

**MEJORAMIENTO DE VÍA Terciaria EN PAVIMENTO RIGIDO EN
BONDIGUA-PASO DEL MANGO MUNICIPIO DE SANTA MARTA
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA.**

ESTUDIO DE SUELOS

MUNICIPIO DE SANTA MARTA, MAGDALENA

ENERO DE 2024

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe hace parte fundamental del proyecto MEJORAMIENTO DE VÍA Terciaria en Pavimento Rígido en Bondigua-Paso del Mango Municipio de Santa Marta Departamento del Magdalena., necesario para el diseño estructural del eje vial.

El objetivo principal del presente estudio es determinar la capacidad de soporte de la subrasante de los sectores de las vías que conduce DE BONDIGUA- PASO EL MANGO municipio de SANTA MARTA, departamento de MAGDALENA, realizado según la metodología del Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito, del Instituto Nacional de Vías, INVIAS.

El programa de exploración de campo consistió en la ejecución de 10 apiques en un tramo para las vías terciarias en estudio, a profundidades de 2 m, toma de muestras del sitio de ubicación de las obras, ensayos de campo, y ensayos de laboratorio del material encontrado en los sondeos, con el fin de obtener los parámetros necesarios para la caracterización de la subrasante.

El nivel freático no se evidenció hasta la profundidad explorada.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño de la estructura de pavimentos en concreto hidráulico para las dos vías del proyecto MEJORAMIENTO DE VÍA Terciaria en Pavimento Rígido en BONDIGUA-PASO DEL MANGO MUNICIPIO DE SANTA MARTA DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA. de forma tal que se garantice el correcto desempeño de cada estructura en el periodo de diseño y con las cargas de tránsito mínimas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estimar el comportamiento del suelo frente a una carga de diseño y la capacidad de soporte, el tipo de suelo y resistencia de los mismos para estudiar la adecuada cimentación para la construcción.
- ✓ Localizar los puntos de interés: geológicos, geomorfológicos y usos de suelo.
- ✓ Precisar el modelo geológico y geotécnico de la zona de estudio, mediante caracterización de los sondeos realizados.
- ✓ Identificar zonas con posibles problemas geotécnicos a lo largo del corredor vial.
- ✓ Detectar problemas de cimentación inherentes al tipo de suelo, o la topografía del sector en estudio.
- ✓ Identificar los materiales que conforman la subrasante de las vías en toda la longitud del proyecto.

CUADRO DE COORDENADAS			
TRAMO 4	LONGITUD	COORDENADAS INICIO	COORDENADAS FIN
	219 M	N = 11°13'21.14" E = 74°7'11.92"	N = 11°13'16.18" E = 74°7'6.97"
		ABSCISA INICIO K2+126	ABSCISA FINAL K2+345

CUADRO DE COORDENADAS			
TRAMO 5	LONGITUD	COORDENADAS INICIO	COORDENADAS FIN
	1050 M	N = 11°13'41,05" E = 74°7'12,85"	N = 11°13'28,56" E = 74°7'15,16"
		ABSCISA INICIO K2+316	ABSCISA FINAL K3+366

Ilustración 1. Ubicación tramos a intervenir



Ilustración 2. Ubicación geográfica vía en estudio – Tramo 1

4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO

4.1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

Santa Marta, es un distrito de Colombia, capital del departamento de Magdalena. Fue fundada el 29 de julio de 1525 por el español Rodrigo de Bastidas, lo que según los textos, la convierte en la ciudad en pie más antigua de Colombia. Se encuentra a orillas de la bahía del mismo nombre. Desde 1991 fue organizada constitucionalmente como *Distrito Turístico, Cultural e Histórico*.

Es conocida por sus actividades turísticas, la historia de sus calles y sus playas.⁵ El balneario El Rodadero es uno de los principales destinos del Caribe colombiano. Su casco urbano se encuentra entre la Sierra Nevada de Santa Marta y el mar Caribe y el parque Tayrona se encuentra bajo su jurisdicción. Entre sus atracciones culturales e históricas están la Casa de la Aduana, la Catedral Basílica, la Biblioteca Banco de la República, el Seminario San Juan Nepomuceno, el Paseo Bastidas, la Quinta de San Pedro Alejandrino, la plaza de Bolívar y el parque Los Novios.

La altura promedio de la ciudad es de 2 m s. n. m. Sin embargo, en el territorio del municipio la altura se eleva hasta los 5775 m s. n. m. en el Pico Cristóbal Colón, que es el más elevado de toda Colombia. Este se encuentra ubicado en la Sierra Nevada de Santa Marta, la cual es la zona montañosa costera más alta del mundo.

El centro de la ciudad se encuentra a orillas de la bahía de Santa Marta sobre el mar Caribe, en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta en el departamento del Magdalena. Esta se extiende desde punta Betín, frente al islote de El Morro, al norte, hasta punta Gaira, al sur de la zona colonial.



Ilustración 3. Localización del municipio de SANTA MARTA, MAGDALENA.

4.2. CLIMA

En Santa Marta, la temporada de lluvia es nublada; la temporada seca es parcialmente nublada y es muy caliente, opresivo y ventoso durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 24°C a 31°C y rara vez baja a menos de 23°C o sube a más de 33°C .

En base a la puntuación de playa/piscina, la mejor época del año para visitar Santa Marta para las actividades de calor es desde *finales de diciembre* hasta *mediados de marzo*

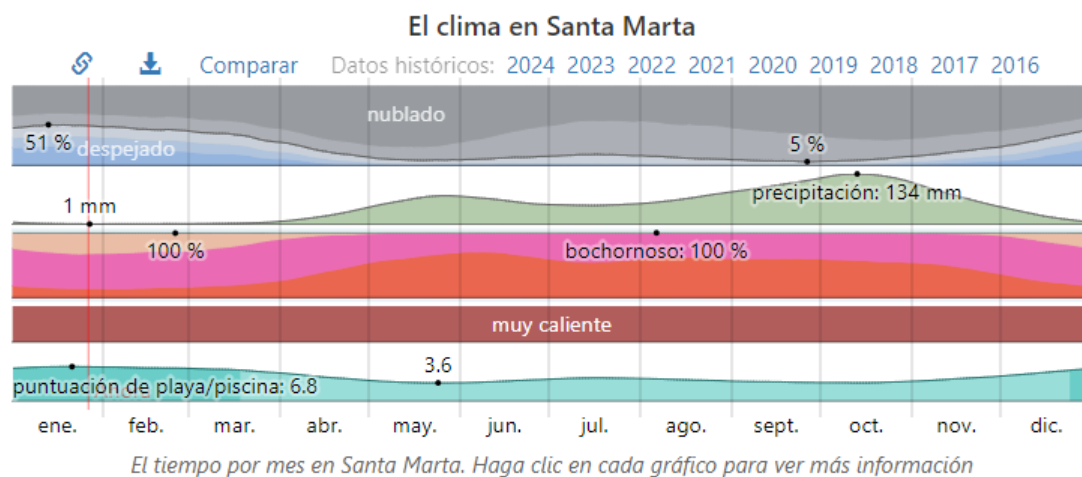


Ilustración 4. Temperatura del departamento de MAGDALENA

4.3 TEMPERATURA

La *temporada calurosa* dura 2,2 meses, del 13 de febrero al 19 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 31°C . El mes más cálido del año en Santa Marta es *junio*, con una temperatura máxima promedio de 31°C y mínima de 27°C .

La *temporada fresca* dura 3,0 meses, del 3 de octubre al 4 de enero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 31°C . El mes más frío del año en Santa Marta es *enero*, con una temperatura mínima promedio de 24°C y máxima de 31°C .

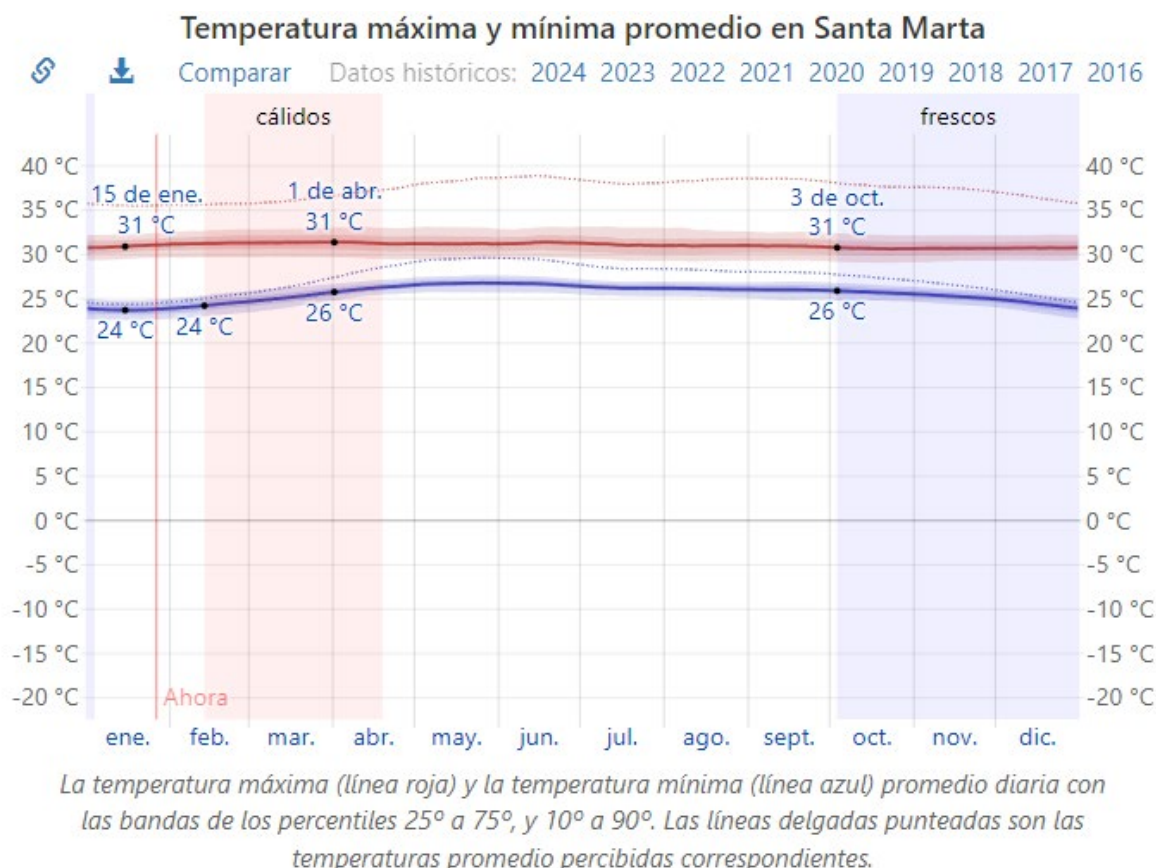


Ilustración 5. Temperatura máxima y mínima promedio municipio de SANTA MARTA .

5. ESTUDIO GEOTÉCNICO

5.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

La exploración del subsuelo se define como la actividad dentro de la práctica de la ingeniería geotécnica, que busca establecer las características de disposición espacial y propiedades físicas de un medio geológico que tienen influencia en la respuesta de éste a las solicitaciones planteadas por un proyecto específico en sus diferentes instancias de desarrollo: diseño, construcción y operación. Para el cumplimiento de esta definición es posible la realización de diferentes actividades de exploración entre las que se cuentan los apiques y los sondeos, complementados con las labores de correlación geomorfológica realizada a través de las visitas de campo.

Los objetivos específicos que comprende un programa de exploración del subsuelo son:

- Evaluar la viabilidad general del sitio propuesto para el proyecto.
- Fundamentar las bases de un diseño económico y adecuado.

- Describir de manera detallada los diferentes estratos geológicos que conforman la rasante del proyecto.

En atención a la proyección del tránsito de diseño que se espera circule por el corredor vial en estudio, se adoptó la metodología del Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito del Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías, para el estudio de la capacidad de soporte de los suelos de subrasante.

Para caracterizar los suelos de subrasante del corredor vial se realizó un programa de perforaciones manuales cada 250 m hasta una profundidad máxima de 2.0 m, extrayendo muestras alteradas para determinación de granulometría y límites de consistencia

5.2. ENSAYOS DE CAMPO

Para el presente estudio se realizaron 10 apiques distribuidos en los tramos a intervenir para la vía que conduce de BONDIGUA-PASO DEL MANGO el municipio de SANTA MARTA, MAGDALENA; esto con herramienta manual con el objetivo de recuperar muestras alteradas directamente de la excavación.

Lo anterior con el fin de determinar las características de los suelos. Se hicieron ensayos de capacidad portante (SPT), también se tomaron muestras del suelo existente (subrasante), para realizar ensayos de clasificación y CBR.

Una vez realizada la identificación y descripción visual de las muestras, se seleccionaron muestras en bolsa representativas para efectuarles los siguientes ensayos, obteniendo así una caracterización y capacidad de soporte del suelo a lo largo del tramo vial en estudio.

- Humedad Natural - Norma I.N.V. E-122.
- Límites de consistencia - Normas I.N.V. E-125 y E-126.
- Porcentaje que pasa el Tamiz No. 200 - Norma I.N.V. E-123.
- Granulometrías, de acuerdo con las normas I.N.V. E-122/E-123.
- CBR Muestra Inalterada - Norma I.N.V. E-169.

5.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras fueron transportadas al laboratorio, en donde se les practico los análisis correspondientes (Gradaciones, Humedades, Límites de Atterberg, Clasificaciones y ensayo CBR); también se efectuaron pruebas de compactación para definir la densidad máxima y humedad óptima de los suelos al ser sometidos a determinada energía de compactación.

De esta manera se logró obtener las capacidades de los suelos para poder aplicar sus parámetros en los cálculos y diseño de pavimento.

Se realizó visita de inspección preliminar al sitio estudiado con el objeto de determinar las características físicas, geológicas y geotécnicas generales del área.

En la tabla a continuación se presenta la localización de la exploración geotécnica efectuada para el diseño de la estructura de pavimento.

SANTA MARTA- MAGDALENA			
APIQUE	TRAMO	ABSCISA	PROFUNDIDAD (m)
1	TRAMO 1	K0+000	2
2		K0+250	2
3		K0+500	2
4		K0+750	2
5		K1+000	2
6		K1+250	2
7	TRAMO 2	K1+500	2
8	TRAMO 3	K1+750	2
9		K2+000	2
10	TRAMO 4	K2+250	2
11	TRAMO 5	K2+566	2
12		K2+816	2
13		K3+066	2

Tabla 1. Localización de apiques realizados para los tramos en estudio.

6. CARACTERIZACION DE LA SUBRASANTE

Para la clasificación y caracterización de los materiales extraídos de las exploraciones hechas en la zona se ejecutaron una serie de ensayos de laboratorio.

La clasificación de los suelos se realizó con el sistema de clasificación AASHTO.

6.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Una vez realizadas las exploraciones geotécnicas en las zonas de estudio se encontró un perfil estratigráfico definido en la superficie por un relleno de espesor variable seguido de una capa de Suelo ARENO ARCILLOSO Y ARENO LIMOSO (A-2-6 y A-2-7) para el tramo 1,2,3,4,5.

6.2. NIVEL FREÁTICO

No se detectó afloramientos de agua en ninguna de las perforaciones hasta la profundidad explorada (2 metros), entendiéndose con esto que, si hay presencia de nivel freático, está por debajo de este nivel.

6.3. RESUMEN RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO

APIQUE	TRAMO	ABSCISA	PROFUNDIDAD (m)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Wnat (%)	CLASIFICACION AASTHO
1	1	K0+000	2	34,0	21,5	12,5	13,8	A-2-6
2		K0+250	2	32,0	18,0	14,0	12,7	A-2-6
3		K0+500	2	42,0	29,7	12,3	15,5	A-2-7
4		K0+750	2	36,0	24,0	12,0	14,5	A-2-6
5		K1+000	2	38,0	25,9	12,1	10,6	A-2-6
6		K1+250	2	41,0	29,1	11,9	5,7	A-2-7
7	2	K1+500	2	42,0	27,5	14,5	4,9	A-2-7
8	3	K1+750	2	39,0	27,5	11,5	19,9	A-2-6
9		K2+000	2	39,0	27,5	11,5	14,6	A-2-6
10	4	K2+250	2	41,0	28,2	12,8	4,1	A-2-7
11	5	K2+566	2	41,5	27,2	11,4	4,5	A-2-7
12		K2+816	2	35,6	27,0	11,8	3,9	A-2-6
13		K3+066	2	38,5	26,2	12,1	4,3	A-2-6

Tabla 2. Resultado ensayos de límites de Atterberg para el tramo 1,2,3,4.

6.4. CBR REPRESENTATIVO DE LA SUBRASANTE

Con el fin de determinar la capacidad portante del suelo de subrasante o competencia mecánica de los materiales de fundación del pavimento, se tomaron por cada sondeo moldes de CBR inalterados, localizados directamente en los sitios de la obra y sobre la superficie de la sub-rasante, aclarando, que se realizaron sobre el terreno natural y no sobre los rellenos.

Los CBR obtenidos que se deben tener en cuenta para el diseño del pavimento en los tramos viales en estudio para conocer la calidad de la subrasante, se muestran a continuación.

Cabe aclarar que, debido a la ubicación de los tramos, se agrupan en dos partes, para así, poder determinar los valores de diseño representativos en cada zona (ver ilustración 1).

- El tramo 1,2,3,4

APIQUE	TRAMO	ABSCISA	PROFUNDIDAD (m)	CBR (%)
1	1	K0+000	2	4,58%
2		K0+250	2	5,30%
3		K0+500	2	4,30%
4		K0+750	2	4,93%
5		K1+000	2	4,24%
6		K1+250	2	4,78%
7	2	K1+500	2	4,87%
8	3	K1+750	2	5,13%
9		K2+000	2	4,78%
10	4	K2+250	2	5,10%
11	5	K2+566	2	7,10%
12		K2+816	2	6,32%
13		K3+066	2	6,75%

Tabla 3. Valores de CBR para el tramo 1,2,3,4.

Definidos los valores de CBR, se realiza un promedio para elegir un valor representativo de la capacidad de soporte de la unidad definitiva de diseño para los tramos en estudio.

NO se detectó presencia del nivel freático hasta la profundidad explorada.

Por último, cabe mencionar que una vez realizados los análisis geotécnicos se determinó que para la vía que conduce de BONDIGUA- PASO LOS MANGOS, departamento DE MAGDALENA, no se identificaron riesgos por movimientos en masa e inestabilidad de taludes, ni ningún otro riesgo geotécnico en general

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

-

17

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Una vez realizadas las exploraciones geotécnicas en las zonas de estudio se encontró un perfil estratigráfico definido por SUELO ARENO ARCILLOSO Y ARENO LIMOSO (A-2-6 Y A-2-7)
- No se encontró agua en ninguno de las perforaciones que se realizaron el cual fue de 2m, cabe resaltar que si existe agua debe ser debajo de este nivel.
- Las características mecánicas de las sub rasante nos muestra que son suelos arenosos con finos confinados, por lo que se esperaba que no se presenten asentamientos (consolidaciones) con el desarrollo de este proyecto
- Las propiedades de resistencia mecánica de la subrasante fueron valoradas por medio del ensayo CBR. Para el diseño de la estructura para la realización de los cálculos de la estructura de soporte, se considera un valor de CBR (california Bearing Ratio) de 4,8 % en promedio para el tramo 1,2,3,4 y de 6.4% para el tramo 5 .
- Se recomienda no realizar excavaciones en época invernal ya que la saturación del suelo aumenta, y esto implicaría realizar una excavación más profunda para encontrar suelos más firmes, esto podría verse implicado también en la capacidad de drenaje de la vía, la cual no puede estar apoyada sobre un suelo saturado, para constatar su correcto funcionamiento al momento de la fundición.
- Se debe garantizar la correcta construcción de las obras de drenaje como BOX CULVERT y cunetas para el correcto funcionamiento de la vía.
- Si existe algún reajuste en el diseño de algún elemento o tramo de la vía, por las características topográficas del terreno, se debe notificar el diseñador, para reajustar el diseño y que cumpla con todas las especificaciones técnicas dadas por el INVIAS.
- El análisis de las características geológicas y geotécnicas del sitio estudiado permitió determinar que no existen limitaciones o amenazas geotécnicas importantes que afecten la estabilidad del proyecto. Dado lo anterior la zona de ubicación del proyecto es viable para el mejoramiento de la vía con concreto rígido .



JOSE ALBERTO MUÑOZ GALLEGO
M.P 19202-62727
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

BIBLIOGRAFIA

REYES, H., MONTENEGRO, B., & GÓMEZ, P. (2004). Tectonoestratigrafía y evolución geológica del Valle Inferior del Magdalena. Boletín de geología, 19-38.

RODRÍGUEZ, G., BERMUDEZ, G., ZAPATA, G., RAMOS, K., RAMIREZ, C., ARANGO, M., & SEPULVEDA, J. (2012). Geología de la Plancha 82 - Montelíbano, Córdoba. Memoria Explicativa. Medellín: INGEOMINAS.

RODRÍGUEZ, G., BERMUDEZ, J., ZAPATA, G., ARANGO, M., & ARENAS, J. (2013). Cartografía Geológica de la Plancha 62 - La Ye, departamentos de Córdoba y Sucre. Memoria Explicativa. Bogotá: INGEOMINAS.

RODRÍGUEZ, G., ZAPATA, G., BERMUDEZ, J., RAMIREZ, C., ARANGO, M., & RAMOS, K. (2011). Geología de la Plancha 72 - Pueblo Nuevo, Córdoba. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano.

STANISTREET, I. G., & MCCARTHY, T. S. (1993). The Okavango fan and the classification of subaerial fan systems. Sedimentary Geology, 115-133.

TOUSSAINT, & RESTREPO. (1989). Acreciones sucesivas en Colombia: Un nuevo modelo de evolución geológica. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. A.A 3840.

UJUETA-LOZANO, G. (2007). Tectónica de bloques, delimitados por lineamientos de dirección NO-SE y NNE-SO en el norte y nordeste de Colombia y en el noroccidente de Venezuela. Geología Colombiana, 3-20.

UNIVERSIDAD DE CALDAS-ANH. (2009). Estudio integrado de los núcleos y registros obtenidos de los pozos someros tipo "slim holes" en la Cuenca Sinú. Integración Hermann Darío Bermúdez Aguirre. Tomo 2.

WERENFELS, A. (1926). A stratigraphical section through the Tertiary Toluviejo, Colombia. Ecl. Geol. Herlv., 79-83.

ZAPATA, & COSSIO. (1999). Cartografía geológica de la Plancha 93 - Cáceres. Escala 1: 100 000. Bogotá: INGEOMINAS.

ZAPATA, G., BERMÚDEZ, J., RODRÍGUEZ, G., & ARANGO, M. (2013). Cartografía Geológica de la Plancha 83 - Nechí, departamento de Antioquia. Memoria Explicativa. Bogotá: INGEOMINAS