PABLO CASTILLA NEGRETE

Estudios Geotécnicos y Ambientales

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE 10 KM DE VÍAS URBANAS Y/O RURALES EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DE ACUERDO CON LAS METAS E INDICADORES ESTABLECIDOS EN EL PLAN DE DESARROLLO "GOBIERNO DE LA GENTE "2020-2023".

ESTUDIO GEOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO EN LOS BARRIOS SAN FRANCISCO Y ROBLES DEL NORTE EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



I.C. PABLO CASTILLA NEGRETE.

Especialista en mecánica de suelos y cimentaciones.

Especialista en ingeniería ambiental.

Especialista en Prevención, atención y reducción de desastres.

Especialista en gerencia para ingenieros.

MONTERÍA - 2022

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 4
2. OBJETIVO Y ALCANCES 5
2.1. Objetivo. 5
2.2. Alcances. 5
3. GENERALIDADES 6
3.1. Localización del proyecto. 6
3.2. Caracterización. 7
3.2.1. Geología. 7
3.2.2. Geomorfología. 9
3.3. Geoestructura y ambiente morfométrico. 10
3.4. Clima. 11
3.5. Vegetación. 14
3.6. Hidrología. 15
3.7. Sismicidad. 16
4. RIESGOS 17
4.1. Asociados a la geología. 17
4.2. Asociados a la geomorfología. 18
4.3. Inundación. 20
4.4. Movimiento en masa. 21
5. ESTADO ACTUAL DE TALUDES Y OBRAS DE ESTABILIZACIÓN Y ESTABILIDAD. 22
6. ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO. 22
7. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO Y GEOTÉCNICOS 24
8. CONDICIONES DEL DRENAJE. 24
8.1. Estructuras 25
8.1.1. Estructuras existentes. 25
9. FUENTES DE MATERIALES. 26
9.1. Canteras para la construcción del pavimento de concreto rígido. 26
10. DISPOSICIÓN DE MATERIALES SOBRANTES. 29
11. CONCLUSIONES. 30
12. RECOMENDACIONES. 30
13. BIBLIOGRAFÍA. 31
14. LIMITACIONES DEL ESTUDIO. 31

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto en el municipio. 4
Figura 2. Localización del proyecto en el barrio. 5
Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. 6
Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba. 7
Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba. 8
Figura 6. Mapa geológico del proyecto en el municipio de Montería. 9
Figura 7. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba. 10
Figura 8. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba. 11
Figura 9. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba. 12
Figura 10. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba. 13
Figura 11. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba. 14
Figura 12. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba. 15
Figura 13. Cuenca hidrográfica del Rio Sinú. 16
Figura 14. Zona de amenaza sísmica del municipio de Montería. 17
Figura 15. Perfil tipo de depósitos aluviales. 18
Figura 16. Mapa de amenaza de inundaciones. 20
Figura 17. Mapa de vulnerabilidad de inundaciones. 21
Figura 18. Mapa de amenaza de movimiento en masa. 21
Figura 19. Mapa de vulnerabilidad de movimiento en masa. 22
Figura 20. Localización canteras cercanas al proyecto. 27

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tramos de vías a construir. 5
Tabla 2. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería. 14
Tabla 3. Resultados de la exploración del subsuelo. 23
Tabla 4. Estructura hidráulica existente. 26
Tabla 5. Canteras cercanas al proyecto. 27

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE 10 KM DE VÍAS URBANAS Y/O RURALES EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DE ACUERDO CON LAS METAS E INDICADORES ESTABLECIDOS EN EL PLAN DE DESARROLLO "GOBIERNO DE LA GENTE "2020-2023".

ESTUDIO GEOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO EN LOS BARRIOS SAN FRANCISCO Y ROBLES DEL NORTE EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la solicitud presentada por el MUNICIPIO DE MONTERÍA, se realizó el estudio geológico para la construcción de pavimento en concreto hidráulico en los barrios San Francisco y Robles del Norte en el municipio de Montería - departamento de Córdoba.

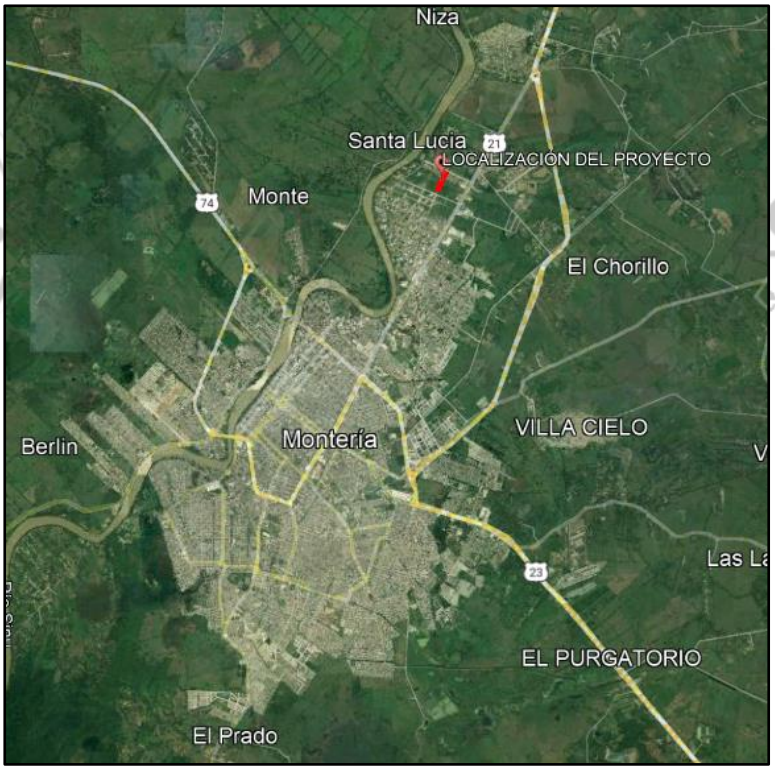


Figura 1. Localización del proyecto en el municipio.
Fuente: Google Earth.

El proyecto consiste en la construcción de 0.66 Km m de pavimento hidráulico (DOBLE CALZADA) correspondiente al siguiente tramo:

ITEM	DIRECCIÓN	COMUNA/ CORREGIMIENTO	BARRIO/VEREDA
12	Carrera 4 entre las calles 73 Y 77 (DOBLE CALZADA)	8	SAN FRANCISCO – ROBLES DEL NORTE

Tabla 1. Tramos de vías a construir.
Fuente: Suministrado por el solicitante.

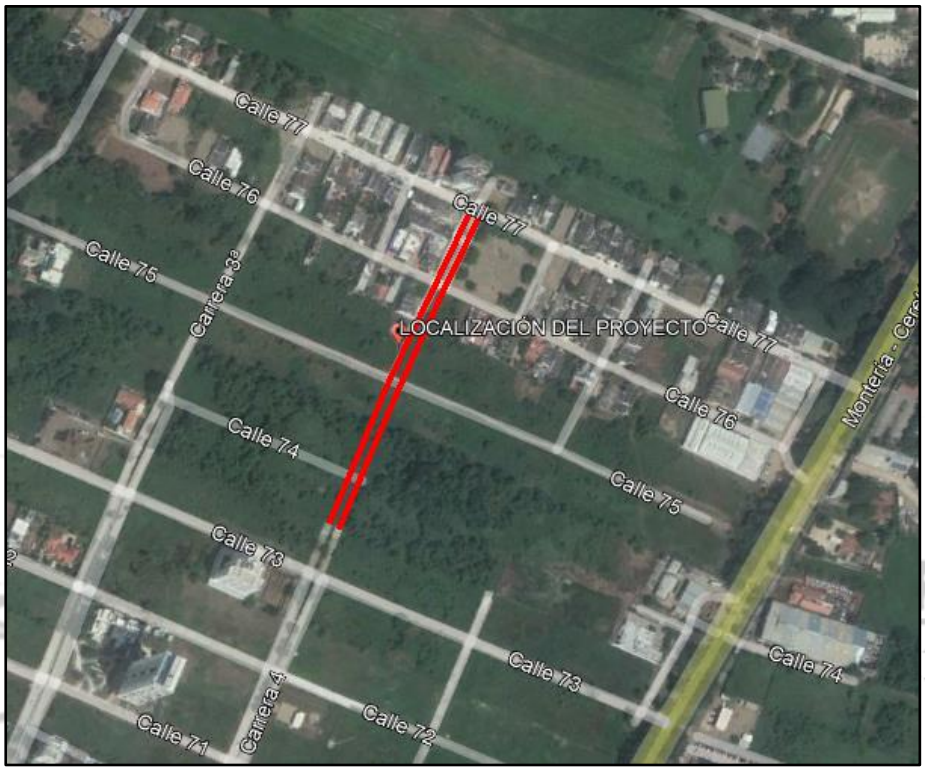


Figura 2. Localización del proyecto en el barrio.
Fuente: Google Earth.

2. OBJETIVO Y ALCANCES

2.1. Objetivo.

Definir las condiciones del sitio de construcción de la vía, así como los lugares adecuados para el suministro de materiales de construcción y de disposición de materiales sobrantes.

2.2. Alcances.

Para alcanzar el objetivo planteado se desarrollarán las siguientes actividades:

a) Ubicación general del proyecto.
b) Investigación geológica y geotécnica de la zona del proyecto.

c) Inventario de estructuras existentes y fuentes de materiales cercanas al proyecto.
d) Caracterización geotecnia de las fuentes de materiales.
e) Determinación de los sitios apropiados de disposición del material.

3. GENERALIDADES

3.1. Localización del proyecto.

El municipio de Montería está situado en la zona centro del departamento de Córdoba, correspondiente a las tierras planas y ligeramente onduladas, de los valles de los ríos San Jorge y Sinú, entre las coordenadas 08° 45´27" de latitud Norte y 75° 53´24" de longitud Oeste, cubre un área total de 3141 Km^2.

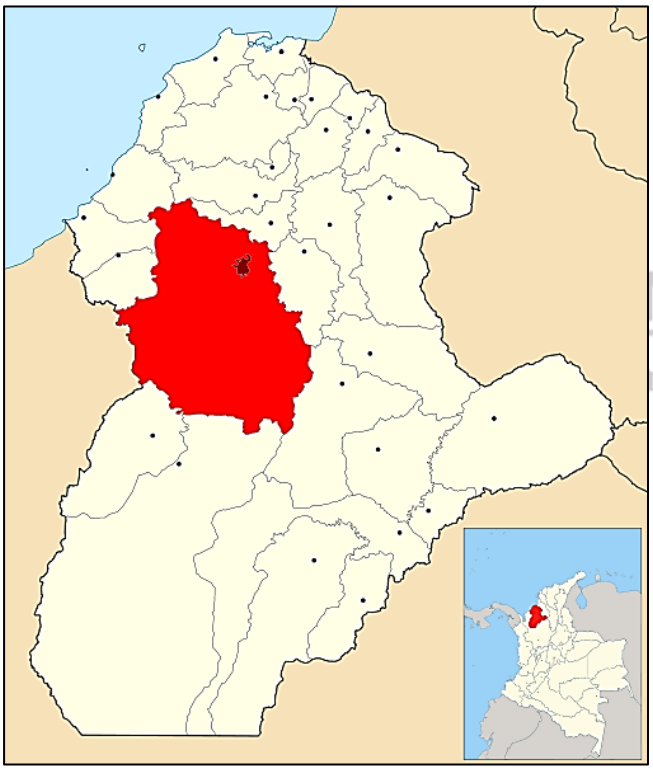


Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. "Montería", [En línea]. Julio de 2013, [julio de 2013]. Disponible en la web: https://es.wikipedia.org/wiki/Monter%C3%ADa.

Limita al Norte con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete y San Carlos.



Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.2. Caracterización.

3.2.1. Geología.

El municipio de Montería hace parte de la unidad estratigráfica del Cinturón de San Jacinto y las unidades litoestratigráficas del anticlinorio de San Jerónimo conformado por rocas ígneas y rocas sedimentarias.

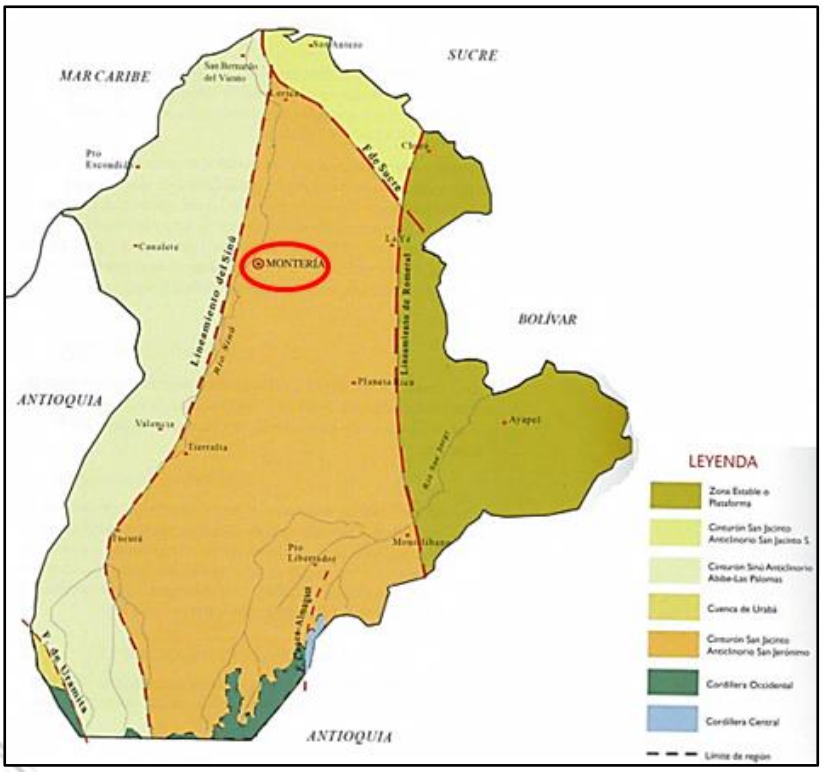


Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Las formaciones geológicas en el lugar de construcción del proyecto corresponden a:

$Q\text{-}al$

Depósitos aluviales y llanuras aluviales

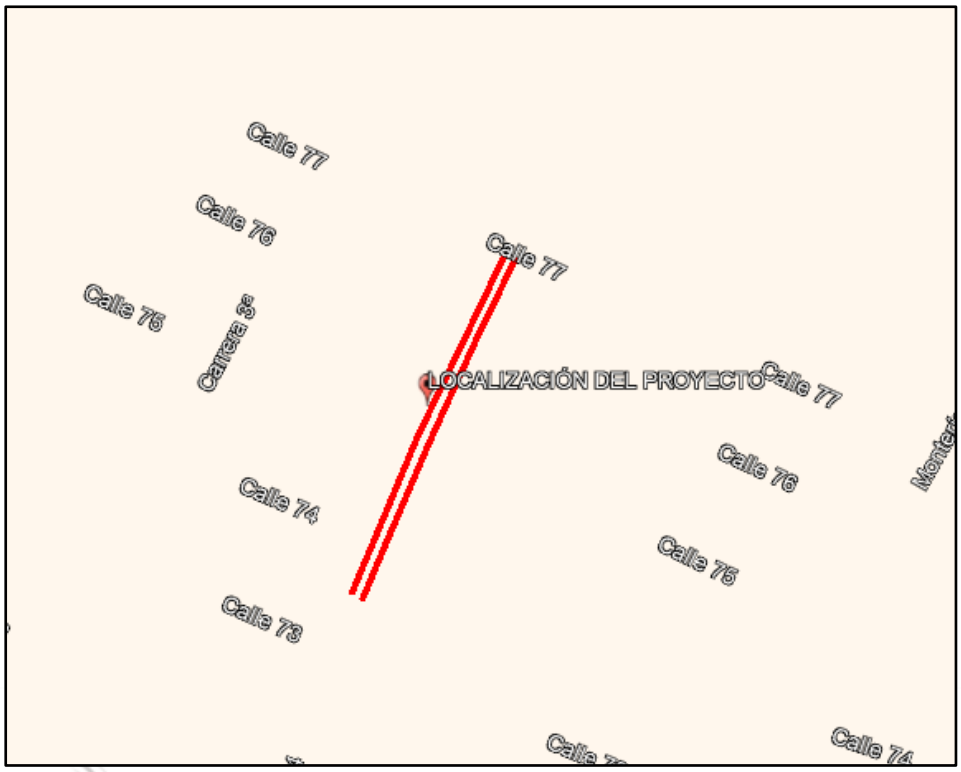


Figura 6. Mapa geológico del proyecto en el municipio de Montería.
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

3.2.2. Geomorfología.

El río Sinú se caracteriza por formar valles aluviales amplios, entre los cuales está el depósito aluvial del municipio de Montería el cual aflora desde el corregimiento de Santa Isabel, hasta la población de El Vidrial al norte de Montería, donde se forman las zonas planas de gran extensión que incluye las ciudades de Montería y Cereté.

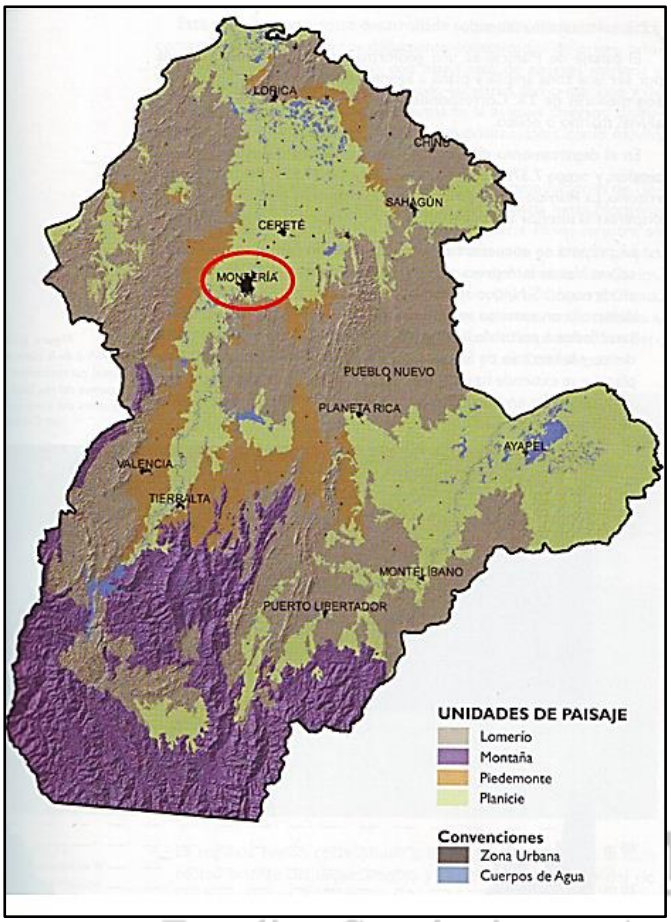


Figura 7. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El sitio de construcción del proyecto corresponde a un paisaje tipo planicie, con un relieve de plano de inundación y terrazas, con una litología de sedimentos medios y finos.

El paisaje de planicie es una geoforma caracterizada por ser una zona amplia y plana a ligeramente plana, cuyas pendientes son menores a 3.00%. Corresponde a los diferentes aportes de origen aluvial, marino o eólico.

3.3. Geoestructura y ambiente morfométrico.

El municipio de Montería se localiza en la geoestructura correspondiente a la megacuenca de sedimentación ubicada al norte y occidente de la cordillera y se extiende hasta el mar caribe, cubriendo 23.788,87 Km^2, lo que equivale al 95.40% del territorio del departamento de Córdoba. Geográficamente a esta pertenecen las serranías de Abibe, San Jerónimo, y Ayapel.

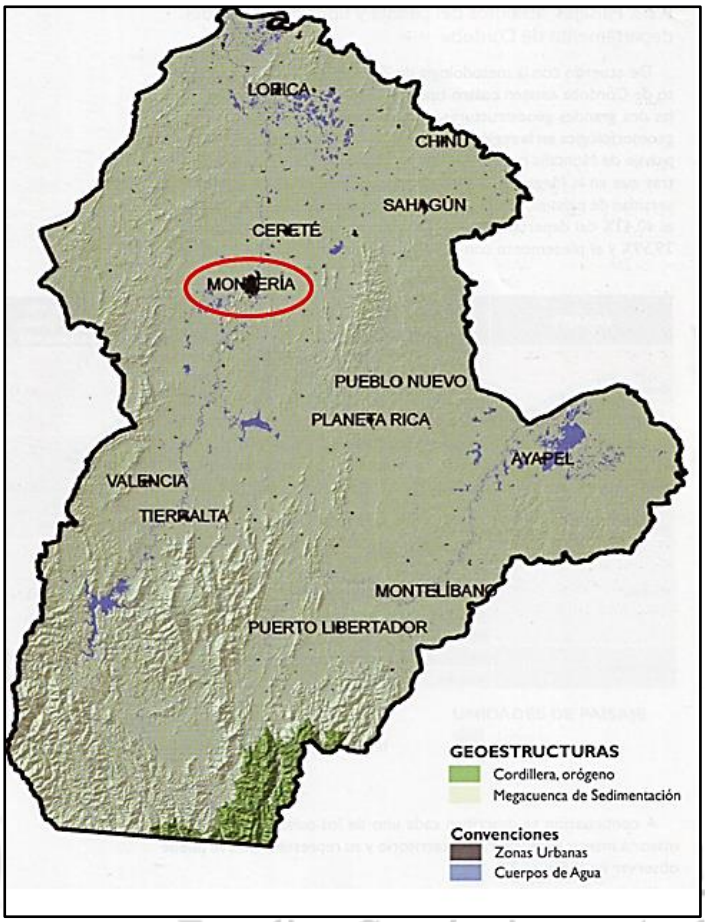


Figura 8. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.4. Clima.

El municipio de Montería dada su fisiografía y su posición en la llanura del caribe colombiano, se localiza con respecto a los vientos provenientes del mar en una posición de sotavento ocasionando climas predominantemente secos la mayor parte del año, con una alta humedad relativa por la presencia del río Sinú y sus sistemas de ciénagas y humedales, presenta lluvias con vientos (vendavales) en épocas húmedas y unos microrrelieves en las serranías de las Palomas y de San Carlos que se comportan como barloventos aumentando la nubosidad y la generación de lluvias.

El municipio de Montería posee una altura promedio de 18 msnm, con una precipitación media anual de 1200 mm.

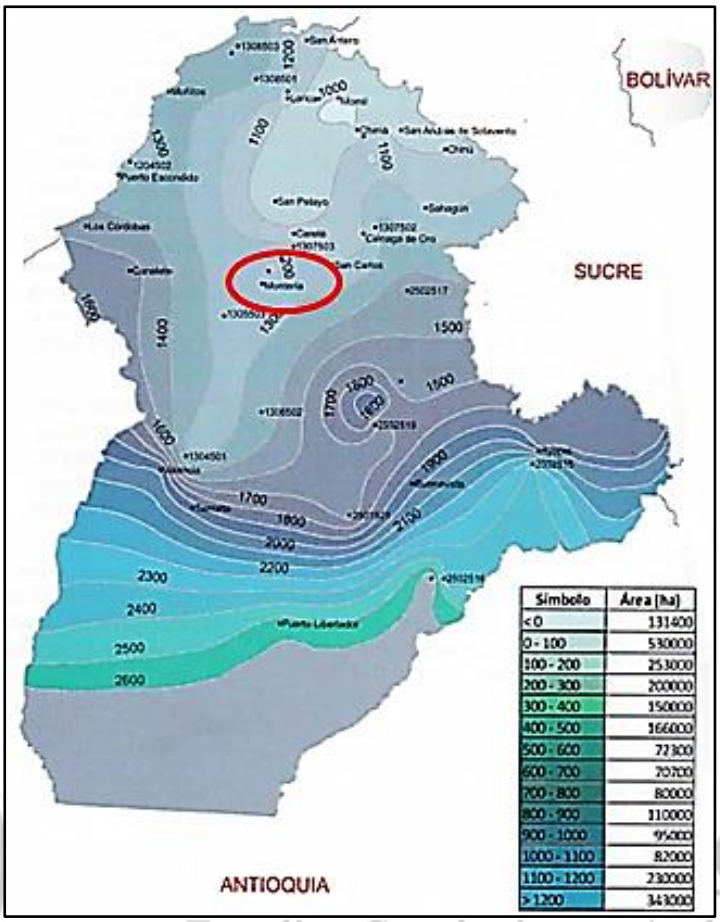


Figura 9. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El municipio presenta dos temporadas de lluvia: La primera es en parte de abril y mayo, y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre; una temporada de menor intensidad de lluvias entre los meses de junio y agosto, y por último una temporada seca entre los meses de diciembre a marzo.

El promedio anual de la temperatura es de 26.90 °C, con un ligero aumento en los meses de marzo, abril y mayo. La Variación no es muy significativa, pues el 98.20% del territorio se encuentra en el piso térmico cálido. Por ello, puede considerarse que el promedio anual de 26.90 °C es representativo para el municipio de Montería.

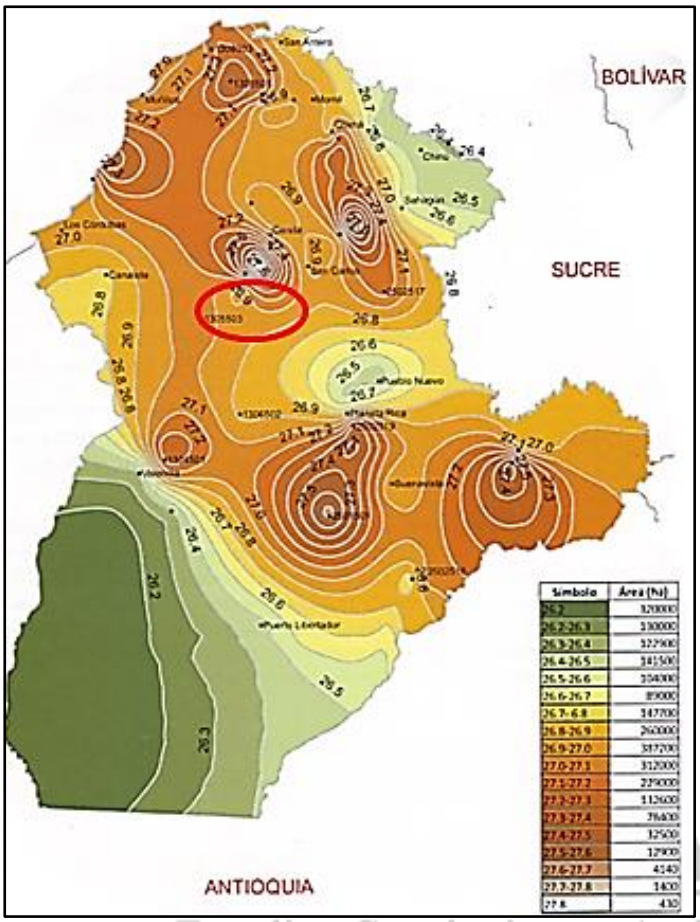


Figura 10. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El brillo solar anual varía entre 1.400 y 1.800 horas de luz.
La humedad ambiente (84.00%), se relaciona con el brillo solar y con los intensos procesos de evapotranspiración.

La evapotranspiración potencial (E.T.P.), presenta un área definida como de núcleo central regional del valle del Sinú que va desde Montería hasta el norte con un valor ubicado en el rango de 1700 - 1750 mm anuales decreciendo hacia las zonas extremas de la cuenca hasta los 1650 mm/año.

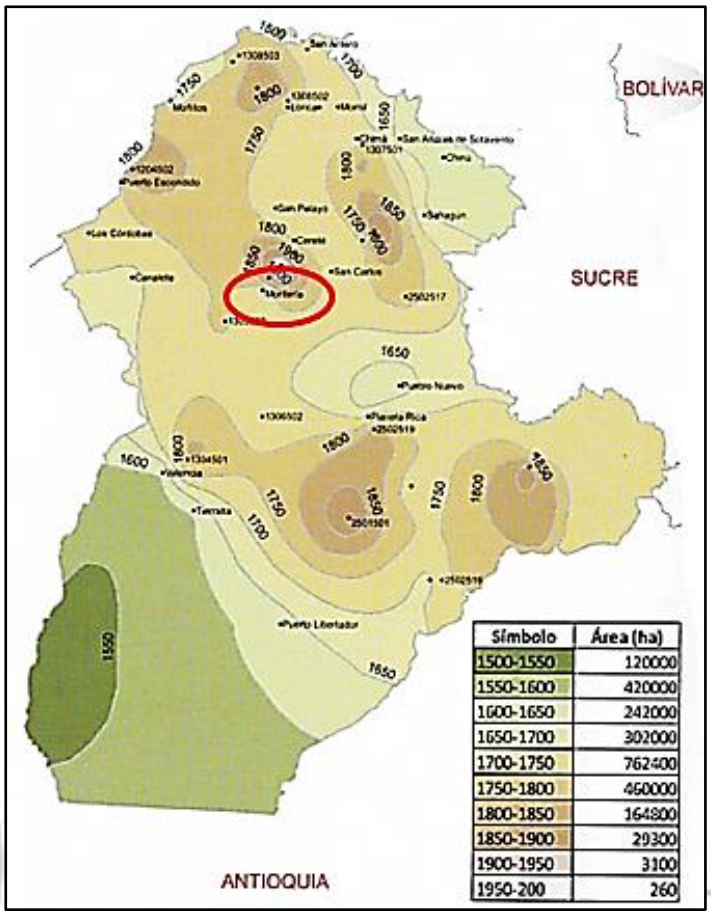


Figura 11. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite, el municipio presenta una franja alineada a lado y lado del plano de inundación del río en el clima cálido -seco; en el resto del área de Montería sigue siendo cálido, pero con un régimen de humedad semi-húmedo.

Estación	msnm	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	ETP (mm)	Déficit (mm)	Exceso (mm)	Piso Térmico	Clase Clima	Símbolo
Montería	18	1200	26,9	1711,4	558,0	46,6	Cálido	Seco	c-S

Tabla 2. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.5. Vegetación.

El municipio de Montería tiene área de su territorio dentro de la parte media y baja del río Sinú, la vegetación original ha sido completamente degradada sólo a pequeños bosques o zonas de bosque de galería, por la transformación y/o adecuación de las tierras

de los ecosistemas para extensas áreas de praderas para el desarrollo de sistemas pecuarios semi - intensivos y extensivos y la agricultura comercial y de subsistencia. A los alrededores del municipio se encuentra áreas agrícolas heterogéneas, áreas que presentan heterogeneidad en la cobertura, ya sea por condiciones locales de clima o de suelos que hacen difícil la separación de unidades cartográficas homogéneas, y pastos de territorios agrícolas que son tierras ocupadas principalmente para la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho.

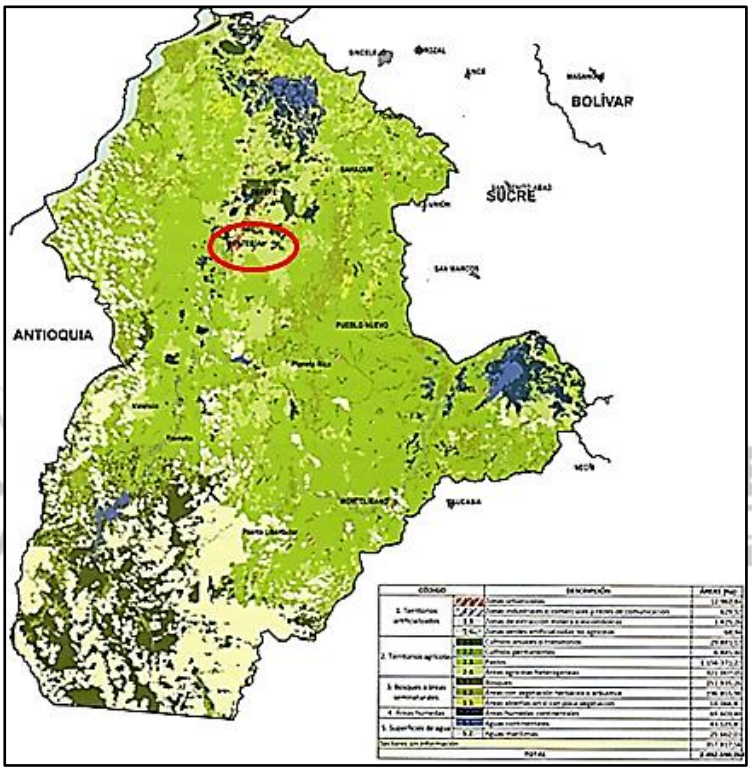


Figura 12. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.6. Hidrología.

El sistema hidrológico del municipio está directamente relacionado con el comportamiento de la parte media del Río Sinú, valle aluvial que recubre antiguas planicies marinas y que geológicamente se encuentra emergiendo del mar, conformando un subsistema de drenaje que actúa sobre un relieve que oscila entre los 200 y 300 msnm, alimentando humedales y al propio Río Sinú.

De acuerdo a la jerarquía de corrientes hídricas realizada por la C.V.S. según el mapa temático, existe un sector que drena al Río Sinú en su parte media y un sector independiente de este que drena hacia el municipio de los Córdobas, al noroccidente de Montería.

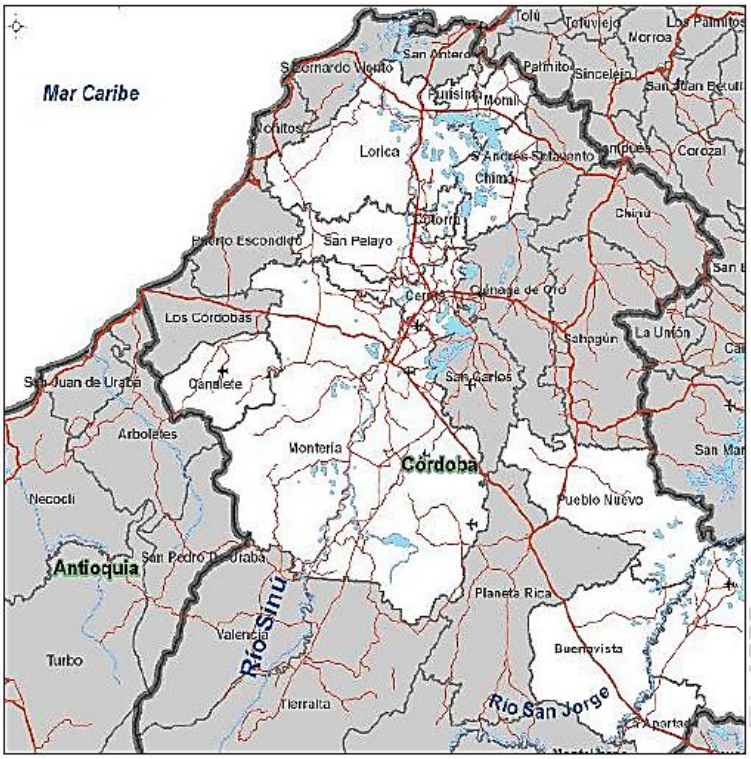


Figura 13. Cuenca hidrográfica del Rio Sinú.
Fuente: http: //www.zonu.com, "Mapas y fotos satelitales del mundo.

3.7. Sismicidad.

La Norma Colombiana de construcciones sismo resistentes ubica a Montería en una zona de amenaza sísmica Intermedia, los coeficientes sísmicos tienen las siguientes magnitudes:

Aa = 0.10 (Coeficiente de aceleración pico efectiva).
Av = 0.15 (Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico de diseño).
Ad = 0.04 (Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva para el umbral de daño).
Ae = 0.07 (Coeficiente de aceleración pico efectiva para diseño con seguridad limitada).



Figura 14. Zona de amenaza sísmica del municipio de Montería.
Fuente: Titulo A. Norma Sismo Resistente NSR 10.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

4. RIESGOS.

4.1. Asociados a la geología.

Los depósitos aluviales característicos de la zona son suelos anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicas altamente variables estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría y generalmente presentan un nivel freático alto.

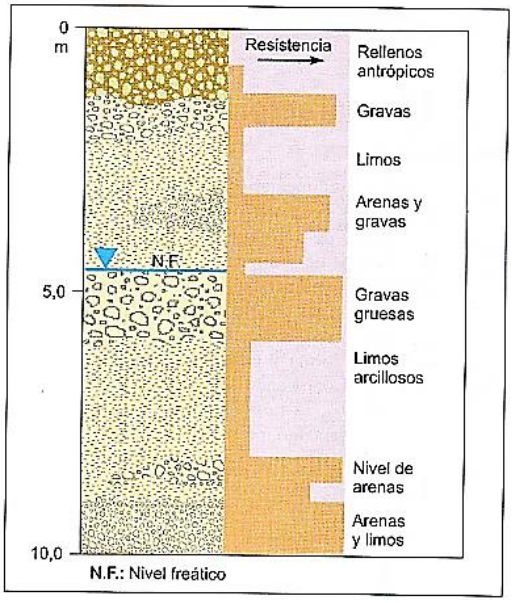
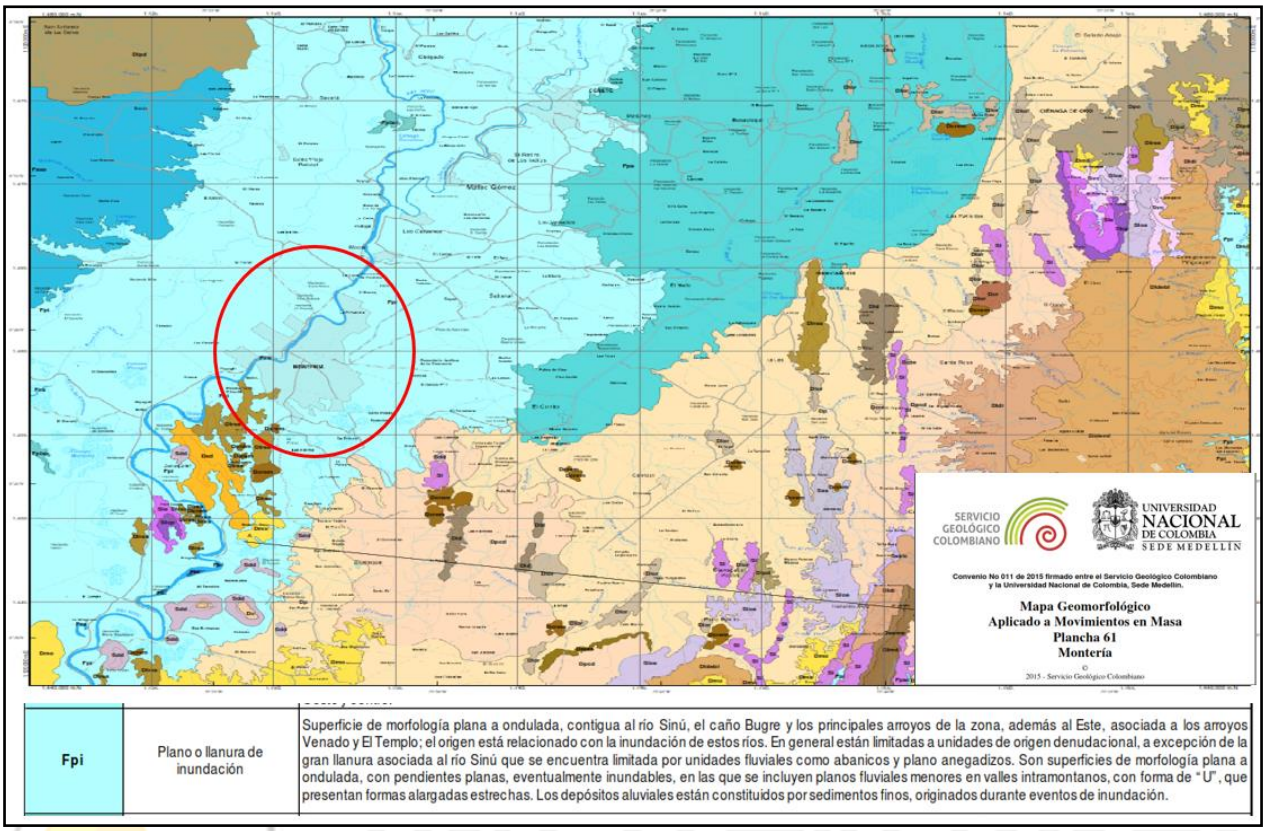


Figura 15. Perfil tipo de depósitos aluviales.
Fuente: González Vallejo, "Ingeniería geológica", editorial: PRENTICE HALL.

4.2. Asociados a la geomorfología.

Conforme Memoria técnica explicativa del mapa geomorfológico analítico aplicado a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 61-Montería, departamento de Córdoba, en la zona predominan las geoformas asociadas a procesos denudacionales y fluviales, al Occidente y centro de la plancha se encuentran zonas planas asociadas a la actividad del río Sinú y los principales afluentes, predomina grandes llanuras de inundación, planos anegadizos y planicies en los que sobresalen cerros remantes labrados en materiales más competentes. Hacia el Oriente se encuentra la estribación oriental del Cinturón Sinú San Jacinto, donde el relieve no supera los 300 m.s.n.m., las formaciones sedimentarias están plegadas y se alinean con la tendencia regional, pero los procesos erosivos dominan el paisaje, siendo el ambiente denudacional el más representativo en esta zona. (SGC, 2016)



Mapa geomorfológico analítico aplicado a la zonificación de amenaza por movimientos en masa, escala 1:100 000, plancha 61-Montería, departamento de Córdoba. Fuente: (SGC, 2016)

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

El municipio de Montería se encuentra en la cuenca del río Sinú, y la dinámica de los procesos de inundación está asociado fundamentalmente a este río. El río transcurre por la zona central del municipio generando un Valle muy amplio de fondo plano a irregular. En la zona de estudio se identificaron tres de unidades geomorfológicas principales o de gran paisaje, de las cuales surge una división en unidades de paisaje y éstas a su vez se subdividen en la unidad de subpaisaje, teniendo como base para su clasificación sus principales características morfológicas como tipo de pendiente, longitud, forma y ubicación. (CVS - CONSORCIO AMBIENTAL, 2019)

El casco urbano por su parte, está localizado sobre la unidad geomorfológica de origen fluvial y lagunar plano o llanura de inundación (Fpi), Superficie de morfología plana a ondulada, contigua al río Sinú, el caño Bugre y los principales arroyos de la zona (cuenca del río Sinú), además al Este, asociada a los arroyos Venado y El Templo (Figura 31); el origen está relacionado a la inundación de estos ríos. En general están limitadas a unidades de origen denudacional, a excepción de la gran llanura asociada al río Sinú que se encuentra limitada por unidades fluviales como abanicos y plano anegadizos. Son

superficies de morfología plana a ondulada, con pendientes planas (0°-2°), eventualmente inundables, en las que se incluyen planosfluviales menores en valles intramontanos, con forma de "U", que se caracterizan por presentar formas alargadas estrechas. Los depósitos aluviales están constituidos por sedimentos finos, originados durante eventos de inundación. (SGC, 2016).

El tramo vial se encuentra en una planicie aluvial de clima cálido seco, constituida por sedimentos mixtos, con texturas medias y moderadamente finas, drenaje natural moderado a pobre y erosión ligera.

4.3. Inundación.

En el lugar de construcción del proyecto se presenta amenaza baja y vulnerabilidad alta por inundación, como se muestra en las siguientes figuras:

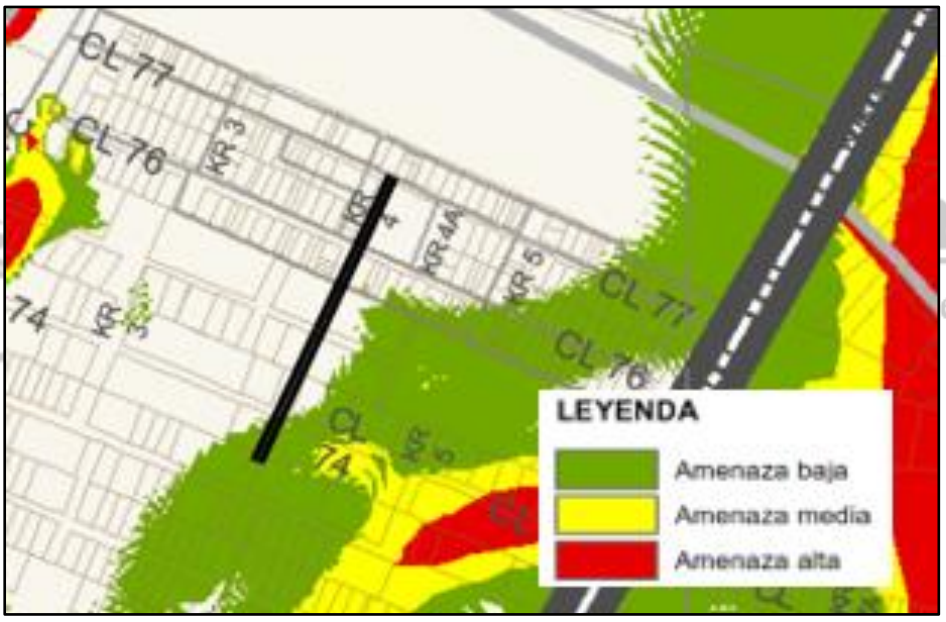


Figura 16. Mapa de amenaza de inundaciones.
Fuente: Plan de ordenamiento territorial del municipio.

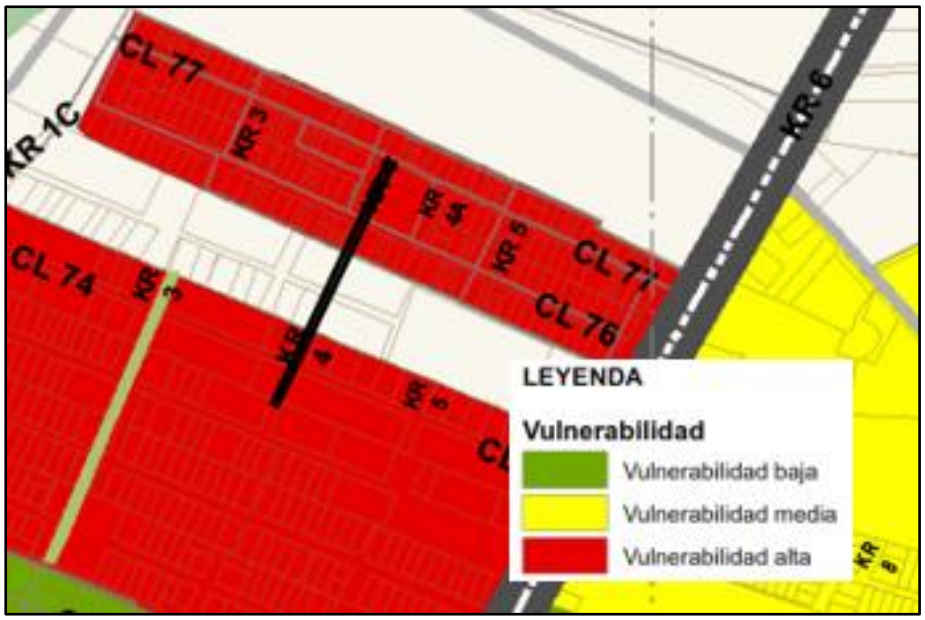


Figura 17. Mapa de vulnerabilidad de inundaciones.
Fuente: Plan de ordenamiento territorial del municipio.

4.4. Movimiento en masa.

En el lugar de construcción del proyecto se presenta amenaza y vulnerabilidad baja de movimiento en masa como se muestra en la siguiente figura:

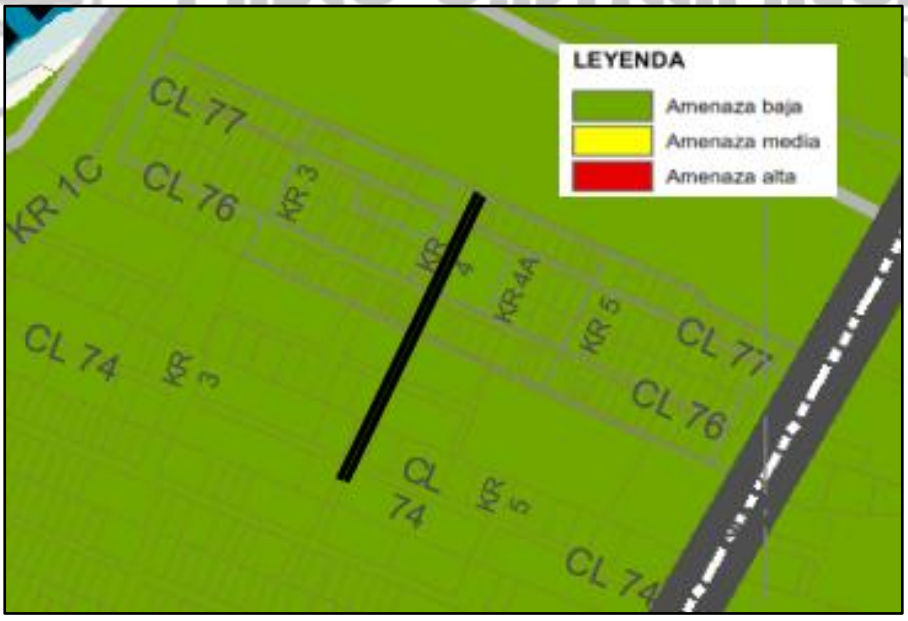


Figura 18. Mapa de amenaza de movimiento en masa.
Fuente: Plan de ordenamiento territorial del municipio.

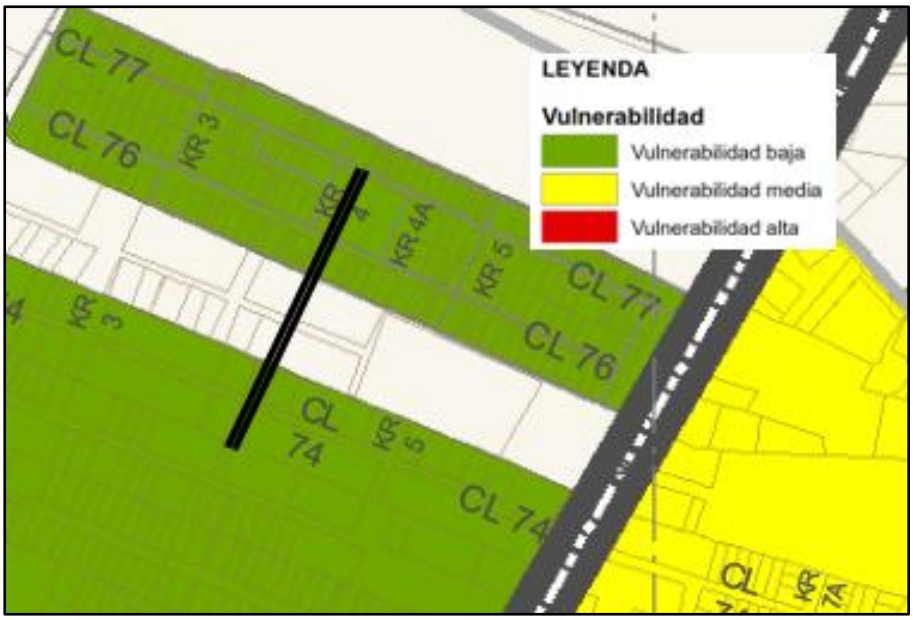


Figura 19. Mapa de vulnerabilidad de movimiento en masa.
Fuente: Plan de ordenamiento territorial del municipio.

5. ESTADO ACTUAL DE TALUDES Y OBRAS DE ESTABILIZACIÓN Y ESTABILIDAD.

De acuerdo al levantamiento topográfico, no se tienen zonas con taludes debido a que la zona es relativamente plana, por lo tanto, no se encuentran sitios críticos que requieran obras de estabilización, protección y/o contención.

6. ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO.

La información de la subrasante se toma del estudio de suelos realizado para el presente proyecto, la cual se resume en la siguiente tabla:

Apique	Nivel freático (m)	Muestra Nº	Profundidad (m)	W	LL	IP	Granulometría				Clasificación		Observaciones
							No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	SUCS	AASHTO	
1	1.00	1	0.80	12.00%	42.00%	26.00%	50.37%	44.57%	36.97%	32.27%	GC	A-2-7	MATERIAL DE RELLENO: GRAVA ARCILLO ARENOSA
		2	2.00	27.00%	34.00%	17.00%	100.00%	100.00%	100.00%	96.94%	CL	A-6	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD
2	0.50	1	0.30	11.00%	41.00%	26.00%	45.72%	34.49%	22.77%	18.05%	GC	A-2-7	MATERIAL DE RELLENO: GRAVA ARENO ARCILLOSA
		2	2.00	32.00%	33.00%	15.00%	100.00%	100.00%	100.00%	96.85%	CL	A-7-6	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD
3	0.50	1	1.00	25.00%	32.00%	14.00%	100.00%	100.00%	100.00%	96.52%	CL	A-6	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD
		2	2.00	27.00%	37.00%	18.00%	100.00%	100.00%	100.00%	96.85%	CL	A-6	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD
4	0.50	1	1.00	27.00%	34.00%	15.00%	100.00%	100.00%	100.00%	97.03%	CL	A-6	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD
		2	2.00	27.00%	35.00%	19.00%	100.00%	100.00%	100.00%	97.45%	CL	A-6	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Tabla 3. Resultados de la exploración del subsuelo.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

El subsuelo del proyecto en los sondes 1 y 2 está conformado inicialmente por material de relleno correspondiente a grava arcillo arenosa de espesor variable de 0.30 a 0.80 m, seguido por materiales finos correspondientes a arcilla de mediana plasticidad hasta finalizar en 2.00 m de profundidad. Mientras que los sondeos 3 y 4 presentan arcilla de mediana plasticidad a lo largo de los 2.00 m de la exploración. Se registró la presencia del nivel freático variable entre 0.50 y 1.00 m.

7. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO Y GEOTÉCNICOS.

Los resultados de los parámetros evaluados son tomados del estudio de suelos realizado para el presente proyecto y se resumen a continuación:

- **Potencial de expansión.**

El material fino encontrado tiene un valor de índice plástico entre 14% al 19%, lo cual de acuerdo con lo establecido en la tabla 132-2 de la norma E-132 del INVIAS utilizando el criterio de Holtz y Gibbs, cualifica los suelos con potencial expansivo de medio.

La fracción final del material de relleno encontrado tiene un valor de índice plástico de 26%, lo cual cualifica los suelos con potencial expansivo de alto.

- **Capacidad de soporte de diseño.**

Para la determinación el CBR se utilizó el método presentado en el estudio de suelos del presente proyecto, del cual se obtuvo un CBR de diseño de 2.15%.

8. CONDICIONES DEL DRENAJE.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

La ciudad de Montería está ubicada sobre las planicies del valle del río Sinú, caracterizadas por una topografía muy plana con pendientes máximas del 2 por mil, y predominantes del 1 al 0.1 por mil del río hacia afuera.

Como consecuencia de lo anterior, sobre ambos costados del río Sinú, el sistema de drenaje se desarrolla en caños, arroyos y ciénagas dispuestos en sentido sur norte y que se extienden por decenas de kilómetros hasta confluir finalmente en las ciénagas localizadas a la altura de la población de Lorica, conformando un sistema a través del cual se produce la evacuación y amortiguamiento de los distintos eventos pluviales. Estos sistemas han sido intervenidos a través del tiempo para favorecer el desarrollo agropecuario de la zona, mediante la construcción de canales de drenaje, siguiendo la tendencia general del terreno y en sectores aprovechando los cauces de los arroyos y caños mencionados y en otros desecando y rellenando ciénagas y zonas bajas, esto último especialmente en vecindades e inmediaciones de las áreas urbanas, particularmente sobre la margen derecha del río Sinú, constituyen las receptoras de los drenajes de la ciudad de Montería y que poco a poco están siendo integradas al entorno urbano sin las consideraciones técnicas pertinentes. (Información tomada del plan pluvial del municipio).

8.1. Estructuras.

8.1.1. Estructuras existentes.

Los tramos a intervenir se encuentran actualmente sin pavimentar y presentan las siguientes características:



Fotografía 1. Estado actual de la vía.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.



Fotografía 2. Estado actual de la vía.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.

A continuación, se presentan las estructuras hidráulicas que actualmente se encuentran en la vía:

ESTRUCTURA	OBSERVACIÓN	FOTOGRAFÍA
Cuneta transversal sobre la carrera 4 con calle 76	Se encuentra transversal a la vía, conformada en concreto con una sección de 0.20x0.20m.	

Tabla 4. Estructura hidráulica existente.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

9. FUENTES DE MATERIALES.

Las estructuras del pavimento estarán conformadas por materiales como concreto y subbase granular tipo INVIAS, para la obtención de estos materiales se identifican las canteras existentes dentro y alrededor del municipio de Montería, las cuales pueden ser posibles fuentes de los materiales a utilizar.

9.1. Canteras para la construcción del pavimento de concreto rígido.

A continuación, se muestra la localización de las canteras cercanas al lugar de construcción del proyecto, así como la caracterización del material encontrado en cada una de ellas:

Cantera	Localización
Las Balsas	Ciénaga de Oro
Loma Grande	Vía Montería - Planeta Rica
El Clam	Vía Montería - Planeta Rica
Aguas Vivas	Vía Montería - Arboletes
Rio Sinú	Montería

Cantera	Localización
Agregar S.A.S	Km 18 vía Planeta Rica, vereda La Victoria.
Gallo Crudo	Entrada al SENA vía Tierralta Santa Isabel.

Tabla 5. Canteras cercanas al proyecto.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

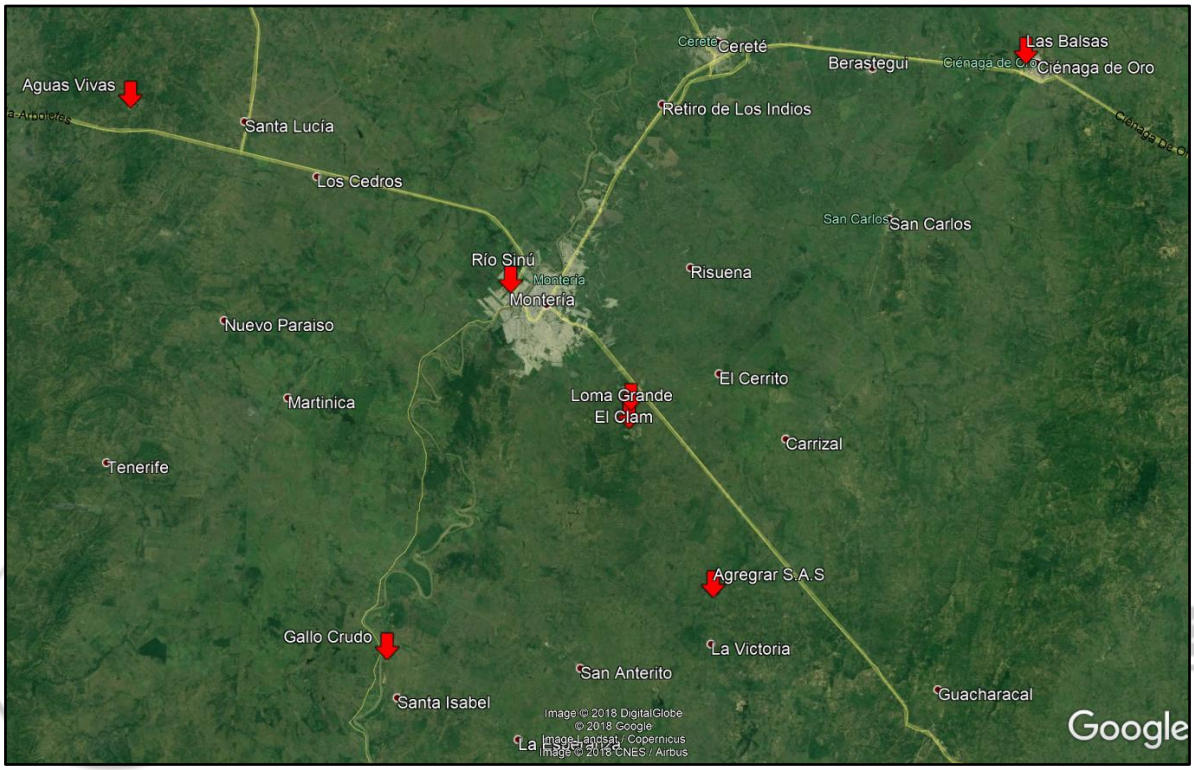


Figura 20. Localización canteras cercanas al proyecto.
Fuente: Google Earth.

- **Cantera Las Balsas:** Ubicada en el municipio de Ciénaga de Oro. Su clasificación se asemeja a lo siguiente: Grava areno arcillosa mal gradada de color pardo, GP-GC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), Pasa N°4 de 51.24%, Pasa N°200 de 10.03%y con valores de límite líquido de 28.54% e índice plástico de 7.54%, el tamaño máximo es de 50.80 mm (Tamiz 2”).

- **Cantera Loma Grande:** Vía Montería - Planeta Rica. Su clasificación se asemeja a lo siguiente: Arena Grava Areno Arcillosa De Color Pardo Rojizo, GC según el sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), Pasa N°4 de 45.68%, Pasa N°200 de 9.20%y con valores de límite líquido de 38% e índice plástico de 17%, el tamaño máximo es de 63.50 mm (Tamiz 2-1/2”).

- **Cantera El Clan:** Vía Planeta Rica. Su clasificación se asemeja a lo siguiente: Grava Arcillo arenosa (GC), según el sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), Pasa N°4 de 64.36%, Pasa N°200 de 38.45% y con valores de límite líquido de 42% e índice plástico de 17%, el tamaño máximo es de 63.50 mm (Tamiz 2-1/2").

- **Cantera Aguas Vivas:** Vía Montería – Arboletes. Su clasificación se asemeja a lo siguiente: Grava Areno Arcillosa Mal gradada (GP- GC) según el sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), Pasa N°4 de 37.31%, Pasa N°200 de 6.56%y con valores de límite líquido de 46% e índice plástico de 20%, el tamaño máximo es de 50.80 mm (Tamiz 2").

- **Arena Del Río Sinú:** Ubicada en la ciudad de Montería. Su clasificación se asemeja a lo siguiente: Arena mal gradada de grano medio (SP), Pasa N°4 de 95.97%, Pasa N°200 de 0%no plástica y con tamaño máximo de 1" y tamaño máximo nominal 4.76 mm (Tamiz N°4).

- **Cantera Agregar:** Km 18 vía Planeta Rica, vereda la victoria. Su clasificación se asemeja a lo siguiente: Grava mal gradada (GP) según el sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), pasa Nº4 de 3.98% y pasa Nº200 de 0.21%, no posee plasticidad, el tamaño máximo es de 19.10 mm (tamiz ¾").

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

- **Cantera Gallo Crudo:** Entrada al SENA vía Tierralta Santa Isabel. Su clasificación se asemeja a lo siguiente: Material grueso correspondiente a grava limosa mal gradada (GP-GM) según el sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), PASA Nº4 de 11.87% y pasa Nº200 de 11.63%, no posee plasticidad, el tamaño máximo es de 19.10 mm (tamiz ¾") y material fino correspondiente como arena limosa bien gradada (SW-SM) según el sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), pasa Nº4 de 88.31% y pasa Nº200 de 10.54%, no posee plasticidad, el tamaño máximo es de 12.70 mm (tamiz 1/2").

Para el desarrollo de las actividades de explotación y extracción de material de mezclas de concreto y material granular para sub-base, se sugieren las canteras que a continuación se detallan:

- **Material granular grueso y fino de mezclas de concreto para pavimento.**

Si la mezcla de concreto se realiza manualmente se debe cumplir con los siguientes requisitos para los materiales:

Agregado grueso: 50% de la cantera Agregar y 50% del Rio Sinú.
Agregado fino: Rio Sinú.
Ambos materiales deben cumplir con los requisitos dados en el artículo 500-07 del INVIAS. Si la mezcla es suministrada por una concretera se debe verificar el cumplimiento de los requisitos dados por el INVIAS en el artículo 500-13, para cada material que la compone, cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.

- **Material de sub-base.**

En nuestro medio no existe en estado natural un material que al ser excavado cumpla con los requisitos de una subbase granular tipo INVIAS, por lo tanto, se recomienda "fabricarla", esto regularmente se logra mezclando 3 partes de la cantera Loma Grande, 2 partes de la cantera Agregar y 1 parte de arena fina del Río Sinú, sin embargo, se debe verificar que el material de subbase cumpla con los requisitos establecidos en el artículo 320-13 del INVIAS. La mezcla de los materiales es obligatoria para reducir las condiciones de plasticidad del mismo y sus características la cualifican como una subbase tipo A.

Las características de la mezcla recomendada para la subbase granular la clasifican como una subbase tipo A, lo cual excede el requerimiento para subbase del proyecto. En nuestra zona esto va en detrimento de las condiciones económicas del proyecto puesto que no contamos con una gran variedad ni con los equipos necesarios para fabricar a un costo diferencial subbases de tipo A, B y C. Las diferentes canteras y la metodología de extracción logran materiales casi que uniformes en sus condiciones geomecánicas. Teniendo en cuenta todo lo anterior, esta mezcla se utilizará indistintamente para cualquier requerimiento de subbase.

10. DISPOSICIÓN DE MATERIALES SOBRANTES.

En caso de generarse material sobrante en el proyecto, se acordará con la oficina de planeación municipal un lugar adecuado para tal fin. Es responsabilidad de los productores de escombros su recolección, transporte y disposición en los sitios autorizados y coordinados por el municipio y la empresa prestadora del servicio de aseo. Los escombros producidos en obra serán materia de aprovechamiento, recuperación y reutilización para otros usos por el municipio de Montería debidamente seleccionados y separados de aquellos no reutilizables y almacenados para ser transportados. Los escombros que no sean objeto de un programa de recuperación y aprovechamiento deberán ser dispuestos adecuadamente en lugares cuya ubicación haya sido definida por el municipio.

El material sobrante de las actividades de corte será dispuesto en sitios autorizados que cuenten con la capacidad suficiente para su almacenamiento, en caso de ser necesario se contará con varios sitios que garanticen la disposición adecuada del volumen generado.

11. CONCLUSIONES.

De acuerdo con el estudio geológico se generan las siguientes conclusiones:

- El subsuelo del proyecto en los sondes 1 y 2 está conformado inicialmente por material de relleno correspondiente a grava arcillo arenosa de espesor variable de 0.30 a 0.80 m, seguido por materiales finos correspondientes a arcilla de mediana plasticidad hasta finalizar en 2.00 m de profundidad. Mientras que los sondeos 3 y 4 presentan arcilla de mediana plasticidad a lo largo de los 2.00 m de la exploración.
- Se registro la presencia del nivel freático entre 0.50 y 1.00 m de profundidad.
- No se presentan zonas con taludes debido a que la zona es relativamente plana, por lo tanto, no se encuentran sitios críticos que requieran obras de estabilización, protección y/o contención.
- Para la determinación el CBR de diseño es igual a 2.15%.
- Los tramos para intervenir se encuentran actualmente sin pavimentar.
- De acuerdo con las modelaciones hidráulicas, la vía es capaz de transportar los caudales calculados para un periodo de retorno de 10 años, siempre y cuando se conserve una altura de bordillo mínima de 0.20m, y las pendientes y anchos de carril definidos en el diseño geométrico. Cunetas y sumideros laterales.
- En los artículos 320-22 y 500-22 del INVIAS, se resumen los requisitos de calidad que deben cumplir los diferentes materiales a emplear en la construcción de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento.
- Las canteras identificadas para la posible extracción de materiales son: Las balsas, Loma grande, El Clan, Aguas Vivas, Rio Sinú, Agregar S.A.S y Gallo Crudo todas quedan alrededor del municipio de Montería, con el fin de minimizar los costos de transporte.
- El lugar adecuado para la disposición de materiales sobrantes, debe acordarse con la oficina de planeación municipal.

12. RECOMENDACIONES.

De acuerdo con el estudio geológico se generan las siguientes recomendaciones:

- Durante la construcción de las obras se debe garantizar el correcto funcionamiento de la red de alcantarillado. En ningún caso las aguas servidas deben llegar a la red de aguas de escorrentía.
- Los agregados utilizados se deberán acopiar en cobertizos o cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales.
- Cada agregado se deberá acopiar por separado, para evitar cambios en su granulometría original.

13. BIBLIOGRAFÍA.

Como parte de este estudio se utilizó la siguiente bibliografía:

- Instituto geográfico Agustín Codazzi, "Estudio general de suelos y zonificación de tierras – Departamento de Córdoba". Imprenta nacional de Colombia, Bogotá D.C. 2009.
- Morales Camacho Pablo Manuel, "Construcción y conservación de vías", Editorial escuela colombiana de ingeniería.
- Plan de ordenamiento territorial del municipio de Montería – departamento de Córdoba.
- Especificaciones técnicas del instituto nacional de vías INVIAS.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

14. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

Las recomendaciones planteadas en el presente estudio se basan en los resultados de las investigaciones. Si durante la construcción del proyecto llegaran a presentarse condiciones diferentes a las enunciadas y asumidas como típicas, o surgiese cualquier dificultad imprevista, está situación deberá ser informada oportunamente a fin de realizar los ajustes y evaluaciones pertinentes.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Ingeniero Civil
Especialista en mecánica de suelos y cimentaciones.
Especialista en ingeniería ambiental.
Especialista en Prevención, atención y reducción de desastres.
Especialista en gerencia para ingenieros.
M.P. 1320251172BLV
Montería, noviembre de 2022.