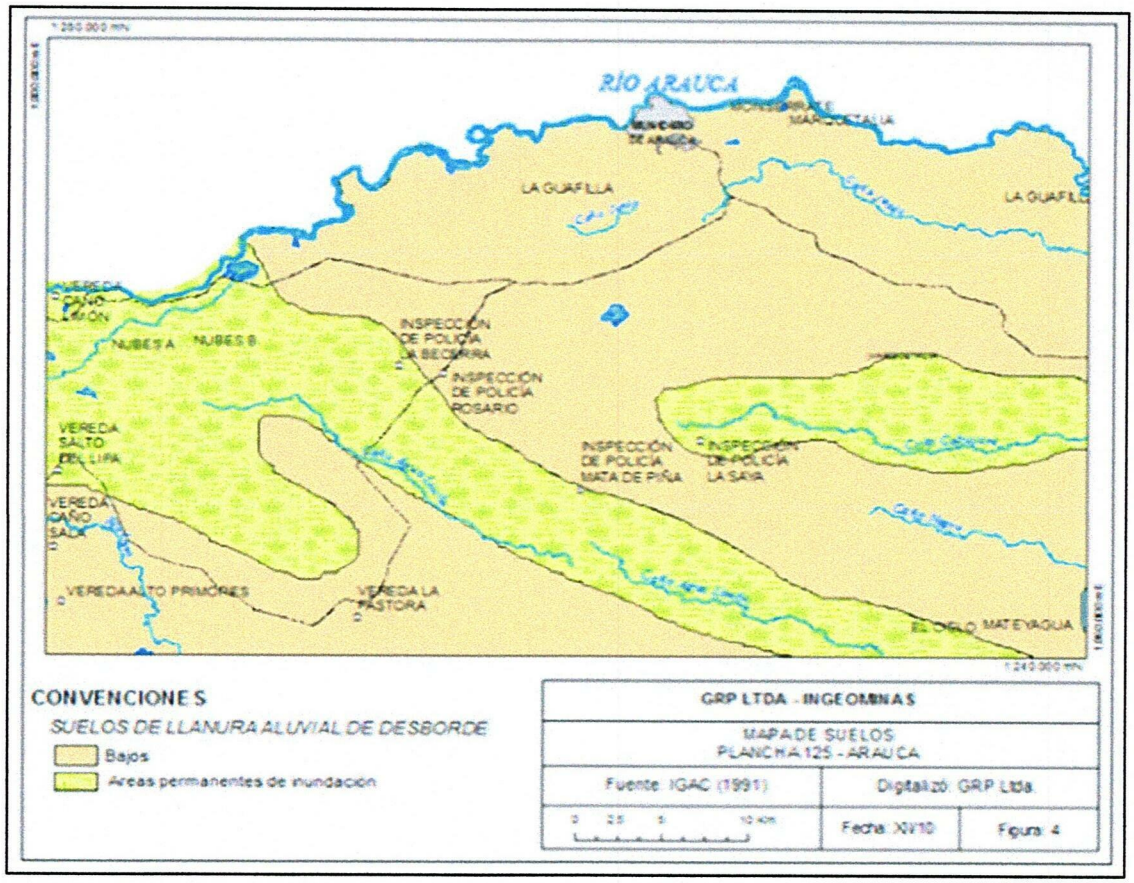
En la plancha 125-Arauca-, de acuerdo al IGAC (1991), existen suelos que caen dentro de la categoría de suelos "Bajos" los cuales se desarrollan por sedimentos finos (Figura 2-6); que se distribuyen en un relieve plano a ligeramente cóncavo de drenaje pobre.

Otra unidad notable la constituyen las áreas de inundación permanente o humedales que corresponden a cuencas cerradas que carecen de redes de drenaje integrado, los cuales ocupan aproximadamente la mitad del área de la plancha.

La mayoría de los suelos en esta parte de los Llanos Orientales se derivan de sedimentos limo con matriz arcillosa recientes de origen aluvial, caracterizados por alto contenido de hierro y aluminio y por la pérdida de minerales básicos por lixiviación debido al exceso de humedad durante la época de lluvias. En consecuencia, los suelos presentan un alto grado de acidez con el desarrollo frecuente de lateritas, que se presentan en ellos como manchas ferruginosas, lo que le da al horizonte C tonos moteados rojizos de tamaño centimétrico, debido a la alternancia entre el estancamiento de las aguas y la desecación del suelo (IGAC, 1991).

El sector occidental de la plancha tiene importantes cultivos de arroz, cacao, plátano, yuca y frutales, mientras que la parte centro oriental se caracteriza por el uso en ganadería extensiva.

Figura 2-6. Mapa de Suelos de la plancha 125-Arauca.



2.5 FISIOGRAFÍA

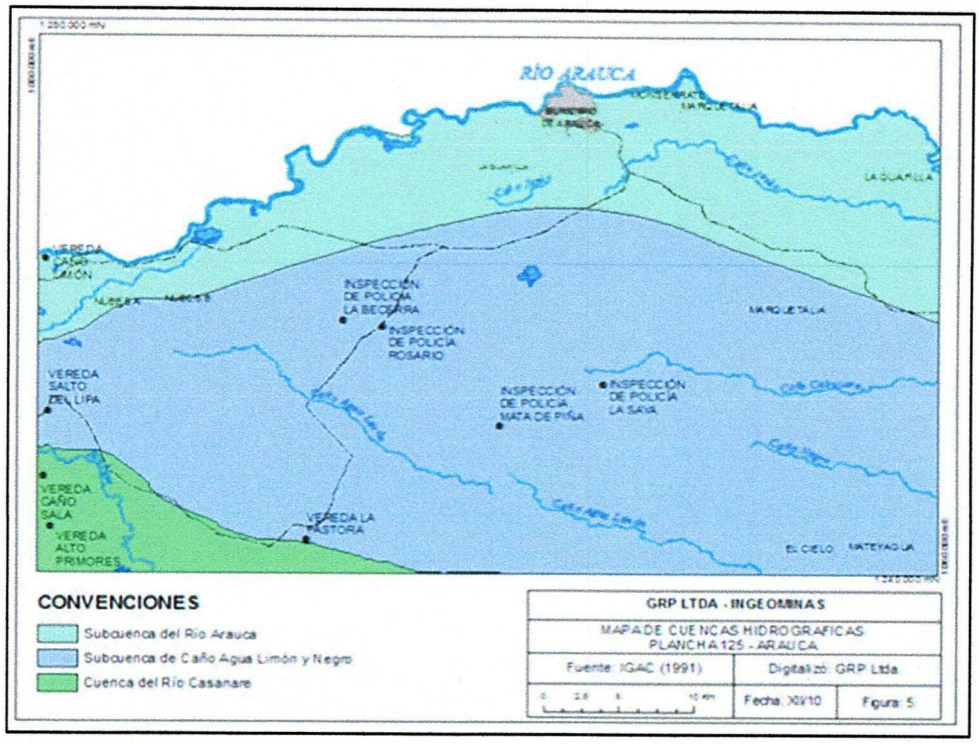
De acuerdo con la clasificación fisiográfica de Villota (1997), la región pertenece, a la Peneplanicie de la Orinoquia, donde según éste autor, se presentan rasgos geomorfológicos propios de una llanura aluvial de formación reciente, tales como llanuras formadas por depósitos aluviales recientes, principalmente llanuras aluviales de desborde originadas por la presencia exclusiva de ríos meándricos.

Todos los ríos y canos que cruzan la zona se caracterizan por caudales que fluctúan ampliamente entre períodos secos y lluviosos, desbordándose en invierno cuando transportan una elevada carga de material en suspensión, con un mínimo de material grueso de carga de arrastre, en especial de gravas finas en el fondo de los canales. Los materiales más gruesos (arenas), se depositan cerca al río como diques laterales; en dirección al interfluvio se depositan arenas medias a finas y a mayor distancia del río, se depositan los materiales más finos, consistentes en limos y arcillas, los cuales se extienden sobre la parte más amplia y cóncava de la llanura denominada "basin", donde se localizan las planicies y humedales más característicos del área de éste trabajo.

2.6 HIDROGRAFÍA

La red hidrográfica regional corresponde a la gran cuenca del Río Orinoco, la cual en el departamento de Arauca, está constituida por tres subcuencas: La cuenca del Río Arauca, la cuenca del Río Limón y Negro y la cuenca del Río Casanare (Figura 5). La cuenca del Río Arauca capta las aguas del 30% del área de este estudio mediante canos relativamente cortos, siendo el más importante de ellos el De Jesús. La subcuenca de los Ríos Caño Limón y Negro cubren el 60% del la plancha 125-Arauca-, nacen cerca de la laguna de Aporrillar y desembocan directamente en el río Meta (IGAC 1991). La subcuenca del Río Casanare, está representada en ésta plancha, por el río Lipa, el cual desemboca en el río Ele, que su vez llega al Cravo Norte y este al Casanare. La subcuenca de Casanare -Lipa capta las aguas del 10% del área de la plancha 125-Arauca.

Figura 2-7. Mapa Cuencas Hidrográficas Departamento de Arauca (IGAC 1991).



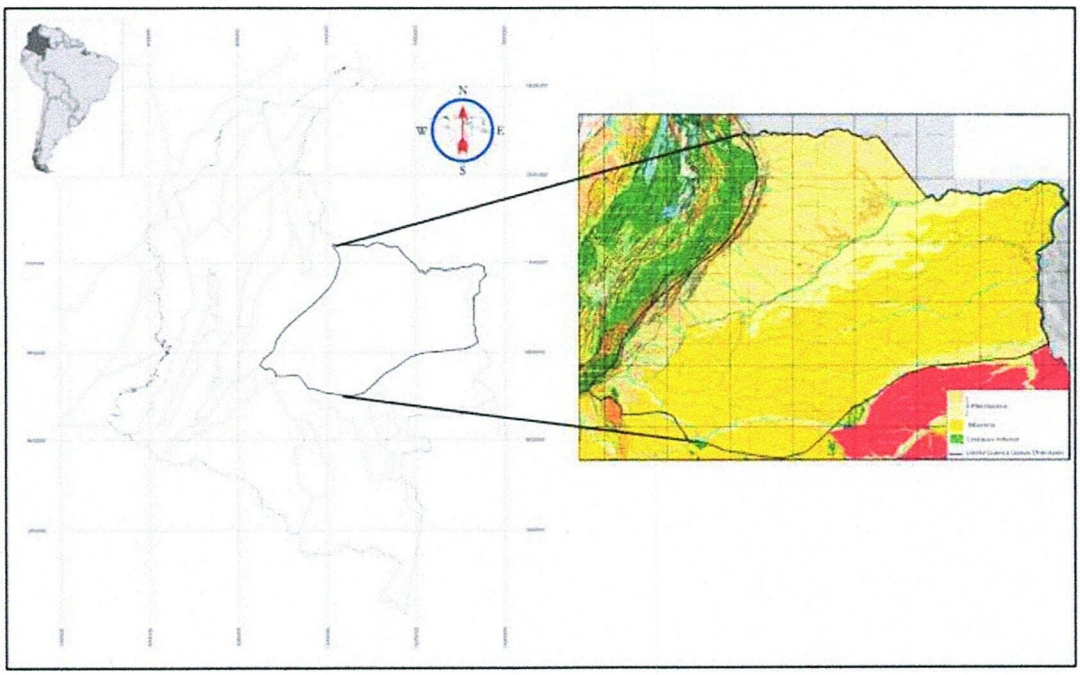
Dentro de la plancha, los drenajes tienen sentido oeste-este y aparte del río Arauca, se originan casi todos en el gran Humedal del Lipa. De norte a sur se destacan los caños Chiparrito, Cantero y de Jesús, que confluyen al este de la zona de estudio y desembocan al río Arauca unos kilómetros por fuera de ella.

Hacia la parte centro-oriental se destacan los caños Cabuyare y Matepiña, que confluyen para formar el caño El Yopo. Hacia el sur, los drenajes más importantes son los caños Negro y Agua Limón, que originados en el humedal de Lipa, se extienden hacia la plancha 126, en la cual, generan por desborde, unas llanuras de inundación alargadas que alcanzan un nivel ligeramente mayor que las zonas circundantes (Figura 2-7).

3. GEOLOGÍA REGIONAL

El marco geológico regional se elaboró teniendo como fundamento el mapa geológico de Arauca y la plancha geológica correspondiente al Departamento de Arauca. La zona se caracteriza por presentar depósitos sedimentarios recientes producto de actividad fluvial y sedimentación por levantamiento de la cordillera oriental, hacia el occidente se encuentra el sistema de fallas de Guaicaramo y borde llanero que limitan la cuenca de los llanos, con la cordillera oriental, hacia el occidente de la falla Guaicaramo afloran rocas sedimentarias del terciario hasta rocas sedimentarias de cretácico.

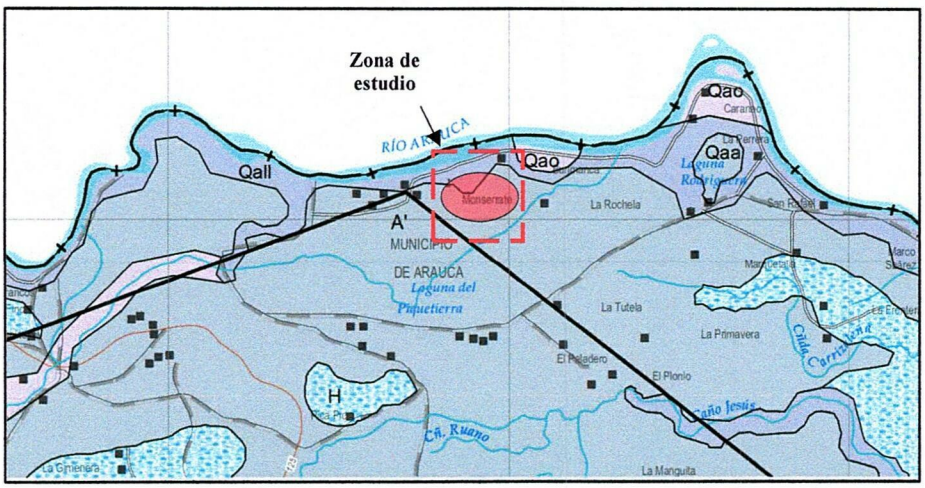
Figura 3-1. Geología regional.



3.1 GEOLOGIA LOCAL

Está cubierta por diferentes depósitos cuaternarios no consolidados: Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables asociados a Material Orgánico (Qaa), Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables (Qall) y Depósitos de Orillares (Qao).

Figura 3-1. Geología de la zona.



3.1.1 Depósitos aluviales en llanuras inundables asociados a material orgánico (Qaa)

La naturaleza y nombre de esta unidad se aplica a extensas llanuras inundables donde se encuentran zonas encharcables ó bajos (áreas donde no se ha depositado suficiente material en épocas de inundación que origine un mayor relieve sobre la llanura inundable), junto a zonas ligeramente más altas (bancos) que corresponden a segmentos de anteriores diques donde dominan sedimentos de carácter limoso hasta arenoso (Figura 3-1).

Figura 3-1. Paisaje plano encharcado característico de los depósitos aluviales en llanuras inundables asociadas a material orgánico (Qaa).



3.1.1.1 Características

La naturaleza y nombre de esta unidad se aplica a extensas llanuras inundables donde se encuentran zonas encharcables ó bajos (áreas donde no se ha depositado suficiente material en épocas de inundación que origine un mayor relieve sobre la llanura inundable), junto a zonas estrechas (bancos) donde dominan sedimentos finos limosos y algunas zonas aisladas de carácter arenoso (Figura 3-1).

Estos depósitos están constituidos por sedimentos aluviales de desborde con evidente presencia de procesos de decantación de sedimentos finos y desarrollo de

suelos orgánicos, donde la permanencia de las aguas inhibe parcialmente el desarrollo de vegetación de altura.

3.1.1.2 Descripción Litológica

La litología general de las zonas altas se caracteriza por una alternancia de capas de espesor medio a grueso, las cuales conforman un horizonte C sin perfil de meteorización, compuesto de arenas muy finas, limos y arcillas que se alternan sin un orden específico.

Las arenas son muy finas, lodosas, compuestas por cuarzo (95%), líticos (menos de 5%), que corresponden a chert y matriz de lodo, los granos son subangulares a angulares, bien seleccionados; los colores varían de acuerdo con la matriz, entre gris claro (N7), gris pardo claro (5YR6/1), gris parduzco (5YR4/1), pardo oliva claro (5Y5/6) y amarillo oscuro (5Y 6/4), abigarradas y a veces con presencia de pisolitos milimétricos de hierro y fragmentos de materia orgánica descompuesta.

Los limos contienen del 5 al 25% de arcillas como matriz, de color pardo oliva claro (5Y5/6) a gris parduzco claro (5YR6/1), abigarrados, con colores pardo claros (5YR5/6). Las arcillas contienen hasta un 15% de limo (Figura 18), presentan color gris claro (N7), a gris oliva claro (5Y6/1), abigarradas con manchas de color pardo moderado (5YR4/4), con fragmentos de materia orgánica y presencia de pisolitos de óxidos de hierro de 2 a 10 mm de diámetro.

Sobre estos depósitos se desarrolla un suelo con horizonte A orgánico, inmaduro de color variable entre negro parduzco (5YR2/1), gris pardo (5YR4/1), pardo rojizo moderado (10R4/6), gris oliva (5Y4/1), gris oliva claro (5Y5/2) y pardo amarillo oscuro (10YR4/2); con espesores que varían entre 0.1 y 0.5 m.

En lazona en estudio, se obtuvo mediante perforación un perfil de una zona baja de esta unidad, con las siguientes características: en la base se presenta una capa gruesa de más de 60 cm. de espesor (horizonte C), compuesta por arcilla de color

gris claro (N8), moteado naranja rojizo (10R 6/6) originado por óxidos de hierro que indican condiciones variables en la posición del nivel freático. En la parte superior se encuentran 10 cm de un horizonte A orgánico, inmaduro, lodo de color gris pardo (5YR 4/1). Este perfil es representativo de las zonas bajas correspondientes a los pantanos de esta unidad.

La unidad de depósitos aluviales en llanuras inundables asociados a material orgánico (Qaa), es la que presenta mayor espesor del Horizonte A de suelo, dentro de la plancha 125 en consecuencia sería la unidad de mayor edad.

3.1.1.3 Ambiente de Depósito.

Los depósitos aluviales en llanuras inundables asociados a material orgánico, se formaron en un ambiente aluvial de ríos meándricos, en donde se presentan sedimentos de llanuras de inundación (overbank), las arcillas pueden corresponder a la colmatación de depresiones en condiciones estancadas, dada por la presencia de restos de materia vegetal y colores oscuros. Mientras los sedimentos arenosos representan un depósito de margen de canal (leeve) a parte de un depósito de desborde (crevasse play)

En un ambiente meándrico, las aguas de inundación comúnmente contienen alta carga de sedimentos en suspensión que son depositados en bajos y pantanos o fluyen lentamente y depositan láminas delgadas de sedimentos finos, desde arcilla con matriz limo hasta arena fina, predominando el limo. Cuando depositan la carga en lagunas y pantanos colmatados luego de una inundación, se decantan únicamente arcillas. La laminación original es en parte borrada por la bioturbación causada por organismos vivos y por la acción de las raíces vegetales.

3.1.2 Depósitos de llanuras de Inundación (Qall)

El carácter y nombre de esta unidad corresponde a depósitos recientes derivados de la dinámica actual de los ríos y caños principales. Se definen como depósitos de desborde que presentan geoformas locales como meandros abandonados, diques de desborde, playones, islotes y lechos menores.

Está unidad aflora a las orillas del río Arauca: A7 a A9, B4, B7, B10 a B12, C3, D1 y D2; en el caño Jesús: B9, B10 y C10; en el caño Matepiña la unidad aflora en los cuadrángulos: C10 a C12, D10 a D12, E10 y E12: caño Corocito: E6 y F7 a F12; caño Negro la unidad aflora en G12 y en el caño Papel la unidad aflora en: E4, F4, F5, G5 a G8 y H8 a H10.

3.1.2.1 Características

La unidad tiene un carácter relativamente seco, el drenaje es casi nulo o intermitente estos Depósitos de Llanura de Inundación están constituidos básicamente por arenas y en menor proporción gravas finas, conjunto que origina suelos más permeables donde se desarrollan localmente bosques de galería.

3.1.2.2 Descripción Litológica

En general los Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables (Qall), se componen de arenas gruesas a finas y limos, dispuestas en capas delgadas, no paralelas, discontinuas, ocasionalmente se presentan lentes discontinuos de gravas finas. Las arenas son cuarzosas (más del 90%), con granos angulares a subangulares y algunos líticos (menos del 10%), generalmente de color oscuro que corresponden a chert, habitualmente limo con matriz arcillosa que le da un carácter cohesivo al

conjunto. Sobre este depósito se desarrolla un horizonte A orgánico, inmaduro de 0.1 a 0.3 m. de espesor con un color gris oliva (5Y 4/1) y a veces no se desarrolla. Al noroccidente de la plancha 125 sobre la margen derecha del rio Arauca, esta unidad se compone de arcilla con matriz de limo de color pardo oliva claro (5Y5/6), abigarrada desarrollando sobre él un horizonte A orgánico de 0.30 m de espesor, con un color gris oliva claro (5Y5/2). Por el menor espesor y madurez de los suelos, se considera de edad menor que la unidad Qaa.

3.1.2.3 Ambientes de depósito

La litología arenosa y el desarrollo incipiente del horizonte A del suelo, unido a la ausencia del horizonte B, indica altas tasas de depositación de sedimentos y materia orgánica, permite interpretar el ambiente de un sistema de ríos meándricos, en donde las arenas representan las barras de punto (poin bars). La litología más arcillosa se deposita en meandros abandonados o en llanuras de inundación con lagunas o pantanos colmatados por la decantación de material fino producto de inundaciones por el desborde de un cauce (crevasse splay).

3.1.3 Depósitos de Orillares (Qao)

Los depósitos de Orillares corresponden a geoformas cóncavo-convexas, semi-lunares con crecimiento concéntrico, que se asocian a meandros de corrientes de alta sinuosidad. Superficialmente se destaca sobre ellos una alineación marcada por diferentes etapas de crecimiento de las especies vegetales. Los depósitos de éste tipo están constituidos básicamente por los materiales de mayor tamaño que arrastre el cauce en los sitios de depositación, en este caso van desde gravas finas hasta arenas, con intercalación de láminas y estratos delgados, discontinuos, con

estratificación cruzada de arenas con matriz limosa. Estos depósitos afloran a orillas del río Arauca y el Caño Chaparrito (A-9, B-4 a B-8 y C-3 a C-8).

3.1.3.1 Características Generales

Son sedimentos asociados a depositación de materiales en las partes internas de los meandros, en especial del Río Arauca. Superficialmente se diferencian de las otras unidades por su nivel más bajo con respecto al río y por lo tanto son inundables, además de que presentan un escaso o nulo desarrollo del horizonte A por su edad reciente y las asociaciones vegetales que se relacionan con ellos se consideran muy jóvenes.

3.1.3.2 Descripción litológica

En esta plancha se observaron depósitos de arenas finas a medias, moderadamente seleccionadas, dispuestas en capas de espesor medio, delgadas, no paralelas, discontinuas, de composición cuarzosa a sublítica, con granos subangulares a angulares, en la secuencia se presentan lentes delgados de arena con presencia de guijos subangulares de líticos negros (chert).

En los afloramientos cortados por cauces, donde se aprecia mejor el depósito como en el caso de los del borde del río Arauca, el depósito arenoso reposa sobre capas gruesas de limolitas y arcillolitas gris claras abigarradas, en estos mismos sitios se observó el depósito con estructura granodecreciente, desde arena media hasta limo con matriz arenosa. El horizonte A orgánico se presenta inmaduro, con bajo contenido de materia orgánica y tiene espesores muy variables, desde centímetros hasta 0.4 m, inmaduros o en partes inexistentes, lo que indica una edad más reciente que el resto de la unidades.

3.1.3.3 Ambientes de depósito

Se trata de depósitos originados en un ambiente de llanura de inundación aluvial, sucedidos en las zonas convexas y de baja energía de los meandros, son depósitos de canal originados por acreción lateral dando lugar a sucesiones características denominadas "barras de punto", en donde la presencia de arcillas basales en la sucesión indica su génesis migratoria.

4. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS DE LA ZONA.

De manera general las llanuras orinoquense y amazonense constituyeron la cuenca de un mar interior que en el transcurso de millones de años se fue rellenando con sedimentos provenientes de la Cordillera Oriental de los Andes y el macizo de Guayana. Los estudios geológicos dejan saber que en el pleistoceno la Cordillera Oriental se sacudió de abajo hacia arriba causando una intensa erosión de grava, arena y arcilla que, a la manera de un dique, le fue ganando espacio al mar. Las lluvias, los ríos y los vientos continuaron actuando en las modificaciones del relieve. Por la parte del sur, idénticos agentes tectónicos devastaron el flanco norte del macizo de Guayana para llevar material de relleno a la parte plana.

Los levantamientos y plegamientos produjeron una catástrofe hacia el final de la última glaciación: se hundieron suelos que hoy corresponden a Arauca y Casanare, dándoles configuración de batea. El límite de la falla se sitúa en la vaguada del río Meta donde es notorio que los barrancos de la margen derecha son más empinados que los de la izquierda. Dicho de otra manera, los Llanos de Arauca y Casanare, así como los del Apure, en Venezuela, tomaron una forma cóncava, propia para retener el agua, mientras que los del Meta y el Vichada mantuvieron una forma convexa, de paraguas, que permite un mejor drenaje. Por esta razón, a los segundos se les denomina Orinoquia no inundable o altillanura, mientras a los primeros se les dice Orinoquia inundable.

La estratigrafía de la Orinoquía está representada por depósitos cuaternarios y rocas sedimentarias del Terciario, que cubren rocas cristalinas del Precámbrico y sedimentitas del Paleozoico y Cretáceo.

4.1 PRECÁMBRICO

Rocas graníticas y metamórficas, con protolito dominantemente sedimentario, constituyen las unidades precámbricas expuestas en la Orinoquía colombiana. Las plutonitas afloran en el extremo oriental de la región y como ventanas en la Serranía de La Macarena; estas rocas son conocidas como el Granito de Parguanza, con facies rapakivi, y el granito de "El Remanso o San Felipe" 2, el primero de ellos con dataciones de alrededor de 1500 m.a.

Las rocas metamórficas son, principalmente, neises cuarzo-feldespáticos, neises micáceos y migmatitas correlacionables con el Complejo Migmatítico de Mitú 1.

La Orinoquia Amazónica se formó gracias a fenómenos tectodinamicos y sedimentarios, destacando eventos metamórficos, intrusivos, volcánicos y de fallamiento, produciendo una diferenciación litológica y estructural. La sedimentación se llevó a cabo dentro de los litorales, donde posteriormente fue plegada. Gracias a estas interacciones el escudo tomo estabilidad tectónica, permitiendo la sedimentación del Paleozoico inferior por la transgecion que cubrió el borde occidental (La Macarena, Los Llanos y Casanare). Cabe destacar que el porcentaje restante del escudo permaneció por debajo del nivel del mar durante el Paleozoico inferior. Estos procesos de sedimentación brindo la caracterización actual de la Orinoquia y de la Amazonia. En esta plataforma sobresalieron los tepuyes o bloques levantados por fallamiento (procesos originados por la orogenia andina)

4.2 PALEOZOICO

Rocas sedimentarias, ocasionalmente con metamorfismo de bajo grado y fauna del Ordoviciano, afloran en la Serranía de La Macarena y se extienden bajo la cubierta sedimentaria del Cenozoico, como ha sido comprobado en perforaciones. Estas sedimentitas fueron llamadas Grupo Guejar y tal denominación se continúa utilizando para las rocas del Paleozoico inferior, depositadas en la cuenca de los Llanos y el área de la Macarena.

4.3 CRETÁCEO

Afloramientos de rocas sedimentarias del Cretáceo superior se conocen en la Serranía de La Macarena; la información del subsuelo, obtenida mediante perforaciones, reporta secuencias de areniscas, lutitas oscuras y, localmente, capas de caliza de esta misma edad, en el sector occidental de la zona 6. La sedimentación de estas rocas cretáceas estuvo controlada por un paleo-relieve originado después del Paleozoico inferior 6.

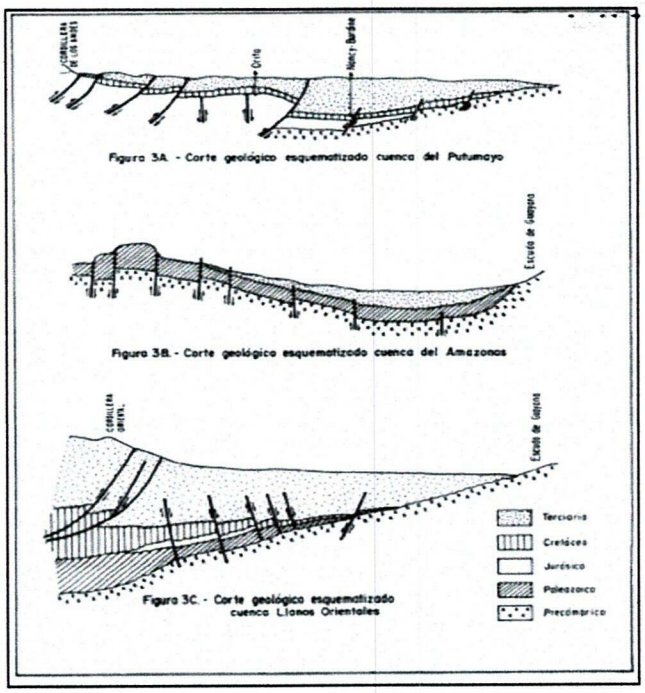
4.4 TERCIARIO

Sedimentitas continentales y epicontinentales terciarias están expuestas en el piedemonte oriental andino, en la Serranía de La Macarena y en todo el oriente y sur de la Orinoquía colombiana. Las perforaciones para hidrocarburos permiten afirmar que la sedimentación tuvo lugar durante todo el Terciario (Govea y Aguilera, 1985), aunque en algunas zonas falta el registro del Terciario inferior 6. La litología más común es de areniscas, arcillolitas y lutitas, así como mantos de carbón en ciertas de las unidades estratigráficas reconocidas.

4.5 CUATERNARIO

La zona central y occidental de la región orinoquense está cubierta por extensos depósitos sedimentarios continentales, predominando terrazas y aluviones, que cubren tanto las rocas como las estructuras del subsuelo.1

Figura 3-1. Cortes geológicos esquematizados para la Amazonia y la Orinoquia colombianas.



Ahora bien, la disposición geológica de Arauca es el resultado del solevantamiento del Pleistoceno, fenómeno que causó una intensa erosión en la cordillera oriental y en consecuencia, fue transportada una gran cantidad de arena, grava y arcilla hacia los llanos, rellenando gran parte de la Zona Oriental.

[1] Fuente http://geologiia.blogspot.com.co/2013/04/la-orinoquia-colombiana-geomorfologia-y.html

En la llanura de desborde durante el Pleistoceno se depositó un vasto manto aluvial, constituido por grandes depósitos de arcilla, que rellenaron gran parte de la cuenca. Esta zona ha sido rejuvenecida posteriormente por aportes sucesivos de los principales ríos que surcan la llanura.

Los aportes eólicos que se presentan, son el resultado de los cambios climáticos. En los períodos secos hubo una fuerte acción del viento, el cual formó espesos depósitos de limos y arenas que cubrieron parte de la llanura aluvial de desborde.

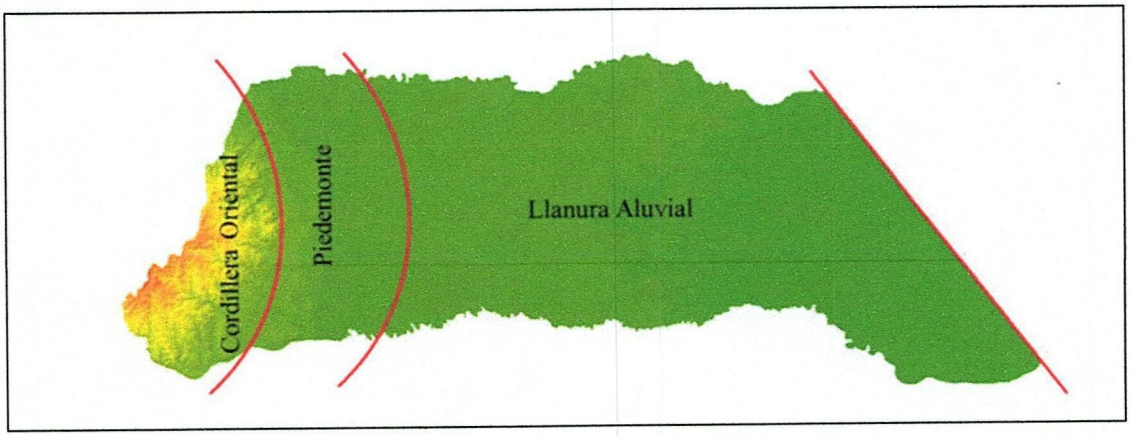
El resto de los residuos eólicos se esparcieron en forma de cobertura, fosilizando los aluviones finos de la llanura de desborde y cuyos espesores alcanzan los 50 cm.

5. GEOMORFOLOGÍA.

En el departamento de Arauca la geomorfología de la región se divide en tres sectores: el sector montañoso, de piedemonte y de llanura (Ver Figura 4-2).

El sector occidental, hace parte del sistema montañoso de la Cordillera Oriental, posee un rango de alturas que van desde los 1.000 msnm hasta los 4.000 msnm. el sector de piedemonte, comprendido entre la Falla de Guaicáramo y la Falla Frontal de Borde Llanero, posee alturas entre 200 msnm y 1.000 msnm, finalmente, el sector de llanura, que conforma cerca del 85% del área total del departamento, se extiende hasta el límite con Venezuela, presenta elevaciones menores a los 200 msnm (REYES & CARDOZO, 2000).

Figura 4-2. Zonificación geomorfológica del departamento de Arauca.



El área de estudio, se encuentra ubicado en el sector de piedemonte en donde se pueden distinguir varias unidades geomorfológicas: sistemas de terrazas, abanicos aluviales y montañas onduladas denudativas. Es importante la influencia aluvial de desborde PRODUCTO DE LOS RÍOS BANADÍAS, RÍO ARAUCA Y SUS TRIBUTARIOS.

5.1 LLANURA ALUVIAL DE DESBORDE SUBCRECIENTE.

Este paisaje de relieve plano está constituido por los sedimentos blandos de origen cluvio - deltáico (arcilla, arenas y limos), del Pleistoceno y Holoceno, provenientes de la cordillera y depósitos en una extensión cuenca de relleno progresivo.

Esta zona geomorfológica ubicada hacia el oriente, tiene como eje central hídrico el río Ele. Presenta características de suelos inundables. Las partes bajas absorben y filtran el agua mientras que las altas no se inundan porque tiene buen drenaje.

5.1.1 Plano Aluvial con cobertura Eólica Generalizada.

Es el tipo de relieve más generalizado. Forma un plano afectado por procesos eólicos, limos y arenas de 40 a 80 cm de espesor que han recubierto los aluviones finos, caracterizada por la secuencia de esteros y caños.

5.2 VALLES ALUVIALES.

Este tipo de paisaje, localizado a lo largo de los principales ríos del departamento, formando un complejo de orillares y napas como resultado de los frecuentes cambios en el curso de los ríos, tal como ocurre con los ríos Arauca y Casanare que se desbordan en época de invierno cambiando su curso e inundando grandes áreas.

Asociación Bellavista (BN): Con una extensión de 30.912 Has, son fajas angostas ligeramente convexas que se encuentran localizadas en los diques de los ríos y caños, con cauce más o menos profundo que atraviesan la llanura y napas de desborde, de relieve plano y poca pendiente; sus materiales provienen de sedimentos dejados por las aguas de desborde durante las épocas de invierno, con clima cálido entre seco y húmedo según la época del año. Caracterizados por ser suelos moderadamente drenados y profundos en los diques, con un horizonte superficial de 20 a 30 cm de espesor, textura media de franco arenosa a franco arcillo – arenosa, superficiales, mal drenados en las napas.

Otros aparecen esporádicamente en los diques o bancos y se caracterizan por ser bien drenados, moderadamente profundos y en general son de fertilidad baja.

Asociación Corocora (CN). Se encuentran en una superficie de aproximadamente 72.734 Has, separada entre sí por los caños de drenaje, formando un complejo de bajos y diques de relieve plano o cóncavo, con pendientes mínimas y alturas que

alcanzan los 150 cm, clima cálido y húmedo, con texturas finas a gruesas, nivel freático alto ocasionando inundaciones y encharcamiento.

Asociación Delicias (DC): Con una extensión de 16.328 Has, son fajas angostas, de relieve plano, sus suelos se han desarrollado a partir de aluviones recientes, rejuvenecidos por las inundaciones provocadas por los ríos, moderadamente profundos, limitados por el alto nivel freático y por inundaciones prolongadas, con buen drenaje en los diques y pobres en las partes bajas.

Asociación Arauquita: Con un área de 20.156 Has, se localiza en los valles aluviales del río Casanare y río Cravo, forma parte de los diques y napas de desborde, con alturas superiores a los 100 m.s.n.m. de relieve plano con pendientes inferiores al 3%, clima cálido y húmedo, con suelos moderadamente profundos.

5.3 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA EN LAS DIFERENTES VISITAS REALIZADAS EN CAMPO.

En cualquier observación visual de un paisaje, podemos diferenciar distintas condiciones geológicas, relacionadas con la litología con los problemas de estabilidad y la permeabilidad. Reconocimiento preliminar.

El reconocimiento preliminar se inicia con un recorrido general de la zona de estudio, para familiarizarse con los paisajes, las coberturas, los usos de las tierras y las vías de comunicación.

El conocimiento previo de la zona adicionalmente permite realizar, modificar, trasladar y/o aumentar las áreas piloto o los transeptos, mejorar la estrategia y ajustar el cronograma de actividades, realizar algunas observaciones sobre los suelos, el clima, la geología, la vegetación, la geomorfología, el uso y el manejo de

las tierras, conocer la infraestructura y registrar datos clave para la programación del trabajo de campo.

En la fase de campo se realizó un recorrido por el tramo vial, registrando afloramientos en ríos cercanos, evidencias de procesos morfo dinámicas actuales y geo formas, asociando la información a lo registrado en los documentos previos.

Cada afloramiento fue georreferenciado, y fotografiado (usando escala grafica), la descripción litológica se realizó en muestra de mano siguiendo los parámetros para la clasificación de rocas sedimentarias y sedimentos de Fok.1979.

5.4 APIQUES REALIZADOS EN EL SITIO DE LA OBRA.

En la exploración del corredor de la vía se realizaron 5 apiques repartidos a criterio del consultor en todo el tramo que se va a diseñar contemplando criterios como cambio de estratificación del suelo haciendo depuración y selección del muestreo, la estratificación y sus materiales fueron analizados en laboratorio con el fin de determinar la litología y los parámetros geotécnicos de la zona.

Figura 2-8. Apiques Realizados en Campo.



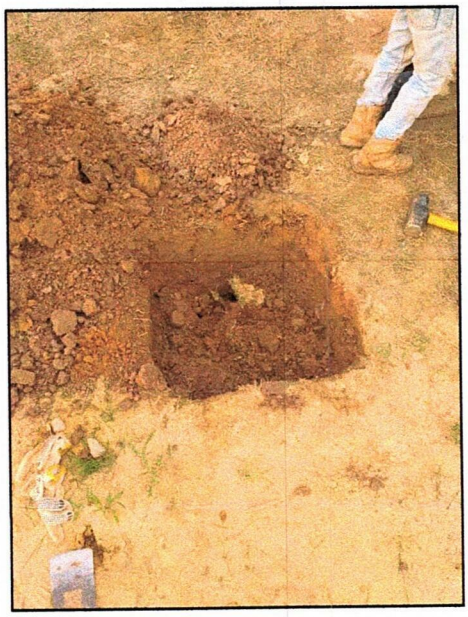
Cuadro N°1. Coordenadas ubicación apiques

Apique	Ubicación	Profundidad
A -01	7° 05' 07.69'' N 70° 44' 21.36" O	1.50 m
A -02	7° 05' 07.60'' N 70° 44' 11.24" O	1.50 m
A -03	7° 05' 07.85'' N 70° 43' 59.04" O	1.50 m
A -04	7° 05' 07.32'' N 70° 43' 48.07" O	1.50 m
A -05	7° 05' 11.66'' N 70° 43' 40.00" O	1.50 m

5.5 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN CONSEGUIDA EN EL CAMPO Y POSTERIOR REDACCIÓN DEL INFORME FINAL.

Es importante para el Ingeniero prever las condiciones geotécnicas del subsuelo con base en las formas topográficas, lo cual en conjunto con la información geológica de superficie encaminara adecuadamente la investigación del subsuelo para el proyecto. Los datos obtenidos en campo fueron correlacionados con la información secundaria existente con el fin de determinar unidades geológicas y geomorfológicas presentes en la zona y definir las características físicas más relevantes del tramo vial objeto de estudio.

Figura 5-3. Material encontrado en los apiques.



Arcilla de baja plasticidad (CL). La característica física más significativa de las arcillas es la plasticidad, que es la capacidad de deformarse sin agrietarse ante un esfuerzo mecánico conservando la deformación al retirarse la carga (No se produce rebote elástico). En las arcillas depende fundamentalmente del contenido de agua, si está seca no es plástica, se disgrega, y con exceso de agua se separan las láminas. Depende también del tamaño de partícula y de la estructura laminar. Cuando esta convenientemente humedecida puede adoptar cualquier forma. Esta propiedad se debe a que el agua forma una "envoltura" sobre las partículas laminares, produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas.

La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño (elevada área superficial) y alta

capacidad de hinchamiento. En general, cuanto más pequeñas son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástico es el material.

El agua se presenta en las arcillas en tres formas: Hidratación (químicamente combinada), plasticidad, (rodeando las partículas minerales) o intersticial (rellenando los huecos entre los granos).

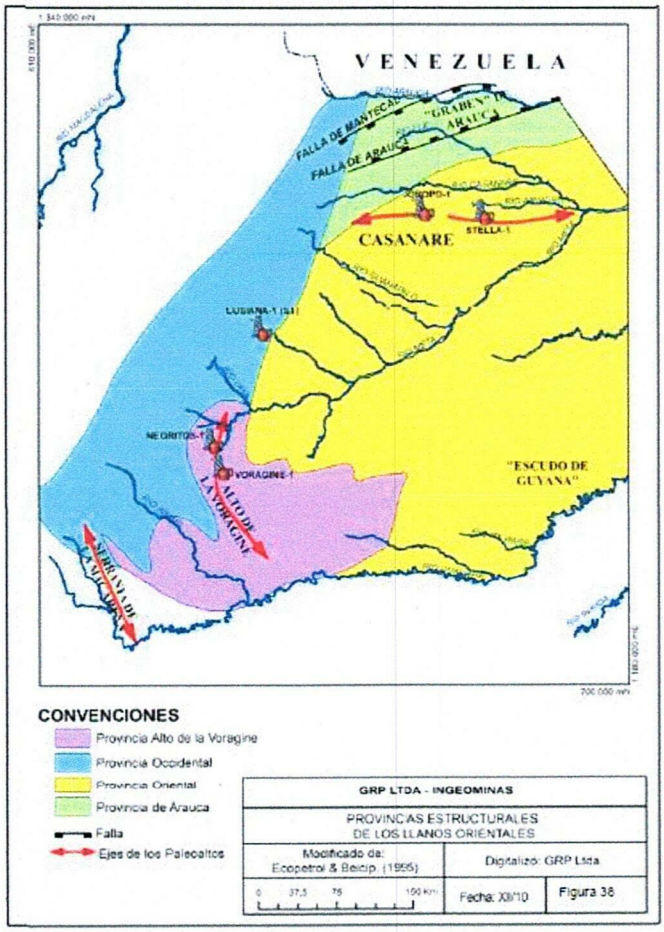
La población del Departamento de Arauca y en este caso concreto el sector en estudio sector Monserrate está formada por dos grandes paisajes o unidades morfoestructurales denominadas: Llanura aluvial de desborde y Valles aluviales:

6. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La cuenca Llanos Orientales ha estado sometida por lo menos a dos episodios orogénicos desde el Paleozoico, los cuales dieron origen a tres provincias estructurales para las unidades Paleozoicas: La Provincia Occidental, Provincia Oriental Casanare- Vichada, y la Provincia Arauca (INGEOMINAS, 2010).

La Provincia de mayor importancia para el presente proyecto es la Provincia Arauca, la cual se caracteriza por la presencia del graben Arauca- Espino, estructura de dirección Noreste- Suroeste, delimitada al norte por la falla Mantecal. Una característica estructural del graben es la formación de pliegues por fallas inversas en el Paleozoico, lo que se ve reflejado en la relación angular entre la secuencia Paleozoica y Mesozoica (INGEOMINAS, 2010).

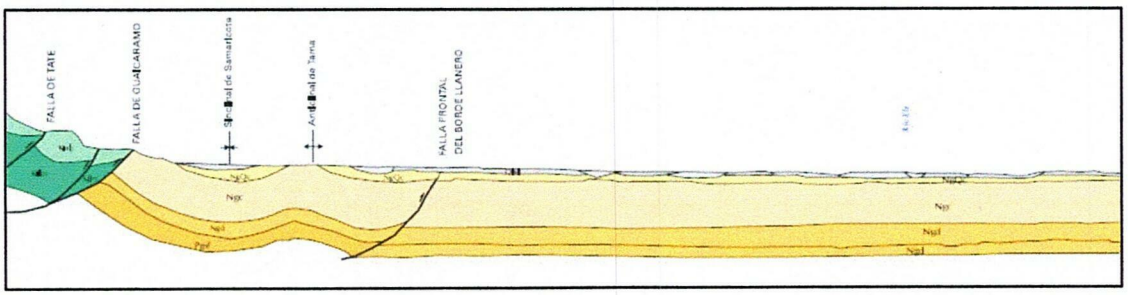
Figura 6-1. Provincias estructurales de la Cuenca Llanos Orientales.



La cuenca de los llanos se caracteriza por presentar un homoclinal inclinado suavemente hacia el oeste una leve estructuración tectónica, con un incipiente fallamiento normal. Ver figura 6-1. (Ingeominas, 2011).

Hacia el occidente se desarrolla un sistema de cabalgamientos producto de la presión ejercida en el levantamiento de la cordillera oriental en la orogenia andina este sistema se encuentra limitado con la cuenca de los llanos por la falla Guaicaramo.

Figura 6-2. Estructura homoclinal, con incipiente falla miento normal (Fuente: Corte geológico, mapa geológico Arauca, INGEOMINAS 2011)



7. AMENAZAS

En toda el área que comprende la vía en estudio y en general el de la plancha 125, se presentan tres fenómenos naturales que generan amenazas para la población y la infraestructura, como son las inundaciones, el socavamiento lateral de los ríos y los sismos. La primera de ellas se constituye en un hecho bastante conocido por la población que año tras año en las temporadas lluviosas, es testigo de extensas zonas inundadas por el desborde de los ríos durante varios meses. El carácter plano y la inmadurez del mismo paisaje, hacen que sean pocas las zonas no inundables o encharcables en los meses de marzo a noviembre, fenómeno que solamente ha permitido establecer asentamientos humanos en sitios ligeramente más elevados que sus áreas circundantes.

En el caso de la socavación lateral, la condición de la llanura de inundación de tener unos diques laterales un poco más elevados y secos, permite que la población se asiente en estas márgenes que con el transcurso del tiempo pueden ser erosionadas por el carácter meándrico de los ríos.

En contraste con los fenómenos anteriores, los sismos son relativamente poco conocidos por la población en razón a que los intervalos de recurrencia para sismos destructores son relativamente bajos, lo que puede hacer que la población desconozca el fenómeno y se haga más vulnerable.

7.1 AMENAZA POR INUNDACIÓN

El área objeto de este estudio es afectada con frecuencia por inundaciones que producen grandes pérdidas en infraestructura, agricultura y a la población misma, es difícil encontrar períodos de años en los cuales no se referencien inundaciones en el área urbana o rural del municipio de Arauca.

Tratándose de un territorio exclusivamente plano, donde casi no es posible encontrar alturas significativas sobre el nivel de la planicie aluvial inundable, son muy pocas las zonas que se puedan clasificar como libres de amenaza por inundación o encharcamiento. A lo anterior se suma en parte la convivencia anual con el fenómeno por parte de la población, lo que hace que ella evite por sí misma ocupar sitios susceptibles a inundarse con mayor periodicidad.

Los mapas de amenaza y riesgo disponibles en el Plan de Ordenamiento Territorial vigente (Alcaldía Municipal de Arauca), solamente son planos indicativos y por esta razón se hace necesario a corto plazo una revisión de esta temática por parte de una entidad especialista en el tema. Una ciudad de alto crecimiento poblacional como Arauca no puede ser bien planificada sin este insumo, al igual que toda el área rural.

Una estrategia apropiada para elaborar mapas de inundación con alguna precisión, sería aprovechar un período lluvioso intenso con afectaciones importantes en la cabecera municipal o los corregimientos (como lo acontecido los últimos años), para en estas condiciones hacer toma de aerofotografías y tener así un panorama más acertado de las susceptibilidades a inundación y encharcamiento del terreno.

Como no es sencillo determinar zonas de amenaza por inundación con algún periodo de retorno dado, el Municipio de Arauca podría al menos provisionalmente en la normatividad urbana, incluir una obligatoriedad de realizar llenos de una altura determinada, antes de la construcción de las viviendas, de manera que se reduzca su vulnerabilidad al fenómeno de las inundaciones. Una medida adicional mínima

para reducir el impacto de ellas sobre la población, puede ser mantener un alto nivel de información y educación comunitaria, al igual que unos planes de emergencia actualizados y localizados para todos los asentamientos.

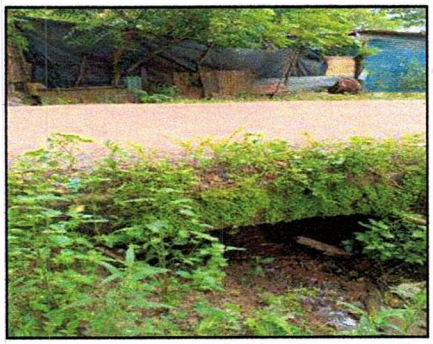
Como medidas de prevención a corto plazo válidas para todo el Departamento de Arauca, se debe considerar el apoyo a estudios históricos sobre desastres en las cabeceras municipales y una densificación de la red hirometeorológica, pues los datos son relativamente escasos para poder llevar a cabo estudios de calidad de amenaza por inundación.

7.2 AMENAZA POR SOCAVACIÓN DE CAUCES

Los cauces naturales que atraviesan la plancha 125 son eminentemente de carácter meándrico y, en consecuencia, es necesario tener en cuenta que es un proceso natural la migración de ellos sobre un eje principal. Este eje se determina sobre un plano de manera aproximada, uniendo las aristas de los meandros, delimitando así una zona que corresponde al cauce natural (cauce mayor). Esta zona se debe considerar como de amenaza alta para este fenómeno y, en consecuencia, debe ser una medida obligatoria para el ordenamiento de territorial en todas las cuencas de la plancha, por lo tanto y con las experiencias de las últimas inundaciones sufridas en la zona en estudio (Monserrate) se debe tener especial cuidado con los cauces cercanos a la carretera.

Figura 7-1. Obras de drenaje transversal en la zona

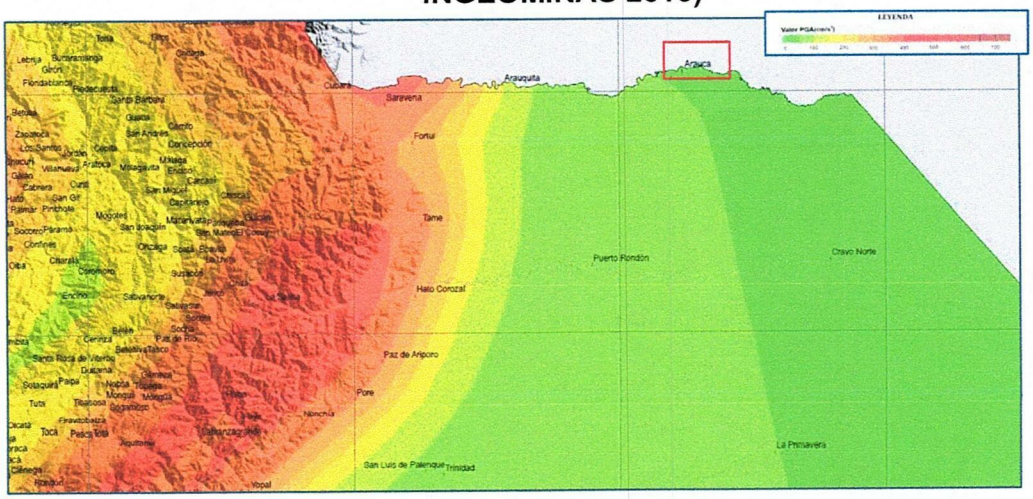




7.3 AMENAZA SÍSMICA

La Amenaza Sísmica de cualquier zona en particular del territorio Nacional, está definida por la normativa vigente de Sismorresistencia, NSR-10, la cual adopta los parámetros del "Estudio General de Amenaza Sísmica en Colombia" (AIS et al., 1996). Según el mapa de zonificación de amenaza sísmica, la zona de se encuentra ubicada en franja de actividad sísmica media de 100 a 200 PGA, actividad originada el movimiento continuo de las fallas: Güicaramo, Borde Llanero (Ver figura 7-2.)

Figura 7-2, Mapa nacional de amenaza sísmica zona Arauca (Fuente: INGEOMINAS 2010)

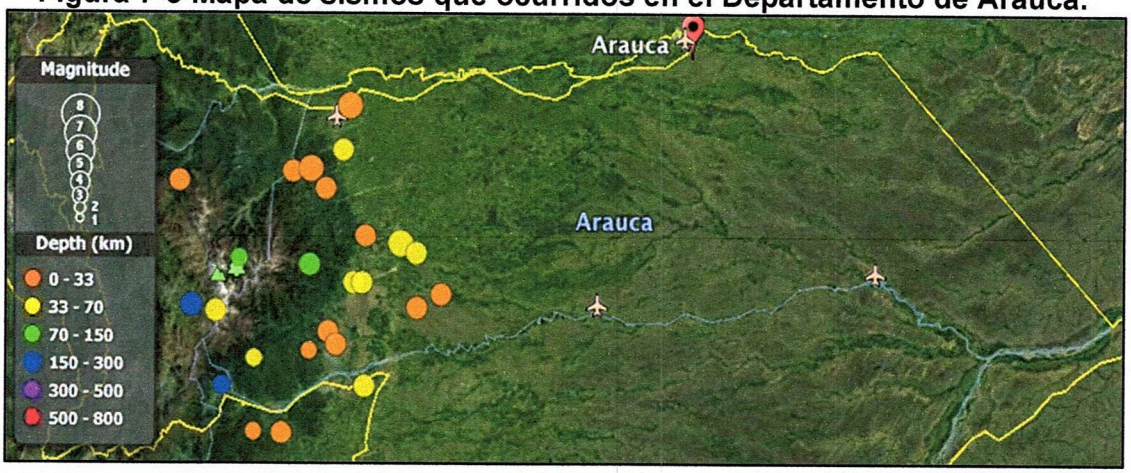


Varios trabajos han sido publicados sobre la gran actividad neotectónica a lo largo del sistema de Falla Frontal del Borde llanero (Paris & Sarria, 1988; Robertson, 1989) que se extiende hasta Los Andes venezolanos (Soulas, 1981). Entre los municipios de Paz de Ariporo (Casanare) y Tame (Arauca) se reporta fallamiento entre depósitos de gravas cuaternarios con algunas terrazas sobrepuestas, basculadas, originadas por varias pulsaciones de la Falla Frontal, las cuales se manifiestan en los depósitos de los ríos Casanare y Tame, donde existen numerosos niveles de terrazas escalonadas. Plegamientos dentro de depósitos aluviales, que forman anticlinales y sinclinales muy amplios, se presentan entre Hato Corozal y Tame.

No obstante, lo anterior, en el Departamento de Arauca, en los últimos años, no se han presentado fenómenos telúricos importantes y sólo en 1996 se registraron dos sismos, el primero de los cuales tuvo una magnitud de 2,9 en la localidad de Los Chorros (enero 10) y el segundo registrado en marzo 25 en el Municipio de Tame, cuya magnitud fue de 3,5 (INGEOMINAS, 1996).

En la Figura 7-3 se presenta un esquema cualitativo de la amenaza por sismicidad en el departamento.

Figura 7-3 Mapa de sismos que ocurridos en el Departamento de Arauca.



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Una vez se realizó la revisión de la información existente y realizada la visita al área de estudio, se pudo constatar, que la zona presenta las características propias de la región de estudio (llanos orientales), sin presentar variaciones a las descripciones geomorfodinamicas descritas en la literatura y estudios de otros autores.
- En el área de estudio se identificaron tres unidades geológicas correspondientes todas ellas a depósitos sedimentarios aluviales, representados por Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables asociados a Material Orgánico (Qaa), Depósitos Aluviales en Llanuras Inundables (Qall) y Depósitos de Orillares (Qao).
- La morfoestructura estudio que cubre la vía objeto de intervención es uniforme caracterizada por presentar una topografía plana, con una ligera inclinación (x<8o) hacia el oeste, lo que minimiza la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.
- Según el mapa de zonificación de amenaza sísmica del SGC, la zona de se encuentra ubicada en franja de actividad sísmica media-baja de 100 a 200 PGA, condición que reduce el riesgo por actividad sísmica para las obras proyectadas.
- Este estudio, determino que a lo largo del carreteable existente, se cuenta con una zona apta para para la ejecución del proyecto, pues la zona cuenta

con alta estabilidad y no presenta fallas geológicas en los límites de la misma. No obstante, se evidencio que, en algunos tramos de la vía, durante los periodos de invierno más fuertes, la acumulación de aguas de escorrentía en las llanuras de inundación propias del sector genera socavación en las márgenes del carreteable que debe ser atendida; como observación preliminar, esta situación puede ser causada por la inexistencia y/o obstrucción de algunas obras de drenaje, que causan el represamiento de agua y con esto la acumulación de la misma, sin embargo, esta inquietud deberá ser resuelta en el estudio hidrogeológico o en el chequeo de las estructuras hidráulicas.

- El presente estudio determinó que la zona de trabajo no presenta riesgos por presencia de fallas geológicas, de tal manera que se puede garantizar que no se tiene presencia de puntos críticos que deban ser atendidos con medidas especiales.
- Se recomienda elaborar diseños hidráulicos que permitan la continuidad espacial de los cuerpos de agua y corrientes de escorrentía que se presentan en épocas de altas precipitaciones.
- Las conclusiones y recomendaciones establecidas en el presente Informe Técnico son sólo aplicables para el área en estudio.

Ing. Msc. BRYAN FELMAWER MARIN GARCIA
M.P. No. 54202-149962 NTS
TEL. 310-8543315

MEMORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo **BRYAN FELMAWER MARIN GARCIA**, identificado con cédula de ciudadanía No. 1.090.394.644 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 54202-149962 NTS, por medio del presente declaro que realice el Estudio Geológico del proyecto **"CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL SECTOR DE MONSERRATE, ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."** fueron elaborados por el suscrito, fundamentados en los conocimientos y las capacidades que poseo como profesional para desarrollar Estudios Geotécnicos y de acuerdo a las normas vigentes.

Por lo anterior, manifiesto que es viable la construcción de las obras contempladas dentro de dicho estudio, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones que en el aparecen.

En consecuencia, asumo la responsabilidad referente al estudio para el proyecto **"CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL SECTOR DE MONSERRATE, ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."**.

Se expide a solicitud del interesado, Julio de 2025.

BRYAN FELMAWER MARIN GARCIA
C.C. 1090394644 de Cúcuta – M.P. 54202-149962 NTS
Ingeniero Civil - Especialista en Pavimentos – Magister Geotecnia

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo **BRYAN FELMAWER MARIN GARCIA**, identificado con cédula de ciudadanía No. 1.090.394.644 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 54202-149962 NTS, por medio del presente declaro que realice el Estudio Geológico del proyecto **"CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL SECTOR DE MONSERRATE, ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."**

Por medio de la presente manifiesto ceder plenamente los derechos a la Alcaldía de Arauca.

La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Se expide a solicitud del interesado, Julio de 2025.

BRYAN FELMAWER MARIN GARCIA
C.C. 1090394644 de Cúcuta – M.P. 54202-149962 NTS
Ingeniero Civil - Especialista en Pavimentos – Magister Geotecnia



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

Uptc
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Creada mediante Decreto 2655 de 1953 y Ley 73 de 1962

Teniendo en cuenta que:

Bryan Alexander Martín García

C. C. Nº 1.090.394.844 de CÚCUTA

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Magíster en Geotecnia

En testimonio de ello, otorga el presente DIPLOMA

en Tunja, a los 25 días del mes de junio de 2020

Decano

Secretaria General

Registro

Admisiones y Control de Registro Académico
Diploma No. 123394
Libro de Registro No. 58
Folio No. 131
Fecha 25-06-2020
Coordinador

SOLO VALIDO PARA EL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL SECTOR DE MONSERRATE ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".



REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA

MATRICULA PROFESIONAL NO.
542021499962NTS
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 20/12/2007
LUIS JAN FELM BAYER
MARIN GARCIA
C.C. 1150394644
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE
PAULA SANTANDER

PRESIDENTE DEL CONSEJO

307.017-31/1

SOLO VALIDO PARA EL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS EN EL SECTOR DE MONSERRATE, ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza a su titular para ejercer como Ingeniero en todo el Territorio Nacional.

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA

Calle 78 No. 9 - 57 Oficina 1301 Tel. 3220102 Bogotá D.C.

El suscrito: ORLANDO CASTELLANOS POVEDA
Notario Único del Círculo de Arauca, hace constar
que la copia fotostática precedente es similar
al original de que fue tomada.
10 ABR 2011
Dada en Arauca:
El Notario: