

**Estudio patológico a la vía interna (tramo 1 en la vía de la línea 4) del Condominio  
Campestre Montelagos, ubicado en la Inspección de San Joaquín del municipio de la mesa  
Cundinamarca.**

**Presentado por:**

**Yolima Silva Díaz - Arquitecta**

**Código: 2181845**

**Yenny Cruz Padilla - Ingeniera Civil**

**Código: 2181837**

**Presentado a:**

**Carlos Andrés García Paéz**

**Universidad Santo Tomás**

**Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia**

**Especialización Patología de la Construcción**

**TPI. Estudio de caso**

**Bogotá D.C. 2017**

## Tabla de Contenido

<b>Introducción</b>	<b>13</b>
<b>Objetivos</b>	<b>15</b>
General	15
Específicos	15
<b>Justificación</b>	<b>16</b>
Social	16
Económica	16
Ambiental	17
<b>Alcance</b>	<b>18</b>
<b>Metodología</b>	<b>18</b>
<b>1. Información, localización del proyecto y características de la zona</b>	<b>19</b>
<b>1.1. Información Previa.</b>	<b>19</b>
<b>1.2. Mapa y Localización del Proyecto.</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Características de la zona (San Joaquín Municipio de la Mesa         - Cundinamarca)</b>	<b>20</b>
1.3.1. Geomorfología	21
1.3.2. Temperatura	22
1.3.3. Precipitaciones	24
1.3.4. Brillo Solar	25
1.3.5. Humedad Relativa Promedio	26
1.3.6. Geología	26
1.3.6.1. Estratigrafía	28

1.3.7. Movimientos en masa	29
1.3.7.1. Escenario Previsto	30
1.3.8. Sismicidad	32
1.3.8.1. Detonante por Sismo	36
1.3.9. Nivel Freático y Escorrentías	38
1.3.10. Sistemas de Cobertura Vegetal	41
<b>2. Marco Legal</b>	<b>43</b>
2.1. Uso del suelo	44
2.2. Normatividad	45
2.3. Licencia de construcción y sus modificaciones	46
<b>3. Descripción y datos generales del paciente</b>	<b>47</b>
3.1. Calificación de la estructura	50
3.1.1. Por Diseño y Construcción (A.10.2.2.1-NSR 10)	51
3.1.2. Por estado de la estructura (A.10.2.2.2-NSR 10)	51
3.2. Intervenciones previas	52
3.3. Datos del paciente - Especificaciones Técnicas iniciales de la vía	54
<b>4. Historia clínica</b>	<b>55</b>
4.1. Responsables del Estudio	56
4.2. Autorización del Estudio	56
<b>5. Lesiones, patologías encontradas y diagnostico</b>	<b>57</b>
5.1. Lesiones pavimento articulado – piedra laja y adoquín en arcilla	57
5.1.1. Deformaciones	57
5.1.1.1. Abultamientos	57

5.1.1.2.	Ahuellamientos	57
5.1.1.3.	Depresiones	58
5.1.2.	Desprendimientos	59
5.1.2.1.	Desgaste Superficial	59
5.1.2.2.	Pérdida de Arena o Mortero de pega	61
5.1.2.3.	Desplazamiento de borde	62
5.1.3.	Fracturamiento	63
5.1.3.1.	Fracturamiento d confinamiento interno y externo	64
5.1.3.2.	Fracturamiento por Ubicación de Redes	64
5.1.4.	Fallas del Suelo	64
5.1.5.	Vegetación en las Juntas	68
<b>5.2.</b>	<b>Lesiones pavimento flexible</b>	<b>68</b>
5.2.1.	Fisuras y grietas de borde	69
5.2.2.	Fisuras y grietas piel de cocodrilo	70
5.2.3.	Fisuras longitudinales	71
5.2.4.	Fisuras por incipiente	72
5.2.5.	Perdida de confinamiento	73
5.2.6.	Grietas	73
<b>5.3.</b>	<b>Presencia de Arcillas Expansivas</b>	<b>74</b>
<b>5.4.</b>	<b>Diagnostico</b>	<b>76</b>
<b>6.</b>	<b>Edificaciones Vecinas</b>	<b>78</b>
<b>6.1.</b>	<b>Casa 14</b>	<b>80</b>
<b>6.2.</b>	<b>Casa 4</b>	<b>81</b>

<b>6.3.</b>	Portería Principal	83
<b>6.4.</b>	Casa cercana al proyecto – Externa al Condominio.	84
<b>7.</b>	<b>Planteamientos de las acciones y ensayos a ejecutar.</b>	<b>86</b>
<b>7.1.</b>	Resultados de ensayo y seguimiento	88
<b>7.2.</b>	Trabajos de Campo y Laboratorio	89
7.2.1.	Exploración del Subsuelo	89
7.2.2.	Resultado de las exploraciones	91
7.2.2.1.	Exploración en la Vía	92
7.2.2.2.	Exploración en Lagos (Información Existente)	93
<b>7.3.</b>	Resultado del ejercicio de Campo	95
<b>8.</b>	<b>Propuestas de Intervención</b>	<b>92</b>
<b>8.1.</b>	Propuesta con los materiales existentes	98
8.1.1.	Manejo de Aguas	101
8.1.2.	Presupuesto de recuperación de las vías de las dos alternativas	103
<b>8.2.</b>	Propuestas manejo de suelos expansivos con el sistema Geodren	107
8.2.1.	Presupuesto del sistema con Geodren	109
<b>8.3.</b>	Propuesta con el sistema Neoweb o Geoceldas	110
8.3.1.	<b>Presupuesto del sistema Neoweb o Geoceldas</b>	<b>114</b>
<b>8.4.</b>	Propuestas en la zona de deslizamiento	115
8.4.1.	Muro en tierra reforzada	115
8.4.1.1.	Consideraciones y presupuesto	116
8.4.2.	Muro en gaviones	118

8.4.2.1.	Consideraciones y Presupuesto	119
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones y consideraciones para evitar nuevas patologías</b>	<b>121</b>
9.1.	Mantenimiento Rutinario	122
9.2.	Mantenimiento Periódico	123
9.3.	Tareas en obras de drenaje y de protección de la vía (drenaje superficial).	124
9.4.	Obras complementarias	124
9.5.	Recomendaciones de los materiales a utilizar	124
9.5.1.	<b>Especificación geotextil tejido 2400</b>	<b>125</b>
9.5.2.	Especificaciones Sub Base Granular	125
9.5.2.1.	Materiales	125
9.5.3.	Especificaciones base granular	127
9.5.3.1.	Materiales	127
9.5.4.	Especificaciones base Estabilizada con cemento	128
9.5.4.1.	Materiales	129
9.5.4.2.	Equipos	131
9.5.4.3.	Aplicación del cemento y la mezcla	131
9.5.4.4.	Curado de la capa compactada	131
9.5.4.5.	Calidad de la Mezcla	132
9.5.4.6.	Calidad del producto terminado	132
9.5.5.	Especificación mezcla densa en caliente concreto asfaltico	133
9.5.1.1.	Materiales	133
9.5.1. 2.	Especificación Arena de nivelación y sello	135

**Conclusiones**

**138**

**Bibliografía**

**Anexo A: Ensayos**

**Anexo B: Estudio de Suelos**

**Anexo C: Fichas del proyecto**

## **Lista de Figuras**

Figura No. 1: Localización general

Figura No.2: Modelo de sombras y DEM sinergizados para resaltarlos aspectos fisiográficos del municipio

Figura No.3: Temperatura Máxima Anual Municipio de la mesa

Figura No 4: Mapa geológico del departamento de Cundinamarca.

Figura 5: Mapa geológico.

Figura 6: Afloramiento formación conejo, vereda pesquera

Figura 7: Valoración del riesgo por fenómenos de remoción en masa

Figura 8: Descripción de las categorías de riesgo total.

Figura 9: Mapa de amenaza Sísmica en Cundinamarca

Figura 10: Mapa nacional de amenaza sísmica para un periodo de 475 años

Figura 11: Clasificación del mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa detonados por sismo para la función de modelación de la Guía Metodológica

Figura 12: Mapa factor de sismo municipio La Mesa.

Figura 13: Descripción de las categorías de amenaza total.

Figura 14 Calificación del drenaje natural del suelo

Figura 15 Vegetación Condominio Campestre Montelagos

Figura 16. Coberturas de la tierra - metodología Corinne Land Cover.

Figura 17: Ubicación de Lagos

Figura 18: Perspectiva general de la situación actual visualizando la combinación de pavimentos (Rígido - articulado y Flexible).

Figura 19: Estructura actual de la vía

Figura 20: Imagen de Abultamiento (tramo 2 vía Montelagos)

Figura 21: Imagen de Ahuellamiento (Tramo 1 vía Montelagos)

Figura 22: Imagen de Depresiones (Tramo 1 vía Montelagos)

Figura 23: Imagen de la piedra tipo Shale

Figura 24: Imagen de la entrada principal con los diferentes tipos de piedra

Figura 25: Especificación de las piedras

Figura 26: Perdida de arena y material de mortero

Figura 27: Desplazamiento de borde rompimiento de cunetas

Figura 28: Desplazamiento de borde externo

Figura 29: Fracturamiento de confinamiento interno y externo

Figura 30: Fracturamiento por adecuación de tuberías

Figura 31: Ubicación de la falla en el tramo 1

Figura 32: Desplazamiento de vegetación frente a la falla tramo 1

Figura 33: Vegetación en las juntas

Figura 34: Inicio del proceso de adecuación del pavimento flexible

Figura 35: Fisuras en borde en pavimento flexible

Figura 36: Fisuras piel de cocodrilo

Figura 37: Fisuras longitudinales

Figura 38: Fisuras por incipiente

Figura 39: Fisuras por perdida de confinamiento

Figura 40: Grietas

Figura 41: Ubicación de algunas construcciones afectadas como consecuencia de las arcillas expansivas

Figura 42: Fallas en estructura

Figura 43: Fallas en elementos de mampostería cercano a las cimentaciones

Figura 44: Estado actual casa ubicada en el lote No. 4

Figura 45: Presencia de fisuras en la mampostería

Figura 46: Fisuras por pérdida de rigidez

Figura 47: Árboles cercanos a la cimentación

Figura 48: Efecto fractura en los suelos

Figura 49: Imagen de una casa externa al condominio Montelagos

Figura 50: Malformaciones en estructuras de acceso

Figura 51: Desprendimiento de elementos de confinamiento

Figura 52: Localización de las Perforaciones para Estudio de Suelos

Figura 53: Perfiles estratigráficos detallados de las perforaciones y apiques

Figura 54: Localización de las perforaciones para análisis de permeabilidad de algunos lagos

Figura 55: Corte transversal de la propuesta

Figura 56: Esquema en planta de la propuesta

Figura 57: Filtro tipo francés

Figura 58: Localización de los tramos a intervenir

Figura 59: Forma de instalación del Geodren

Figura 60: Estructura interna del Geodren

Figura 61: Estructura general de Geoceldas y distribución de esfuerzos en el sistema de Geoceldas.

Figura 62: Efecto Viga

Figura 63: Esquema de muro en tierra armada

Figura 64: Esquema de muro en gaviones

### **Lista de Gráficos**

Grafica No.1 Precipitación Promedio Mensual

Grafica No. 2 Precipitación Promedio Mensual

Grafica No. 3 Distribución Anual de Humedad Relativa.

### **Lista de Tablas**

Tabla No. 1: Columna estratigráfica en la que se muestran las características generales y las relaciones cronológicas de la geología identificada.

Tabla No. 2: Geológicas Superficiales (UGS) según su origen (Adaptada y modificada de (HERMELIN, 1987)).

Tabla No. 3: Valoración del riesgo por fenómenos de remoción en masa

Tabla No. 4: Áreas de riesgo en el municipio

Tabla No. 5: Calificación del drenaje natural del suelo.

Tabla No. 6: Responsabilidad de los profesionales

Tabla No. 7: Espesores de las perforaciones para el estudio de suelos

Tabla No. 8: Espesores de las perforaciones para el análisis de permeabilidad

Tabla No. 9: Caracterización de los materiales presentes en la vía

Tabla No. 10: Propuesta de la Estructura de Pavimento Flexible (Pd=10 Años)

Tabla No. 11: Estructura de Pavimento Articulado (Pd=10 Años)

Tabla No. 12: Cantidades por tramos de la vía de acuerdo al acabado

Tabla No. 13: Presupuesto del acabado en piedra

Tabla No. 14: Presupuesto del acabado en Asfalto

Tabla No. 15: Presupuesto de la vía con sistema Geodren

Tabla No. 16: Propuesta de la Estructura de Pavimento Flexible con Geoceldas

Tabla No. 17: Estructura de Pavimento Articulado con Geoceldas

Tabla No. 18: Presupuesto del sistema Neoweb

Tabla No. 19: Presupuesto de la alternativa del muro en tierra armada

Tabla No. 20. Presupuesto para la propuesta del muro en gaviones

Tabla No. 21: Especificación granulométrica de materiales pétreos en sub base granular

Tabla No. 22: Especificación granulométrica de materiales pétreos en base granular

Tabla No. 23: Gradación de materiales de concreto asfáltico

Tabla No. 24: Especificación de material granulométrico de arena de nivelación y sello

Tabla No. 25: Límites de la curva granulométrica para la arena de nivelación y sello

## Introducción

El estudio se realiza por solicitud de la constructora Hábitat Arquitectura e Innovación S.A. (*Hari*), encargada de realizar la construcción del proyecto **CONDominio CAMPESTRE MONTELAGOS**, el cual está ubicado en la Inspección de San Joaquín a 6 kilómetros del Municipio de la Mesa en departamento de Cundinamarca, entre las etapas que desarrolla la constructora se encuentra toda la vía que comunica el proyecto el cual se conforma por 22 lotes.

Se realizó una visita inicial al proyecto el **día 14 de junio del 2015**, donde se realiza un recorrido general, identificando varias lesiones en general, como en las vías; presencia de hundimientos, fisuras, agrietamientos, desplazamientos laterales, lo que ha generado un deterioro prematuro y acelerado de las mismas, afloramiento de vegetación (a causa de humedades y infiltraciones de aguas); en las viviendas también se evidencian fisuras y grietas en muros, estructura, y a nivel de cimentación hay cambios de nivel, para ambos casos se evaluarán las lesiones dando aplicación a los conocimientos adquiridos de los módulos vistos en la especialización.

En la construcción de la vía interna del condominio (*dos tipos de acabado en piedra - pavimento articulado*), actualmente se evidencian algunas de las lesiones ya mencionadas, sin embargo, centramos este estudio por solicitud de la constructora en un tramo de la vía la cual

presenta ausencia de la cimentación por falla en la estructura de soporte del pavimento a causa de un derrumbe el cual continúa llevándose progresivamente la bancada.

La vía inicialmente se planteó en **acabado en piedra - pavimento articulado**, sin embargo, debido a los inconvenientes que se fueron presentando se cambiaron zonas por pavimento flexible, los cuales ya cuentan con lesiones, por lo anterior la constructora solicitó realizar el estudio patológico del tramo que aún conserva en su mayoría el diseño inicial con acabado en piedra.

Debido a la afectación de las viviendas, las piscinas y lagos del proyecto, se realiza un estudio que contempla las diferentes características de cada construcción y su respectiva incidencia en las patologías detectadas.

## **Objetivos**

### **General**

Realizar un estudio patológico del proyecto de la vía interna en el tramo 1 de la línea 4, del condominio Montelagos, ubicado en la inspección de San Joaquín a 6 kilómetros del Municipio de la Mesa.

### **Específicos**

Justificar el estudio patológico, determinando la problemática social, económica y ambiental del proyecto, determinando el alcance del mismo y la metodología para determinar y plantear la solución a las patologías del proyecto.

Determinar las causas que generaron las patologías, para evitar posteriores inconvenientes y realizar el diagnóstico para generar una solución adecuada al proyecto.

Investigar el entorno del proyecto y las construcciones vecinas, para determinar las patologías que son propias de la zona o son individuales para el proyecto.

Revisar los resultados de los ensayos y el seguimiento realizado para generar un diagnóstico con las evidencias, resultados que se obtengan en el estudio patológico, basado en la información encontrada.

Revisar los resultados de los ensayos y el seguimiento realizado para generar un diagnóstico con las evidencias y resultados que se obtengan en el estudio patológico, basado en la información encontrada.

Revisar, estudiar y evaluar todas las alternativas para generar una adecuada propuesta de intervención, así mismo, las recomendaciones y consideraciones necesarias para evitar nuevas patologías.

## **Justificación**

### **Social**

Este proyecto contribuye socialmente a los habitantes del condominio, ya que mejorando las condiciones viales del recorrido interno de la vía del Condominio Campestre Montelagos, dado su estado actual los accesos a cada vivienda se muestran en un grado de deterioro progresivo por ende se necesita generar bienestar y confort con el mejoramiento planteado en el proyecto.

### **Económica**

Actualmente, el condominio cuenta con varios lotes en venta por parte de la constructora, por lo que el proyecto de mejoramiento de la vía se plantea ante la necesidad de darle el valor real del metro cuadrado de tierra y a las casas que ya están construidas. El estado actual proporciona un detrimento económico importante que impiden que clientes interesados no

inviertan en el Condominio y a su vez las personas que quieran vender su vivienda tendrían que irremediablemente negociar a mas bajo costo que el real.

Las razones son de beneficio mutuo para la constructora y la comunidad, aunado al compromiso real y material de brindar comodidad a cada uno de los usuarios del condominio.

### **Ambiental**

El proyecto maneja un sistema de recolección de aguas residuales llevados a una planta de tratamiento que no está funcionando de manera adecuada debido al avanzado deterioro vial, a falta de mantenimiento de los pozos que amarran las tuberías que conducen dichas aguas, por tanto, éste mejoramiento permite el buen desempeño a su vez que disminuye considerablemente el uso de aguas naturales del sector. Con la solución a la problemática de la vía también se brinda un aprovechamiento a la parte ambiental generando beneficios económicos y reduciendo en consumo de agua y de contaminación a los afluentes.

El desprendimiento de las piedras que hacen parte del acabado se perciben como escombros en algunos sectores a lo largo de la vía, es este sentido y a raíz de la necesidad de remplazar gran parte de su estructura las piedras que se desechen serán reutilizadas en jardines, senderos peatonales, u otros elementos que sean necesarios para los habitantes mitigando el desperdicio de un material que puede ser aprovechado y utilizado donde esté no requiera soportar cargas que lo dañen.

## **Alcance**

A la vía interna del Condominio Campestre Montelagos ubicado en la Inspección de San Joaquín a 6 kilómetros del Municipio de la Mesa Vía Quipile, en el departamento de Cundinamarca se le han realizado los estudios y ensayos de laboratorio necesarios para determinar las causas del deterioro evidenciado 3 años después de su construcción.

Los resultados de dichos estudios nos han permitido diagnosticar la problemática actual, el proceso de deterioro en el tiempo y las posibles soluciones que permitan el arreglo definitivo y que perdure de acuerdo a las recomendaciones que se plantearan una vez se identifiquen las verdaderas causas de las fallas encontradas y teniendo en cuenta la normativa vigente para la construcción de pavimentos articulados.

## **Metodología**

Una vez analizados los diferentes factores de carácter ambiental, normativo e histórico procederemos hacer una clasificación de las patologías previa observación preliminar de las diferentes fallas encontradas. Los estudios y ensayos que se practiquen a lo largo de este proyecto nos llevarán a concluir y proponer de forma eficaz, económica y duradera la intervención de reparación acompañada de las recomendaciones y consideraciones que se deberán tener en cuenta para un mejor desempeño.

## **1. Información, localización del proyecto y características de la zona**

### **1.1. Información Previa.**

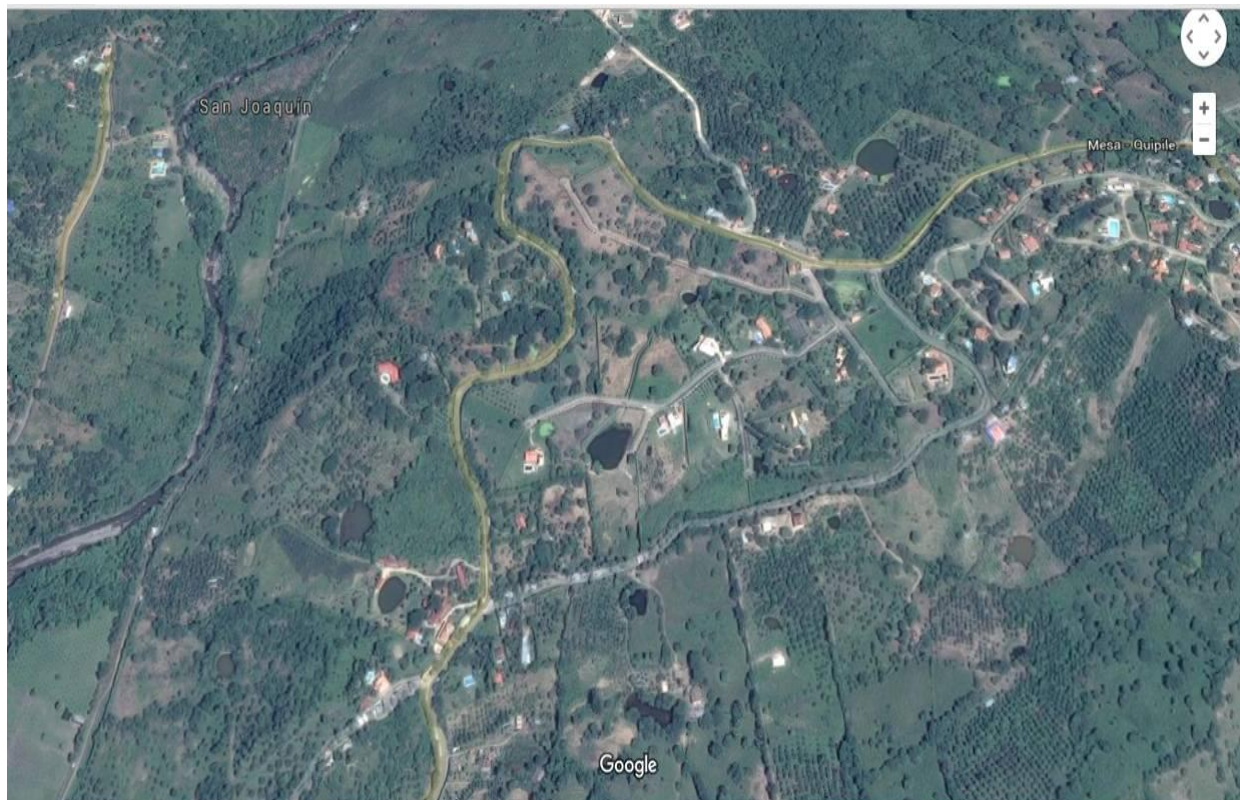
Para realizar el estudio patológico de la vía interna, que está conformada con dos tipos de acabado (*piedra - pavimento articulado* y *pavimento flexible*) y las casas del entorno de la zona afectada, del proyecto **Condominio Campestre Montelagos**, el cual está ubicado en la Inspección de San Joaquín a 6 kilómetros del Municipio de la Mesa Vía Quipile, en el departamento de Cundinamarca, se solicitó y revisó la información suministrada del desarrollo del proyecto como: planos, estudios de suelos, topográfico, diseños de la vía, bitácora, fotos, documentos suministrados por la constructora Hari, en la vía, ya se ha realizado reparaciones en pavimento flexible, al diseño original de pavimento articulado en piedra laja.

A la fecha los materiales que se encuentran en la vía a la cual le realizamos el estudio de patología son: piedra laja (diseño inicial), pavimento Flexibles (primera reparación, que ya presenta lesiones) y adoquín en arcilla, bordillos de concreto y cunetas prefabricadas, éstos últimos elementos funcionan en algunos tramos como confinamiento de la vía.

Las construcciones existentes dentro del condominio presentan afectaciones que se consideran relevantes a nivel de las cimentaciones entre los que se podrían mencionar causas como la cercanía de arboles, humedad, ausencia de estudios preliminares y la más importante la existencia de arcillas expansivas.

## 1.2. Mapa y Localización del Proyecto.

**Figura No. 1 Localización general**



Fuente Google Maps:

[https://www.google.it/maps/@4.6464582,74.50916,3a,75y,270h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1s!g4xJqJuqrfF\\_1-s11UWPw!2e0!7i13312!8i6656](https://www.google.it/maps/@4.6464582,74.50916,3a,75y,270h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1s!g4xJqJuqrfF_1-s11UWPw!2e0!7i13312!8i6656)

Fuente Google Maps:

[https://www.google.it/maps/@4.6464582,74.50916,3a,75y,270h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1s!g4xJqJuqrfF\\_1-s11UWPw!2e0!7i13312!8i6656](https://www.google.it/maps/@4.6464582,74.50916,3a,75y,270h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1s!g4xJqJuqrfF_1-s11UWPw!2e0!7i13312!8i6656)

San Joaquín es una inspección municipal de La Mesa, ubicado al oeste del casco urbano de La Mesa, a 11 km por carretera, Clima cálido a tan solo hora y media de la Capital del País, convirtiéndose en uno de los mejores destinos de los capitalinos. algunos atractivos turísticos son: la estación del ferrocarril, plaza de toros, puente sobre río Apulo y templo parroquial; antiguo asentamiento indígena Panche (familia lingüística caribe) desde épocas precolombinas, en las áreas de cultivo de algunas veredas los campesinos encuentran vestigios arqueológicos que

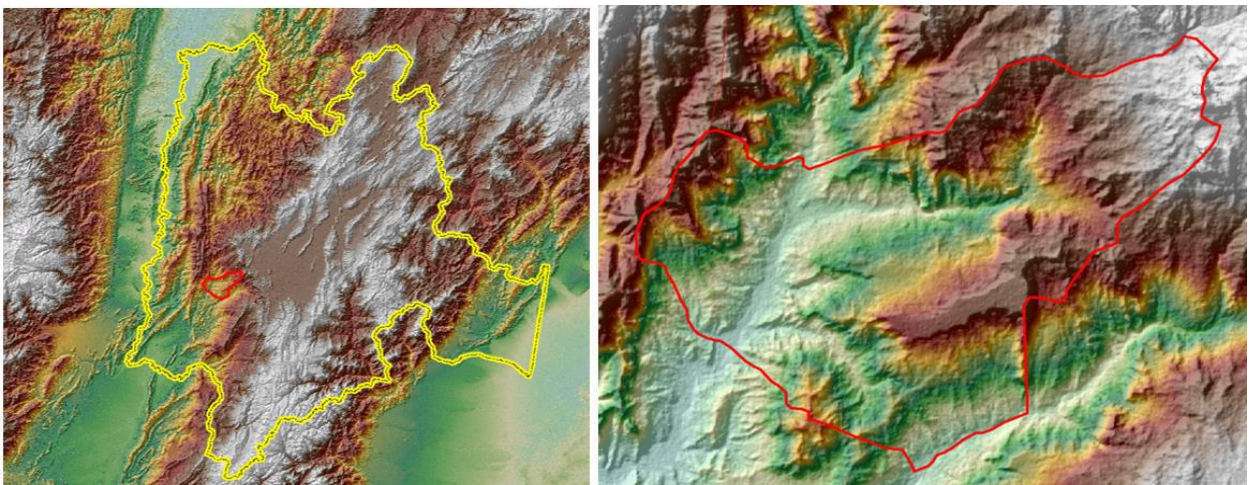
no son apreciados y generalmente son destruidos accidentalmente. En la actualidad se caracteriza por ser el principal productor de mango variedad tommy, atkins, común o ilacha y keed. Centro de acopio de frutas tropicales de la región del Tequendama, superando en volumen (tn) a municipios como Anolaima o Mesitas del Colegio.

### **1.3. Características de la zona (San Joaquín Municipio de la Mesa – Cundinamarca)**

#### **1.3.1. Geomorfología**

El municipio La Mesa se encuentra localizado en la vertiente occidental de la cordillera oriental, hace parte de la cuenca del río Bogotá, que a su vez entrega aguas al río Magdalena. Fisiográficamente presenta vertientes de los ríos Apulo y Curí, y la superficie de depósito fluvio-glaciar sobre la cual se desarrolla la cabecera municipal corresponde a una inversión de relieve que dejó colgada una terraza de este mismo origen. Las vertientes se desarrollan sobre rocas de composición lodolítica que favorece el desarrollo de procesos de coluviación y fenómenos de remoción en masa.

**Figura No. 2: Modelo de sombras y DEM sinergizados para resaltarlos aspectos fisiográficos del municipio**



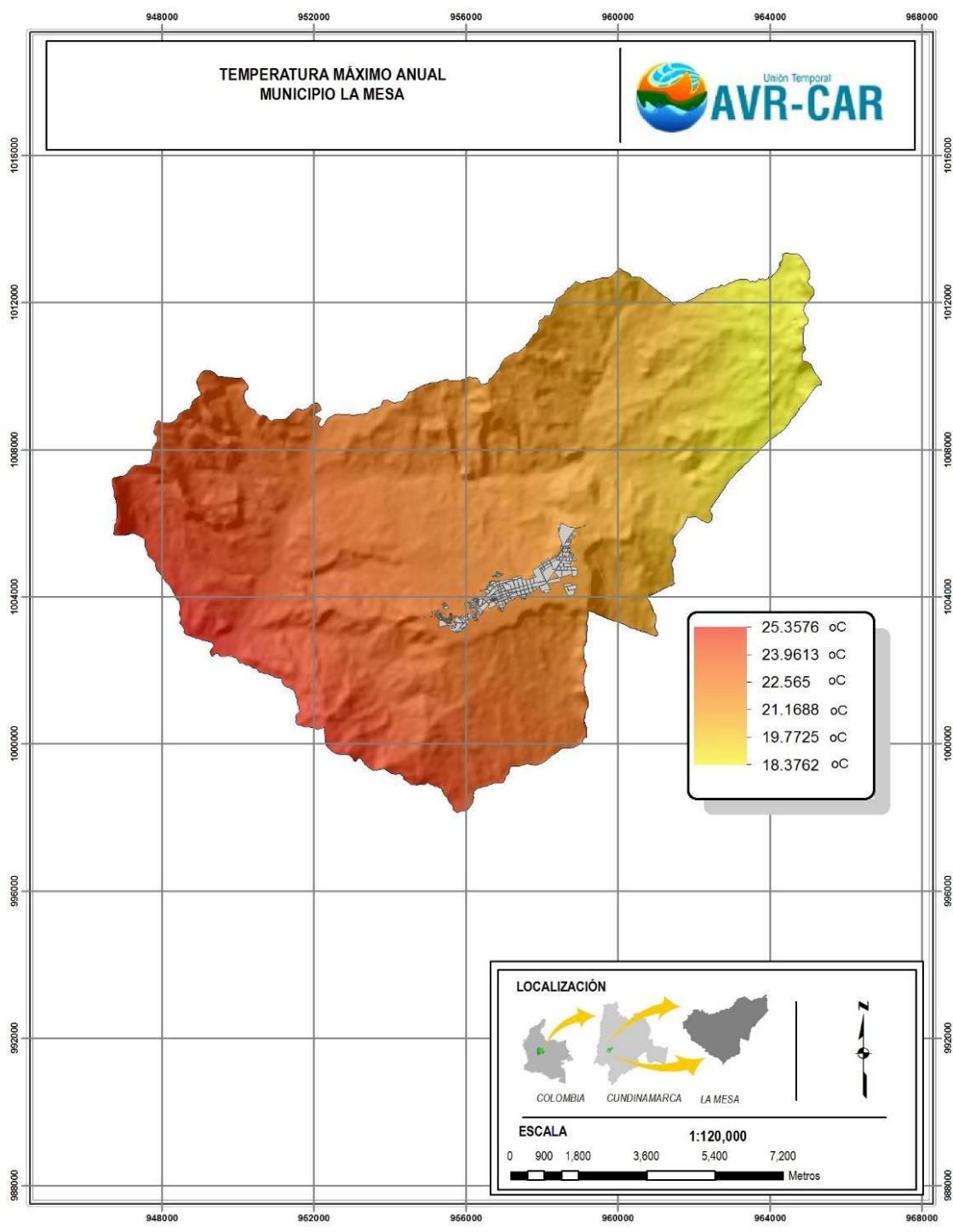
Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

El plegamiento generó una serie de anticlinales y sinclinales en muchos casos fallados, los procesos de la dinámica externa empezaron a modelarlos llegando a formas de vertientes coluviales-erosionales con recubrimientos coluviales que enmascaran la estructura original, la red de drenaje se adapta, a veces, a los sinclinales (corriente ortoclinal), o corre por los flancos del sinclinal (corriente cataclinal) o corta la estructura para drenar contra el buzamiento (corriente anaclinal). Estas adaptaciones tienen algunas consecuencias frente a la dinámica externa.

### **1.3.2. Temperatura**

La temperatura es una variable importante y de gran peso en la caracterización de una región, para el caso del municipio La Mesa, la temperatura a lo largo del año varía de los 16 °C a los 25 °C.

**Figura No 3: Temperatura máxima anual Municipio de la Mesa**

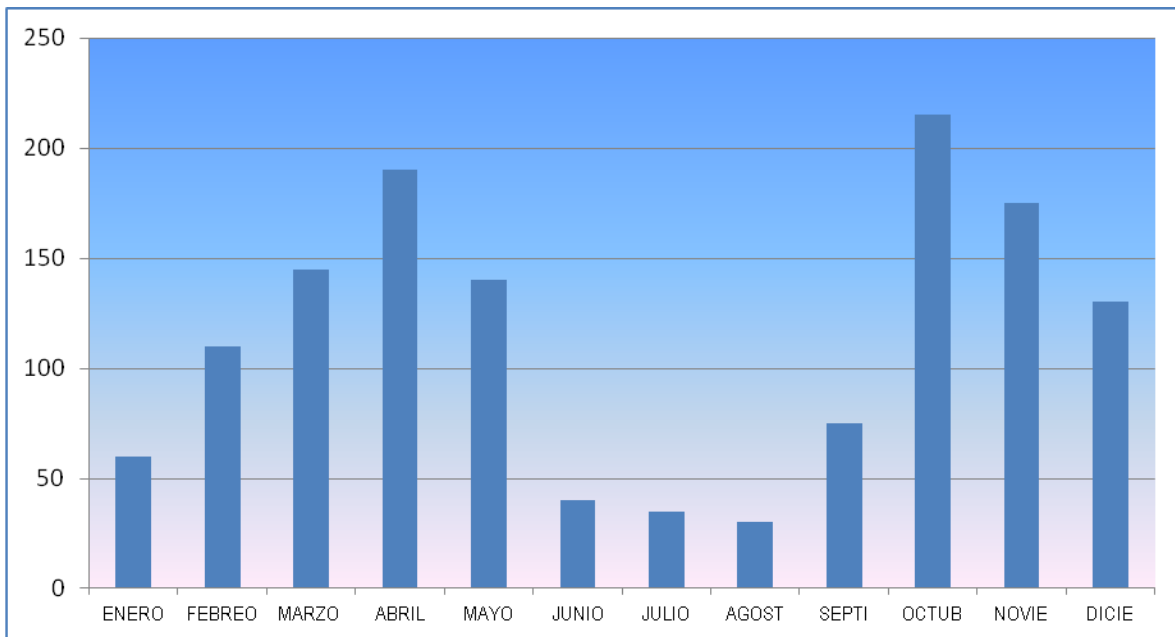


### 1.3.3. Precipitaciones

La distribución de la precipitación es de tipo bimodal en todo el municipio, es decir, presenta dos periodos de lluvia significativos, el primero muestra un incremento desde el mes de febrero hasta alcanzar el valor más alto en el mes de abril, donde inicia un descenso, con registros de valores mínimos en los meses de junio, julio y agosto; el segundo periodo aumenta insignificamente en el mes septiembre, los mayores valores ocurren en los meses de octubre y noviembre, se inicia un leve descenso en el mes de diciembre.

Los meses más secos de todo el municipio corresponden a junio, julio y agosto, mientras que los más húmedos se presentan en los meses de abril, octubre y noviembre, sin embargo, el mes con mayor precipitación corresponde a octubre con 215 mm, mientras que el más seco se registra en el mes de julio con 40.17mm.

**Grafica No. 1 Precipitación Promedio Mensual**



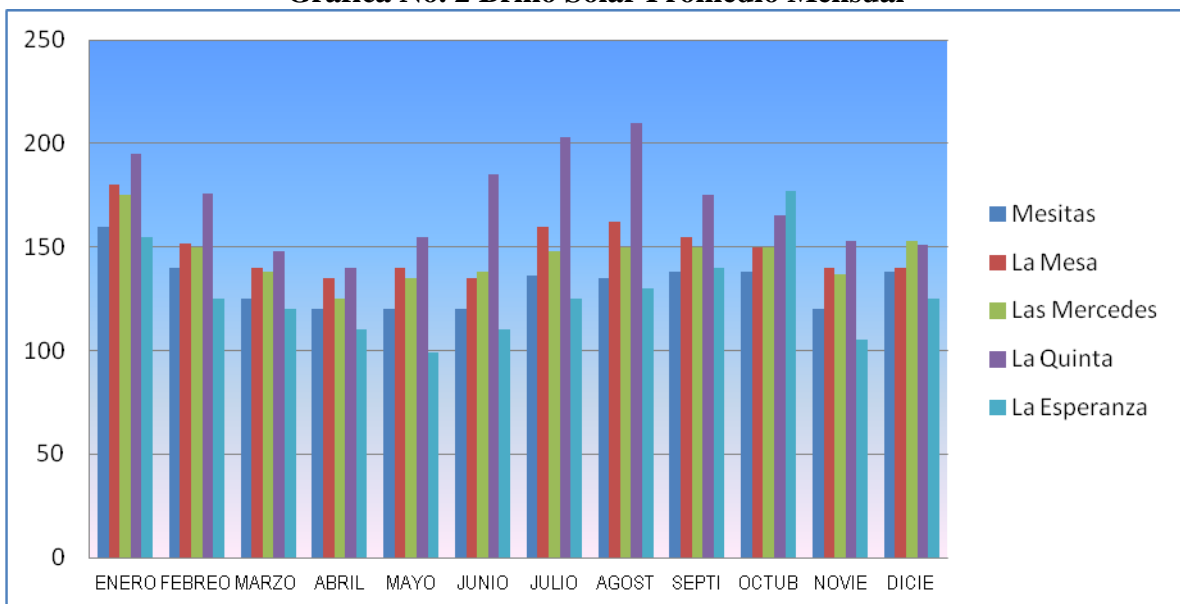
Fuente: UT AVR-CAR, 2014, a partir de información del IDEAM (2013) e IGAC (2010)

### 1.3.4. Brillo Solar

Las variaciones en el brillo solar durante el año, se deben a la influencia del régimen de precipitación. Como se menciona arriba, el número de horas de brillo solar está influenciado en gran medida por la precipitación en los diferentes meses del año.

Los valores promedio mensual varían respecto a las demás sectores que se analizaron para el documento del Ideam, (Mesitas, Las Mercedes, La Quita y La Esperanza) pero actúan de una manera homogénea, debido al comportamiento de la precipitación en el municipio; donde se identifica que, por ser de tipo bimodal, las horas de mayor brillo solar corresponde a los meses donde se presentan las menores precipitaciones, es decir, pertenece a los meses de junio, julio y agosto.

**Grafica No. 2 Brillo Solar Promedio Mensual**



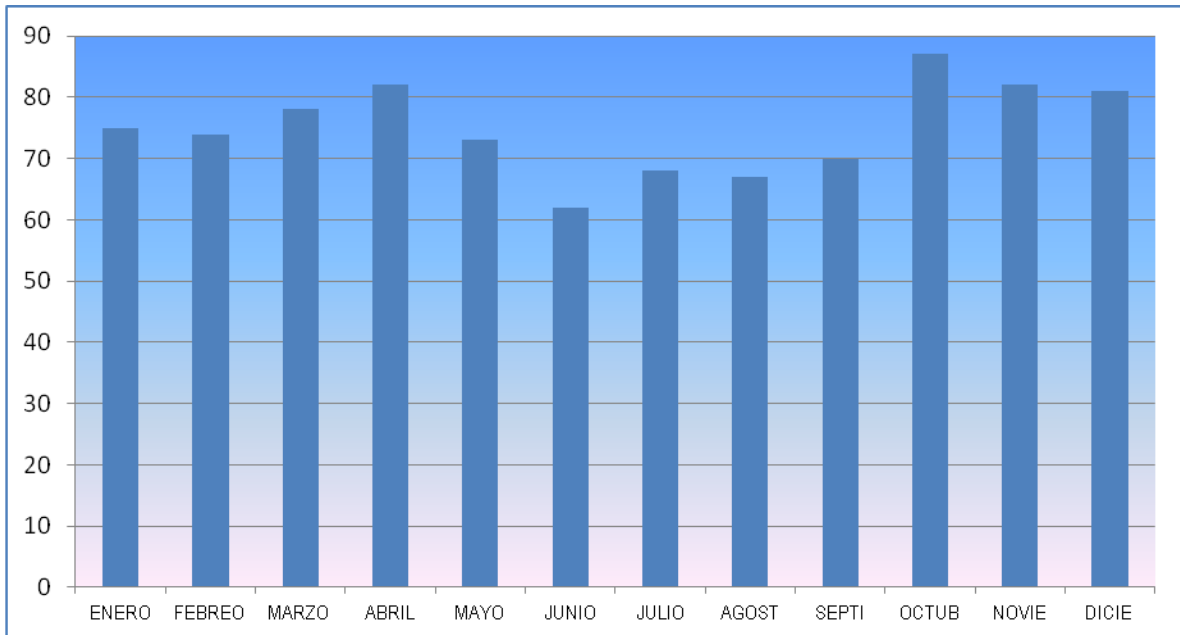
Fuente: UT AVR-CAR, 2014, a partir de información del IDEAM (2013) e IGAC (2010)

### 1.3.5. Humedad relativa promedio

Los registros para cada una de las estaciones representativas del área de estudio se consideran constantes. La humedad relativa anual es alta en la parte norte del municipio y relativamente baja en la parte sur, presentando valores que fluctúan entre 80% y 83%.

Se puede concluir que la incidencia de mayor humedad en la zona norte del municipio obedece a la ubicación sobre el río Contador. Hacia la parte baja la humedad relativa desciende considerablemente hasta obtenerse valores de 73% como es el caso de la estación de la Esperanza mientras que para La Mesa se encuentra en un 75% para el mes de enero en la esperanza,

**Grafica No. 3 Distribución Anual de Humedad Relativa.**



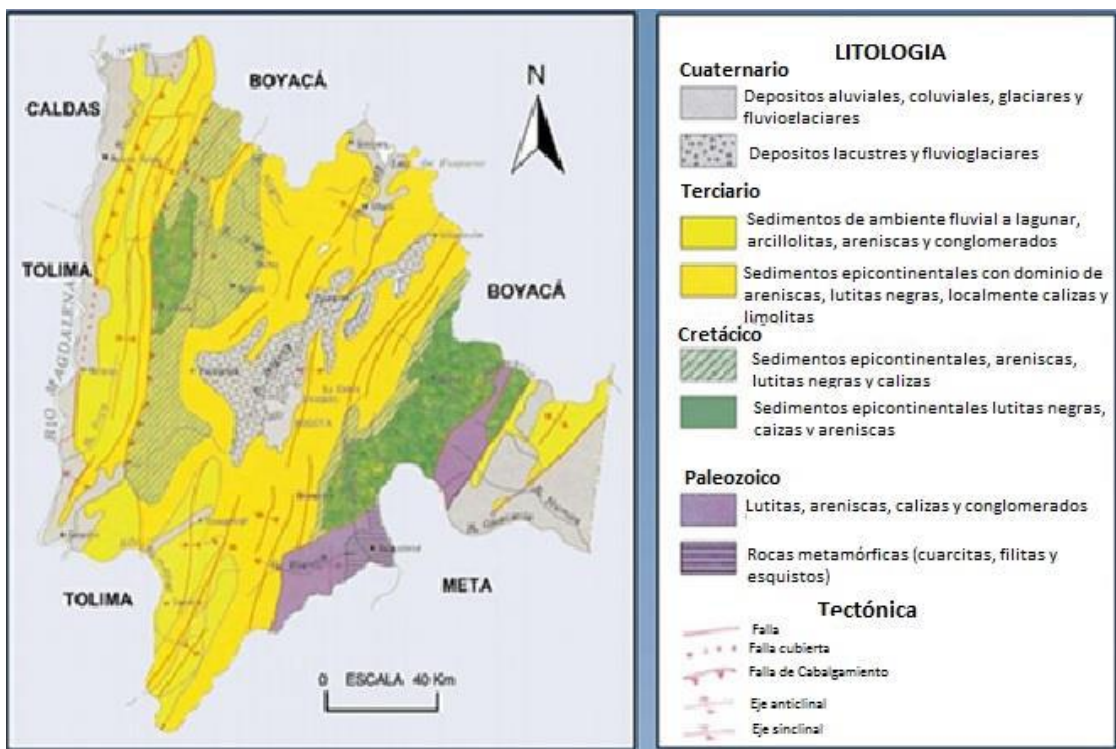
Fuente: UT AVR-CAR, 2014, a partir de información del IDEAM (2013) e IGAC (2010)

### **1.3.6. Geología**

En el departamento de Cundinamarca las rocas más antiguas son secuencias metamórficas de edad paleozoica inferior, seguida por una serie de estratos sedimentarios depositados de manera intermitente entre los 160 millones y los 65 millones de años, que se extienden en el altiplano de Bogotá y en el flanco occidental y oriental de la Cordillera Oriental

(en BAQUERO, M., 1991). Las rocas de la edad paleozoica temprana afloran en gran parte del sector oriental de la cordillera, sin embargo en el departamento de Cundinamarca solo se registran pequeñas áreas representadas por rocas metamórficas que alcanzaron condiciones de esquistos verdes (De la ESPRIELLA 1985); mientras que el paleozoico superior si aflora y está caracterizado por secuencias de facies sedimentarias con altos contenidos de areniscas cuarzosas, conglomerados, arcillas rojizas y moradas, y shales negros. Para el mesozoico las secuencias adquirieron características de ambientes depositacionales tanto marino como continental (Irving 1971).

**Figura No. 4 Mapa geológico del departamento de Cundinamarca.**



Fuente: mapa geológico INGEOMINAS 1998.

Durante el cenozoico, la formación de rocas estuvo ligada a procesos de levantamiento-erosión, estos movimientos orogénicos fueron los que levantaron y plegaron el geosinclinal del

oriente Andino (JULIVERT, 1963), generando rocas con características propias de ambientes relacionados, que en el cuaternario adquirieron sus geoformas actuales.

#### **1.3.6.1. Estratigrafía**

Es importante mencionar la formación geológica donde se encuentra ubicado el proyecto objeto de este estudio, merece la atención ya que el sector se formó dentro del **Miembro el tigre**, éste tiene un espesor aproximado de 320 metros, consta de una secuencia alternante de lodolitas ligeramente calcáreas, grises, en capas muy finas a muy gruesas, y areniscas de cuarzo, finas a gruesas hasta conglomeráticas, grises claras a oscuras, con cemento silíceo, ocasionalmente calcáreo, en capas delgadas a gruesas, plano paralelas, convergente, con estratificación interna ondulosa, está delimitado por el miembro Anapoima, en su techo.

Se localiza en sectores de las veredas: Santa Barbará, Hato Norte, La Concha, San Martin, **La Trinita**, El Tigre, San Esteban, Calucata, San Andrés, Laguna verde, Alto de las Flores, Santa Lucia, San José, Higuerón y La Chica. (En la vereda Trinita está ubicado el municipio de la Mesa)

**Miembro Anapoima (Kitra):** Espesor promedio de 600 metros, consta de una secuencia compuesta por lodolitas negras y grises oscuras, con presencia de yeso, e intercalaciones esporádicas de biomicrita, en capas delgadas, plano paralelas con concreciones con diámetros que varían entre pocos centímetros a metros, con intercalaciones de arenisca calcáreas, medias y finas, en capas medias.

Se localiza en sectores de las veredas: La Trinidad, La Trinita, El Espinal, San Javier, La Concha, Hungría, Ojo de Agua, La Laguna, La Vega, San Javier, San Nicolás Bajo, Lagunas, San Andrés, El Palmar, La vega, El Diamante, Oriente, Santa Ana, Capata y el Espino.

### **1.3.7. Movimientos en masa**

El municipio La Mesa se encuentra localizado en la vertiente occidental de la cordillera oriental, hace parte de la cuenca del río Bogotá, que a su vez entrega aguas al río Magdalena. Fisiográficamente presenta vertientes de los ríos Apulo y Curí, y la superficie de depósito fluvio-glaciar sobre la cual se desarrolla la cabecera municipal corresponde a una inversión de relieve que dejó colgada una terraza de este mismo origen. Las vertientes se desarrollan sobre rocas de composición lodolítica que favorece el desarrollo de procesos de coluviación y fenómenos de remoción en masa.

Las laderas con fuertes procesos de coluviación han generado un relieve suavemente ondulado con frecuentes fenómenos de remoción en masa, que transportados y depositados en las zonas bajas sobre los lechos de las quebradas son fácilmente atacados por la erosión lateral generando intensos procesos de socavación.

Durante los períodos de lluvia la saturación de las laderas aumenta la presión de poros haciendo más susceptible el territorio al desarrollo de fenómenos de remoción en masa. La alta dinámica poblacional de este municipio genera presiones adicionales. Las vertientes desarrolladas sobre rocas lodolíticas y altamente susceptibles a generar procesos erosivos afectan

la totalidad del territorio que facilitan el desarrollo de depósitos de vertiente y consecuentemente inciden directamente en la estabilidad del terreno.

### 1.3.7.1. Escenario Previsto

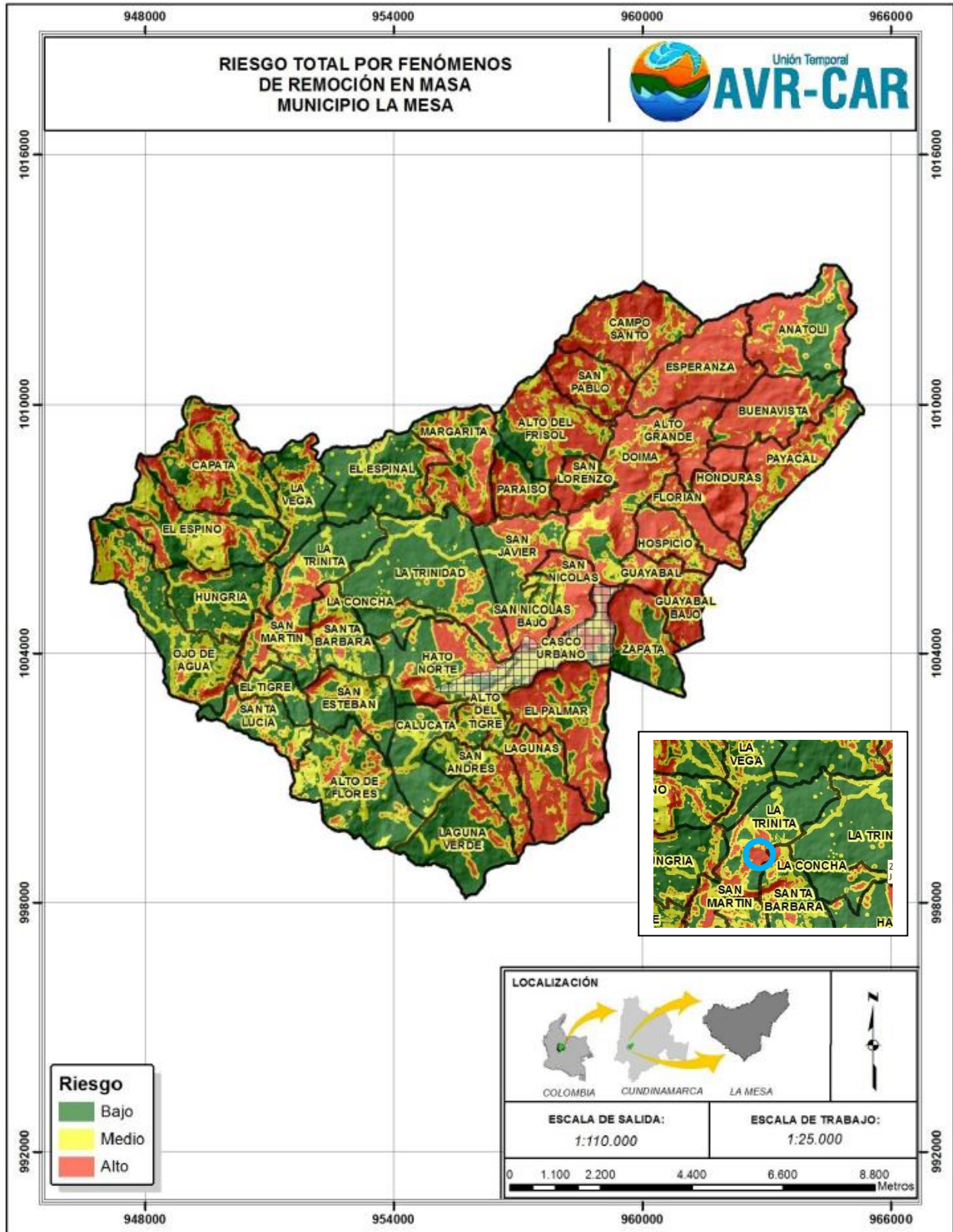
La caracterización de los factores de riesgo, sus causas e interacción entre ellas representan un escenario de riesgo, el cual permite generar la planeación, ejecución y control de las líneas de acción para la mitigación de determinado fenómeno.

El mapa de riesgo se obtuvo de cruzar el mapa de amenaza relativa con el mapa de vulnerabilidad de acuerdo con lo establecido en la Tabla No. 3

**Tabla No. 3 Valoración del riesgo por fenómenos de remoción en masa**

<b>RIESGO</b>			
<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
<b>Amenaza</b>			
<b>Alta</b>	Alto	Alto	Medio
<b>Media</b>	Alto	Medio	Medio
<b>Baja</b>	Medio	Medio	Bajo

Figura No. 7 Valoración del riesgo por fenómenos de remoción en masa



**Tabla No. 4 Áreas de riesgo en el municipio**

Riesgo	Área (Ha)	Área (%)
Baja	4575,41	30,98
Media	4604,95	31,18
Alta	5588,56	37,84
Total	14768,91	100,00

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla No. 4 se describen las categorías de Riesgo Total por fenómenos de remoción en masa.

**Figura No 8 Descripción de las categorías de riesgo total.**

CATEGORÍAS RIESGO	DESCRIPCIÓN
<b>BAJO</b>	Identifica todas aquellas áreas que son menos susceptibles al desarrollo de FRM, donde existe muy poca probabilidad de pérdidas económicas por esta amenaza, pueden desarrollarse libremente pero con precauciones de no alterar las condiciones que pudieran variar la categoría de amenaza.
<b>MEDIO</b>	La probabilidad de pérdidas económicas o costos sociales son menores, aunque su mitigación pudiera resultar costosa, la relación costo beneficio podría ameritar su recuperación.
<b>ALTO</b>	Corresponde a las áreas con una alta probabilidad de pérdidas de vidas humanas o económicas que pudieran generar alto estrés social, relacionada con altas pérdidas económicas y cuya mitigación puede ser muy honerosa.

La categorización del riesgo en el municipio establece unas zonas de riesgo alto, medio y bajo por fenómenos de remoción en masa, en una escala 1:25.000. Con base en esta zonificación se puede determinar que las zonas de riesgo alto corresponden al 37,84% del total del área del municipio, las zonas de riesgo medio equivalen al 31,18% y las zonas de riesgo bajo al 30,98%, tal como se muestra en la Figura No. 8.

### 1.3.8. Sismicidad

La sismicidad en el departamento de Cundinamarca y regiones aledañas es alta comparada con otras zonas del país. Este proceso es ocasionado por la liberación de grandes cantidades de energía, producto de la acumulación de esfuerzos en regiones tectónicas. La

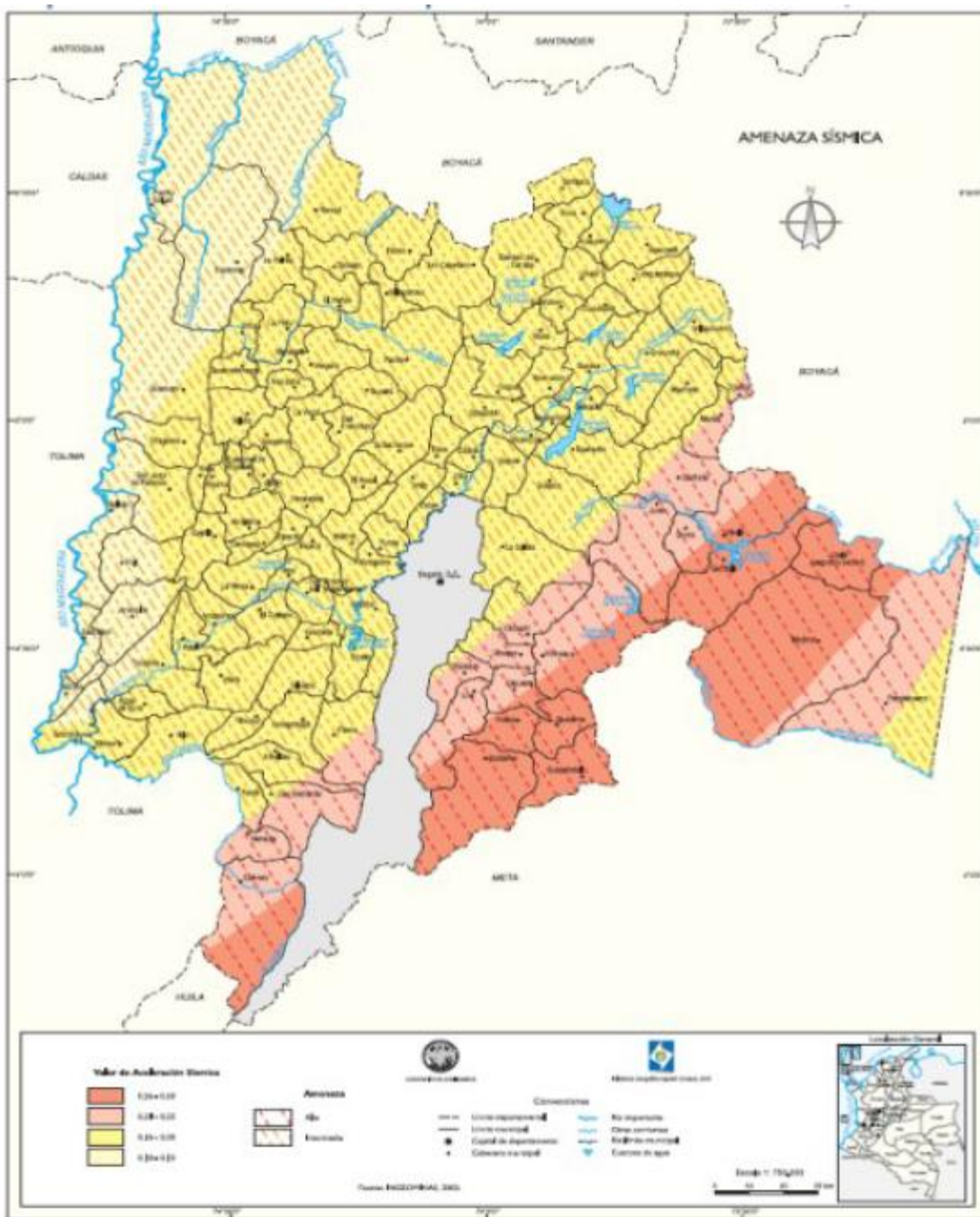
energía liberada por las ondas sísmicas puede generar en superficie algunos procesos como movimientos en masa, licuefacción y deformaciones que son los que causan los mayores daños sobre la población, su economía e infraestructura.

De acuerdo con el Atlas Básico de amenaza sísmica del departamento de Cundinamarca, se observa que el territorio tiene zona de amenaza sistémica intermedia y alta con aceleraciones horizontales del terreno entre 0.1g y 0.4g para un periodo de retorno de 475 años (Figura 9). En el mapa se distinguen cuatro grandes zonas de aceleración sísmica; la zona de mayor vulnerabilidad se ubica entre las provincias de Medina Guavio, oriente y la zona sur de la provincia del Sumapaz y los municipios con amenaza alta son: Cabrera, Caqueza, Chipaque, Choachi, Fomeque, Fosca, Gachala, Gacheta, Gama Guasca, Guayabetal, Gutiérrez, Junín,

Macheta, Manta Medina, Paratebuena, Quetame, San Bernardo, Tibirita, Ubala, Ubaque, Une, Venecia, los otros municipios se clasifican como amenaza intermedia.

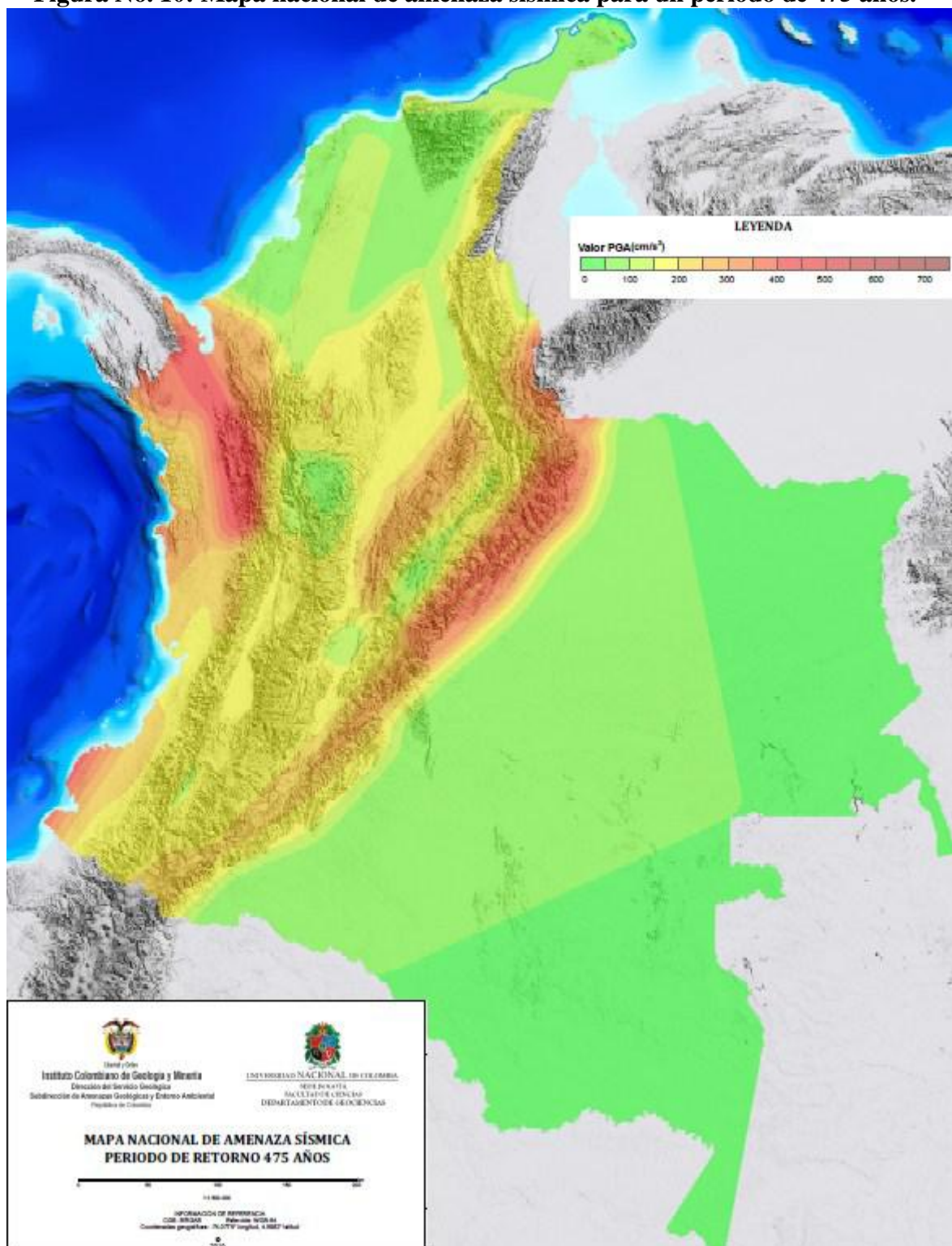
El área de trabajo se localiza sobre una región de amenaza sísmica alta, con un periodo de retorno de 475 años, con valores de aceleración pico superficial ( $A_a$ ) de 0,25 y un potencial de daños ( $A_d$ ) de 0,045. De acuerdo a los datos de sismicidad para el área de estudio para un periodo de retornos de 475 años se asignó un valor de 4 (alto), como factor detonante de movimientos en masa para la zona montañosa y un factor de 1 para las zonas planas.

**Figura No. 9: Mapa de amenaza Sísmica en Cundinamarca**



Fuente: Atlas de Cundinamarca, dimensión ambiental, Secretaria de Planeación

**Figura No. 10: Mapa nacional de amenaza sísmica para un periodo de 475 años.**



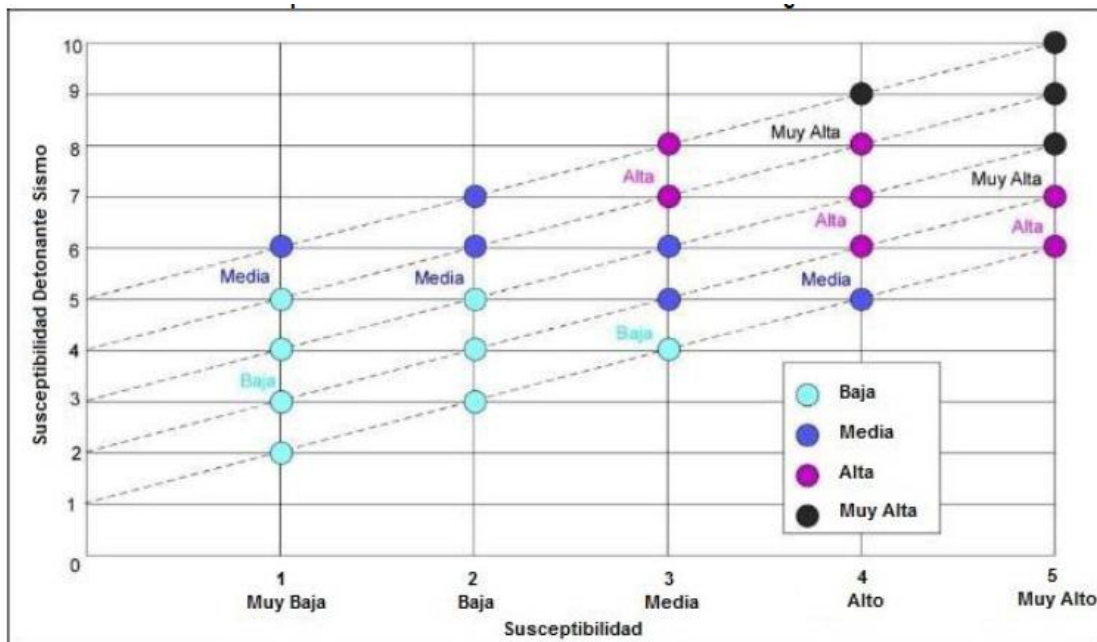
Fuente: Instituto Colombiano de Geología y Minería.

### 1.3.8.1. Detonante por Sismo

Respecto a los movimientos en el municipio de la mesa donde se ubica el proyecto Montelagos, debemos resaltar que los taludes se encuentran en estados desde muy estables a marginalmente estables. Cuando un sismo ocurre induce un movimiento del terreno a menudo suficiente para causar fallas a taludes que están marginalmente a moderadamente estables antes del sismo. Los daños resultantes pueden ser desde insignificantes a catastróficos dependiendo de la geometría y de las características físicas del talud.

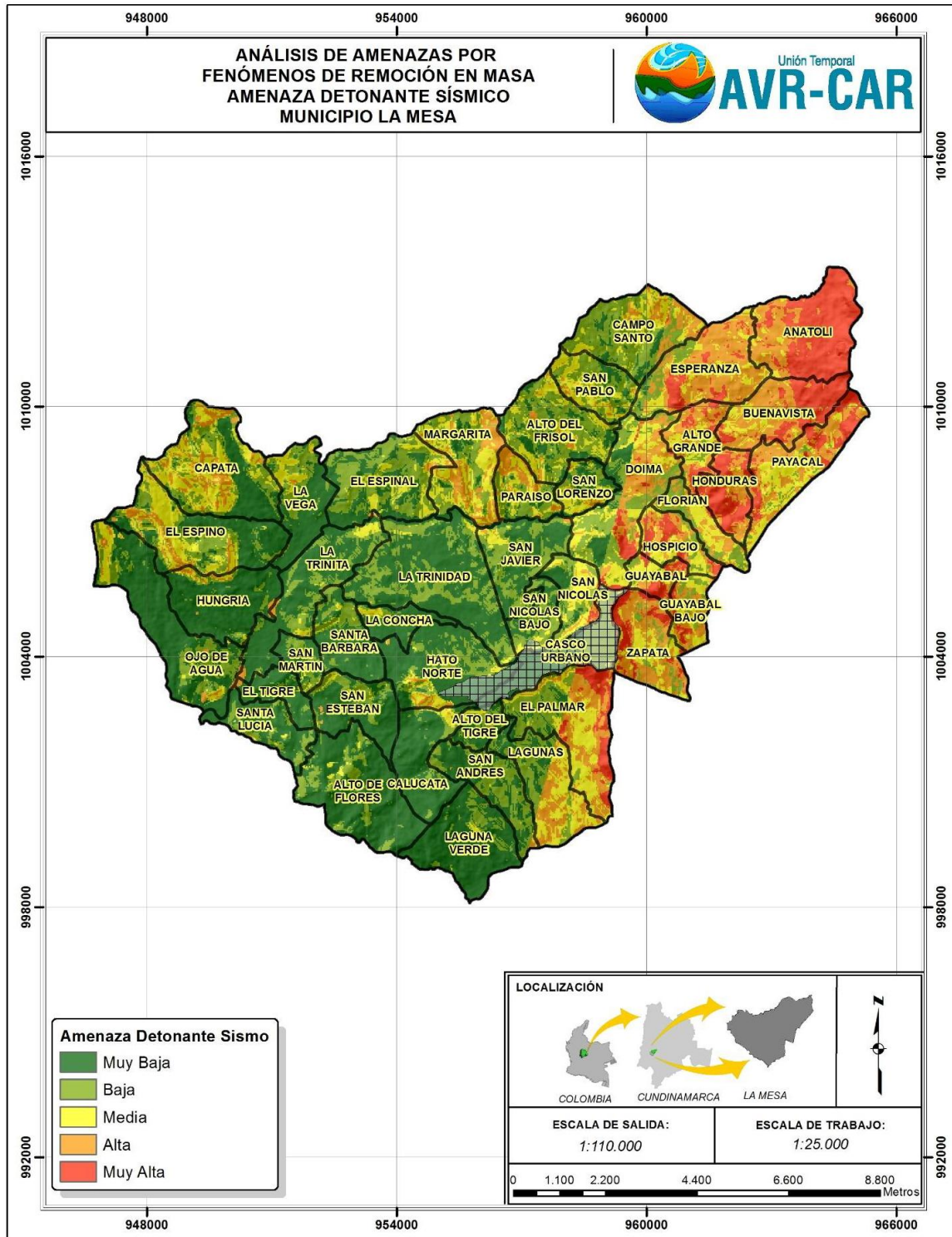
En el escenario evaluativo contemplado por detonante sismo, es decir el escenario con la capacidad de influir sobre los esfuerzos cortantes de las unidades de deslizamiento mediante actividad sísmica, el municipio La Mesa presenta una calificación general de 4 dentro de un rango clasificadorio de 1 a 5, donde uno es la menor calificación y 5 la mayor, figura No. 11

**Figura 11: Clasificación del mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa detonados por sismo para la función de modelación de la Guía Metodológica**



Fuente: INGEOMINAS (2001).

Figura 12: Mapa factor de sismo municipio La Mesa.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

La zonificación de las amenazas por detonante sismo se han clasificado con cuatro categorías de amenaza Baja, Media, Alta y Muy Alta, adaptada de INGEOMINAS (2009).

Para facilitar la interpretación del mapa de amenazas se tendrán en cuenta el criterio de clasificación en los que se manejan 3 rangos: bajo, medio y alto. Con el objetivo que el análisis sea conveniente para el planeamiento, ejecución de obras, entre otros; que se vaya a realizar en el municipio.

**Figura 13: Descripción de las categorías de amenaza total.**

CATEGORÍAS AMENAZA	DESCRIPCIÓN
<b>BAJA</b>	Amenaza no detectada. Identifica todas aquellas áreas que son menos susceptibles al desarrollo de FRM, existe muy poca evidencia de inestabilidades, corresponde con áreas de morfología suave a casi plana, o sectores con una condición geotécnica excepcional.
<b>MEDIA</b>	Exposición directa o indirecta a la amenaza. Corresponde a las áreas con susceptibilidad media a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, por causas naturales o antrópicas, esta asociada a geoformas de orden denudacional y estructural, en macizos rocosos de calidad media, o depósitos antiguos con o sin evidencias de movimientos en masa hoy día estabilizados, asociados a pendientes medias, con cubiertas vegetales arbustivas, cultivos, pastos y eventuales bosques. Zona de moderada restricción y sensibilización.
<b>ALTA</b>	Exposición directa a la amenaza. Zonifica todas aquellas áreas donde existe una alta susceptibilidad al desarrollo de FRM bien sea por causas naturales o antrópicas, están asociadas a macizos rocosos de muy pobres características geotécnicas afectados por una alto fracturamiento y/o plegamiento, también a depósitos de vertiente con evidencias recientes de actividad, los materiales suelen encontrarse saturados durante la mayor parte del año. La cobertura vegetal corresponde a zonas intervenidas o con coberturas de pastos y monocultivos, asociados a pendientes medias a fuertes. Categoriza la zona de prohibición e intervención inmediata.

Fuente: UT AVR-CAR, 2014.

### 1.3.9. Nivel Freático y escorrentías

La variación de este parámetro incide en la estabilización de masas de tierra, ya que logra controlar el flujo de agua subterránea, al mismo tiempo que reduce las presiones de poros y se

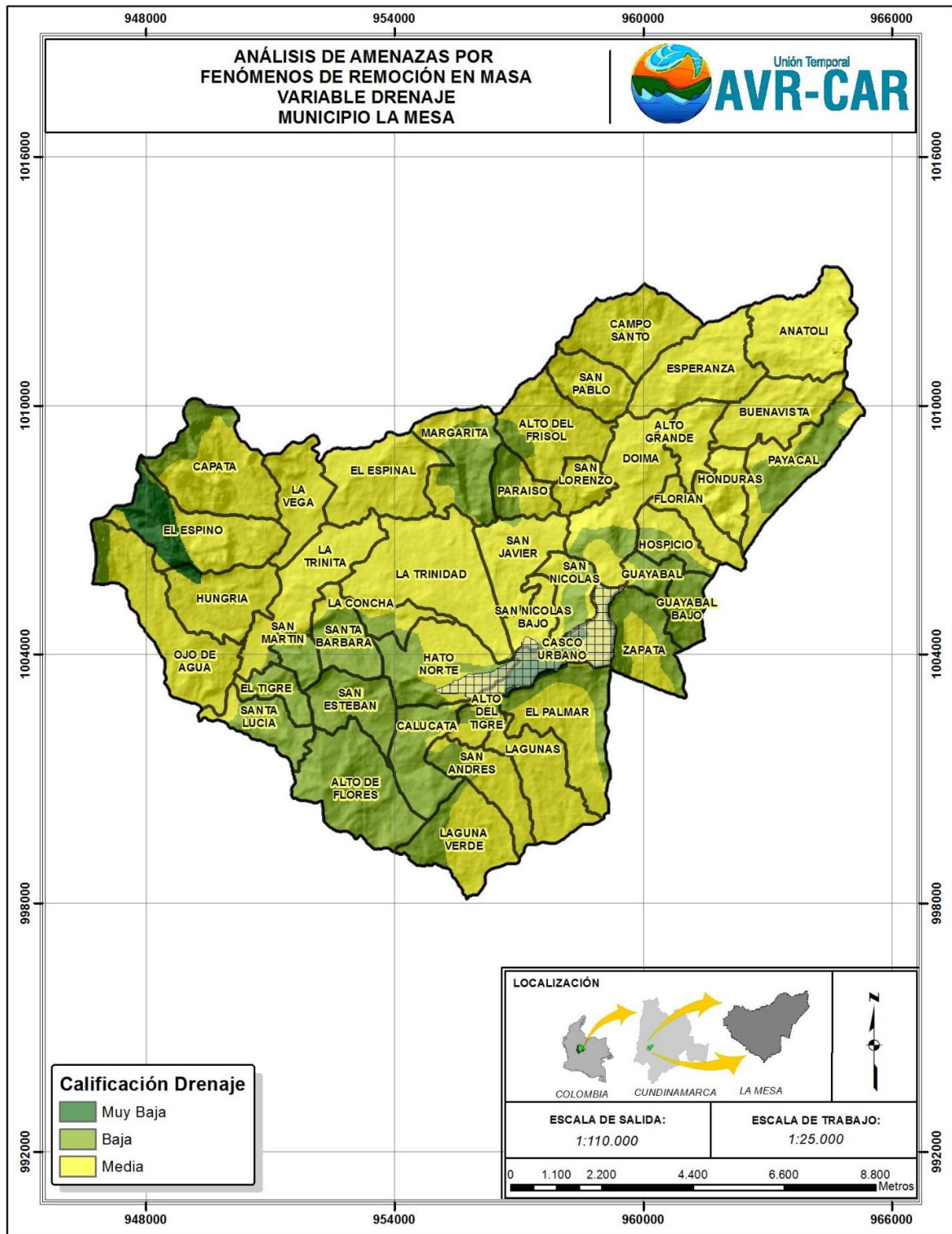
aumenta por tanto la resistencia al corte del material (Fajardo Puerta, 2005). La calificación como se expone en la Tabla No. 5, permite espacializar esta variable.

**Tabla No. 5 Calificación del drenaje natural del suelo.**

<b>Clase</b>	<b>Características</b>	<b>Calificación</b>	<b>Susceptibilidad</b>
Excesivo	No retienen agua después de las lluvias.	1	Muy Baja
Moderado Excesivo	No retienen agua para las plantas después de las lluvias. El nivel freático nunca sube por encima de 2 metros.		
Bueno (Bien)	Suelos óptimos para el abastecimiento de agua y aire a los cultivos. Nivel freático siempre por debajo de 80 cm.	2	Baja
Moderado	El agua es removida lentamente hasta el nivel freático (40-80 cm. en época de lluvias). Requiere drenaje para cultivos permanentes.	3	Media
Imperfecto	Suelos con capas impermeables que impiden percolación en época de lluvias.	4	Alta
Pobre	Agua removida lentamente y los perfiles están mojados en la época de lluvias. Se requiere drenaje.		
Muy pobre	Agua freática cerca o sobre la superficie. Encharcamientos permanentes. Se requiere drenaje.	5	Muy Alta
Pantanosos	Agua freática sobre la superficie. Encharcamientos permanentes. Se requiere drenaje.		

La calificación de esta variable para el municipio La Mesa se encuentra entre dos susceptibilidades. La primera de ellas, corresponde a una calificación baja, propia de suelos que facilitan el paso de agua y presentan mejor aireación, y la segunda es una calificación media para suelos donde el agua alcanza el nivel freático; siendo esta característica más evidente al norte y oriente del municipio. La vereda El Espino ubicada al occidente del territorio presenta un área con una calificación muy baja lo cual sugiere suelos con dificultades para la retención de agua (Figura No. 9).

**Figura No. 14 Calificación del drenaje natural del suelo.**



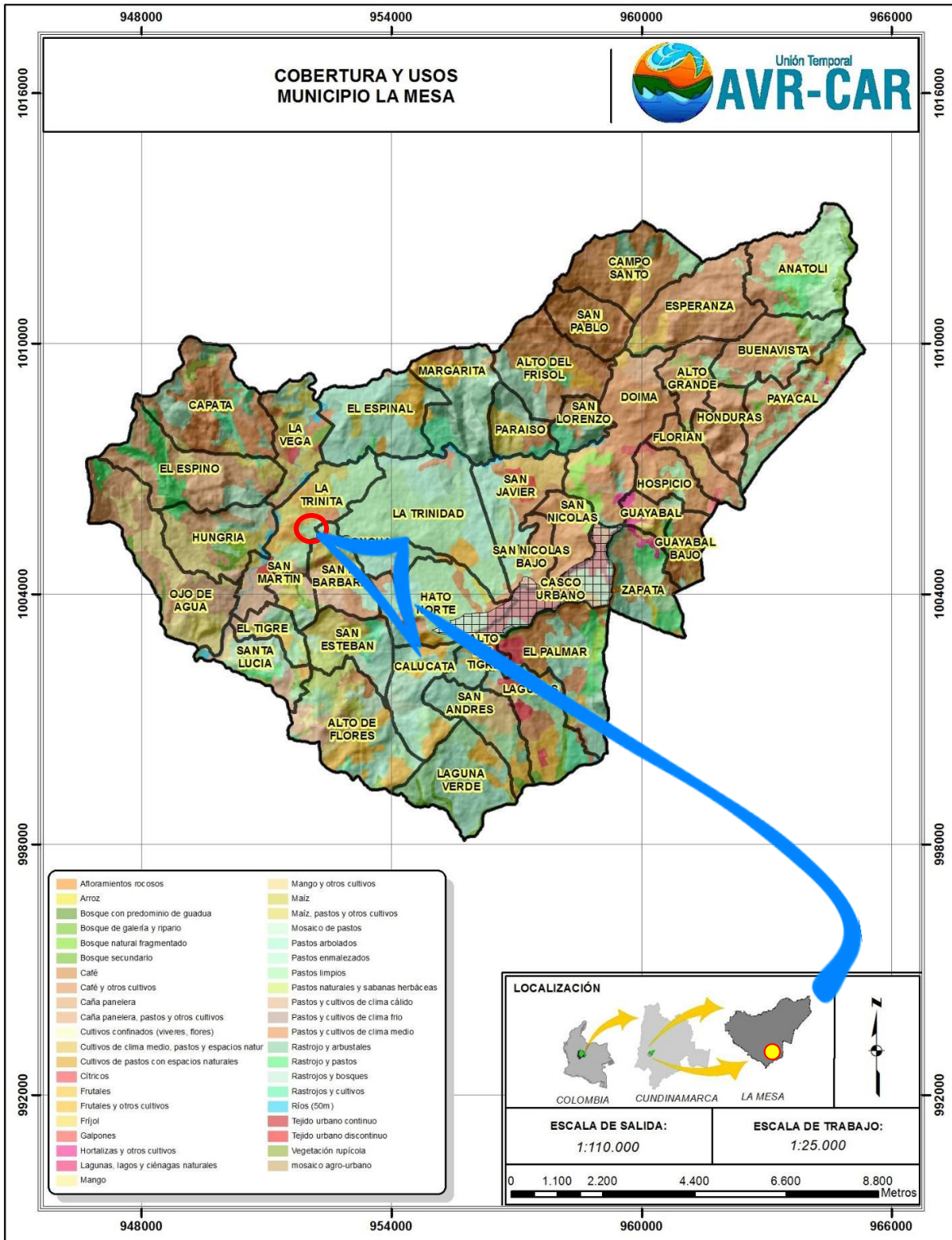
### 1.3.10. Sistemas de coberturas vegetales

Las coberturas vegetales presentan un efecto directo sobre los procesos erosivos, disminuyen la escorrentía superficial porque reducen la cantidad y la velocidad del movimiento del agua en zonas de alta pendiente. También su sistema radicular presenta un entretejido que actúa como amarre a los horizontes superficiales del suelo y que tanto árboles como arbustos de raíz profunda facilitan el drenaje profundo, reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos y fallas superficiales.

**Figura No. 15 Vegetación Condominio Campestre Montelagos**



Figura No 16. Coberturas de la tierra - metodología Corinne Land Cover.



Fuente: UT AVR-CAR, 2014 a partir de información de (IGAC, 2006)

## **2. Marco Legal**

De acuerdo al esquema de ordenamiento territorial del municipio aprobado mediante acuerdo municipal No. 005 de mayo 22 de 2000.

El lote Montelagos con extensión de 199.038,23 m<sup>2</sup> integrado por cuatro lotes, ubicado en la inspección de San Joaquín, municipio de la Mesa, cuyos linderos y demás especificaciones obran en la escritura pública 429 del 14 de marzo de 2008, en la notaria 43 de Bogotá. Artículo 11 decreto 1711 de 1984, según anotación No. 2 y según levantamiento topográfico este predio tiene un área real de 194.432,68 M<sup>2</sup>. El Condominio Campestre Montelagos está constituido por 29 lotes y sus áreas comunes, las cuales se encuentran detallados en la escritura 429 de 14 de marzo de 2008 notaria 43 de Bogotá.

### **2.1. Uso del suelo**

La categoría para este suelo está contemplada para el área rural y está definida por las áreas donde se mezclan los usos del suelo rural y urbano y las formas de vida del campo y la ciudad, pero diferentes a las clasificadas como áreas de expansión urbana y que son desarrolladas con restricción de uso, intensidad y densidad garantizando el abastecimiento en servicios públicos.

Debido a que el municipio de la mesa en los últimos años ha tenido una parcelación muy alta, en el área rural se han conformado varias zonas con predios de hasta menos de 100 metros cuadrados, como núcleos de vivienda o conformación de condominios. Esto ha llevado a localizar áreas muy densificadas que ameritan ser clasificadas como áreas suburbanas.

Estas se localizan así: La primera, sector el cruce la vía que de la Mesa conduce a San Javier, la segunda por la vía que conduce de la Mesa a la Inspección de San Joaquín, sector la Concha, la tercera cerca al perímetro urbano de San Joaquín, sector el Mirador cerca al condominio Campestre Montelagos, la cuarta se localiza cerca al cauce de la quebrada Doima, en la vía que de la mesa conduce a la inspección de La Esperanza, dos se localizan en la vereda Zapata, dos en áreas aledañas a las quebradas San Andrés y San Agustín, otra en el condominio Miralomas de Holanda y la última en el sector denominado el Tigre.

**Uso Principal:** Conservación y Restauración ecológica

**Usos Compatible:** Actividad agrosilvica pastoriles

**Usos Condicionados:** Agropecuarios, institucionales, recreación general, vías de comunicación e infraestructura de servicios.

**Usos Prohibidos:** Aquellos que generen deterioro de la cobertura vegetal o fenómenos erosivos: quema, tala rocerías, minería, industria, y usos urbanos

**Uso Principal:** Agropecuario tradicional, mecanizado y vivienda propietario y trabajadores

**Usos Compatible:** Construcciones de establecimientos institucionales de tipo rural, granjas agropecuarias

**Usos Condicionados:** Cultivos de flores, granjas, porcinos, arboles, recreación en general, vías de comunicación, estructura de servicios públicos y parcelaciones rurales siempre y cuando no resulten predios menores a 172 M2

**Usos Prohibidos:** Canteras, gravilleras, minería a cielo abierto, usos urbanos y suburbanos, usos industriales.

El planteamiento inicial del Montelagos sería el desarrollo campestre cuyo uso predominante será el de vivienda recreacional, el cual de forma categórica se denominó Condominio Campestre Montelagos que se ubica sobre la carretera que desde Bogotá y pasando el municipio de la Mesa conduce a la inspección de San Joaquín.

Se desarrollaron predios individuales superiores a los 5.000 m<sup>2</sup>, con una sede social (Club House), integrados por una red vial dotada de infraestructura de servicios de Energía, y alcantarillado. Se involucran aspectos paisajísticos tales como cinturones de aislamiento (taludes y zonas verdes), arborización, pequeños cuerpos de agua y áreas destinadas a una planta de tratamiento.

## **2.2. Normatividad**

El 14 de noviembre de 1997 la oficina de planeación de la Alcaldía Municipal de la Mesa expidió la demarcación del predio identificado con el número catastral 00- 02-0001-0430-000, el cual tuvo vigencia de 6 meses a partir de su fecha de expedición firmada por el Arquitecto Manuel Guillermo Hernández. Dicho documento certificaba lo siguiente:

Área mínima a parcelar: 3 hectáreas

Área mínima por lote: 3.200M<sup>2</sup> (1/2 fanegada)

Área de cesión mínima: 25% del área total del predio

Índice de ocupación máxima del 30%

Debe mantener una distancia de mínimo 7 metros a partir del eje de la vía hasta el inicio de la construcción o cerramiento, cualquier vía que sea trazada dentro del predio deberá tener un paramento mínimo de 6 metros.

No cuenta con redes de acueducto y alcantarillado de la empresa municipal por lo tanto el servicio debe ser garantizado por el propietario.

Nota: si el uso es netamente agrícola deberá pagar por el cambio de uso del suelo Acuerdo 006 1996.

También debe plantear tratamiento de aguas residuales y manejo de aguas lluvias.

La norma mencionada en el año de 1997 continuo vigente hasta la fecha de inicio del proyecto.

### **2.3. Licencia de construcción y sus modificaciones**

La oficina de planeación de la Mesa Cundinamarca mediante la Resolución 196-2005 de diciembre 29 de 2005, aprobó el proyecto Urbanístico fue radicado en dicha oficina y cumplió con todas las normas establecidas en el acuerdo 005 de mayo de 2000 el cual fue expedida con sujeción a las leyes 388 de 1997 y 99 de 1993 en concordancia del decreto reglamentario 1052 de 1998 al tenor de la resolución 2326 de 1999 expedida por la CAR y mediante la cual se concertó el **PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**.

No se encontraron modificaciones a lo que se expidió, sin embargo, de conformidad con los documentos contentivos del expediente radicado como RAD OP 2943-2005 las resoluciones

están vencidas si se pretende hacer modificaciones tal como lo preceptúa el párrafo del artículo 2.2.6. 1.1.1., del decreto nacional 1077 del 2015 que a su tenor literal dice:

*PARÁGRAFO. Las licencias urbanísticas y sus modalidades podrán ser objeto de prórrogas y modificaciones.*

*Se entiende por prórroga de la licencia la ampliación del término de vigencia de la misma. Se entiende por modificación de la licencia, la introducción de cambios urbanísticos, arquitectónicos o estructurales a un proyecto con licencia vigente, siempre y cuando cumplan con las normas urbanísticas, arquitectónicas y estructurales y no se afecten espacios de propiedad pública.*

*Las modificaciones de licencias vigentes se resolverán con fundamento en las normas urbanísticas y demás reglamentaciones que sirvieron de base para su expedición. En los eventos en que haya cambio de dicha normatividad y se pretenda modificar una licencia vigente, se deberá mantener el uso o usos aprobados en la licencia respectiva.*

### **3. Descripción Y Datos Generales Del Paciente.**

La vía interna afectada dentro del condominio **Campestre Montelagos**, se encuentra ubicada en el municipio de la Mesa Cundinamarca vía hacia la inspección de San Joaquín a la altura del kilómetro 8 el cual será objeto del presente estudio.

El condominio donde se encuentra ubicado el proyecto, cuenta con 8 lagos que apoyan el paisajismo del terreno y que además sirve de recolección de aguas lluvias, las cuales se conducen a una planta de tratamiento para suplir el consumo doméstico en baños, riego y recirculación de los lagos. Así mismo el proyecto cuenta con una red de aguas residuales que se conducirán a otra planta de tratamiento y cumplir con un plan de manejo ambiental. Figura No. 11

De acuerdo con la información suministrada, los lagos 2 y 10 existen en el predio desde muchos años atrás a la iniciación de la construcción de la Urbanización y otros lagos (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9) fueron conformados aprovechando la topografía del terreno y el cauce natural de las aguas lluvias, que permitían al condominio contar con reservorios de agua en épocas de verano.

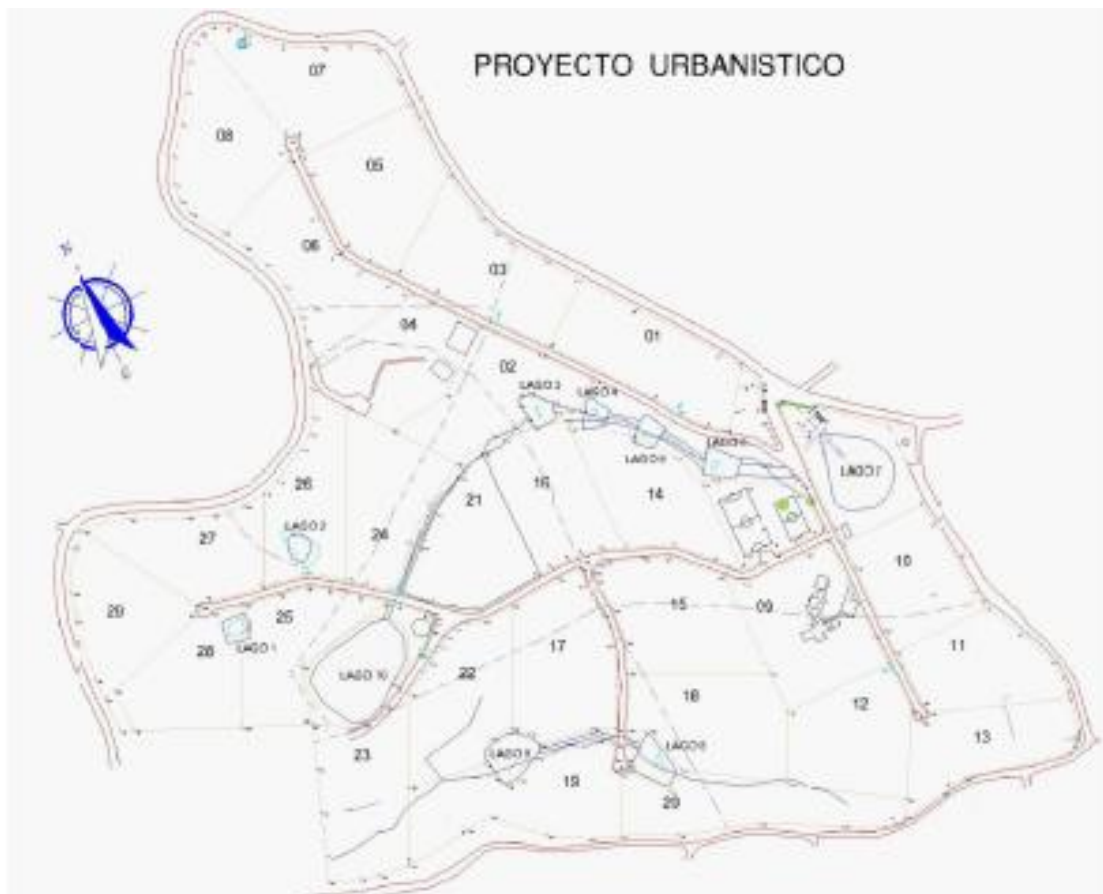
Los lagos de la parte alta del lote (lagos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8), en los cuales se presume que hayan presentado filtraciones en los últimos meses sobre las zonas medias de las laderas y que se encuentran entre las cotas 1.192 y 1.285 msnm, son lagos que por su ubicación y topografía permiten el recorrido del agua en forma de cascada que ayudan a mitigar las corrientes.

Se desarrolla sobre un terreno inclinado, condición que permite y garantiza la vista privilegiada a cada uno de los lotes hacia el cañón del río Apulo y a la población de san Joaquín. El lote está delimitado en un 90% por carreteras públicas.

Las vías interiores del condominio presentan un tránsito principalmente de vehículos livianos con paso esporádico de camiones pequeños de trasteos, suministros, etc. Algunas de

estas vías se encuentran pavimentadas en piedra pegada tipo adoquín y otras en concreto asfáltico. La longitud total de las vías es de aproximadamente 1 kilómetro y la topografía del terreno es ondulado.

**Figura No. 17 Ubicación de Lagos**



Teniendo en cuenta el numeral 1.2 denominado **CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS**, contenido en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del 2008, adoptado como Norma Técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional, mediante la Resolución número 0744 del 4 de marzo del 2009, establece la clasificación de las carreteras según su funcionalidad y según el tipo de terreno; con el cual podíamos indicar que la vía interna del condominio Montelagos **Según su funcionalidad**, se clasificarían “**Terciarias**” pues son



incluyendo el mortero y en otros por una capa asfáltica con espesores que varían entre 6 cm y 7 cm. Bajo estas capas se encuentran materiales tipo recebo que corresponden a unas gravas arcillosas y arenosas de color amarillo y marrón, con espesores en conjunto que varían entre 7cm y 43cm.

### **3.1.1. Por Diseño y Construcción (A.10.2.2.1-NSR 10)**

*(...) “A.10.2.2.1 — Calidad del diseño y la construcción de la estructura original — Esta calificación se define en términos de la mejor tecnología existente en la época en que se construyó la edificación. Al respecto se puede utilizar información tal como: registros de interventoría la construcción y ensayos realizados especialmente para ello. Dentro de la calificación debe tenerse en cuenta el potencial de mal comportamiento de la edificación debido a distribución irregular de la masa o la rigidez, ausencia de diafragmas, anclajes, amarres y otros elementos necesarios para garantizar su buen comportamiento de ella ante las distintas solicitaciones. La calidad del diseño y la construcción de la estructura original deben calificarse como buena, regular o mala.” (...)*

Tenido en cuenta el numeral **A.10.2.2.1-NSR 10** y lo aplicamos al proyecto en cuanto a la ejecución de la vía interna del condominio y de acuerdo a la información obtenida del proyecto y lo encontrado en la exploración de campo, se evidencia que no hay coherencia entre lo construido y lo diseñado, debido a que realizaron cambio de espesores y especificaciones en la construcción de la vía, se omitieron muchas recomendaciones dadas en el estudio de suelos, razón por la cual se clasificaría de acuerdo a su diseño y construcción, como un proyecto malo.

### **3.1.2. Por estado de la estructura (A.10.2.2.2-NSR 10)**

*(...) “A.10.2.2.2 — Estado de la estructura — Debe hacerse una calificación del estado actual de la estructura de la edificación, basada en aspectos tales como: sismos que la puedan haber afectado, fisuración por cambios de temperatura, corrosión de las armaduras, asentamientos diferenciales, reformas, deflexiones excesivas, estado de elementos de unión y otros aspectos que permitan*

*determinar su estado actual. El estado de la estructura existente debe calificarse como bueno, regular o malo. .” (...)*

Igualmente aplicando el numeral **.10.2.2.2-NSR 10** al proyecto los cambios por temperatura, movimiento, asentamientos, deflexiones excesivas en el terreno, el estado de los elementos de acabado y confinamiento de los pavimentos, podríamos clasificar como regular en los tramos de acabado con carpeta asfáltica y malo en el acabado con piedra.

### **3.2. Intervenciones previas**

En febrero 25 de 2009, la empresa Alfonso Uribe Saldarriaga y Cía. S.A, realizó el estudio de suelos para la revisión de las estructuras de pavimento, encontrando una serie de daños tipo hundimientos, levantamiento de la piedra, fisuras, entre otros.

En dicho estudio se pudo establecer que los espesores de los materiales que conformaban la estructura eran insuficientes y no cumplían especificaciones de base ni subbase granular y que su compactación no era adecuada.

Adicionalmente se encontraron en algunos sectores bajo las estructuras, rellenos en tierras varias colocados en el sitio sin ningún control de compactación que son susceptibles a presentar movimientos por cambios de volumen y debido a la falta de compactación.

Finalmente se recomendó una estructura de pavimento apropiada que cumpliría con las solicitudes de tránsito del proyecto de acuerdo a las características de la subrasante determinadas con ensayos CBR y la implementación de filtros paralelos a las vías.

La estructura recomendada en el estudio del 2009 se presenta a continuación:

Adoquín en piedra	10 cm
Base en arena	3 cm
Base granular	15 cm
Subbase granular	30 cm
Geotextil tejido tipo 2100	Sí
<b>TOTAL</b>	<b>58 cm</b>

En el mismo año se inició la reparación de algunos sectores planteando un pavimento flexible y adecuaciones de algunas lajas sueltas del pavimento rígido. Teniendo en cuenta que los estudios de suelos que inicialmente se realizaron arrojaron resultados concernientes a las arcillas expansivas lo que advierte una estructura más profunda respecto a la planteada inicialmente:

*Bajo los rellenos en material granular se encuentran rellenos arcillosos con muy pobre compactación, susceptibles a cambios de volumen al variar su contenido de humedad y que en algunos casos tienen espesores hasta de 3.6 m. Bajo los rellenos se encuentran las arcillas típicas de la Urbanización que tienen un potencial de **expansión muy crítico**.AUS-25/02/2009 (ver Anexo B: Estudios de suelos año 2009)*

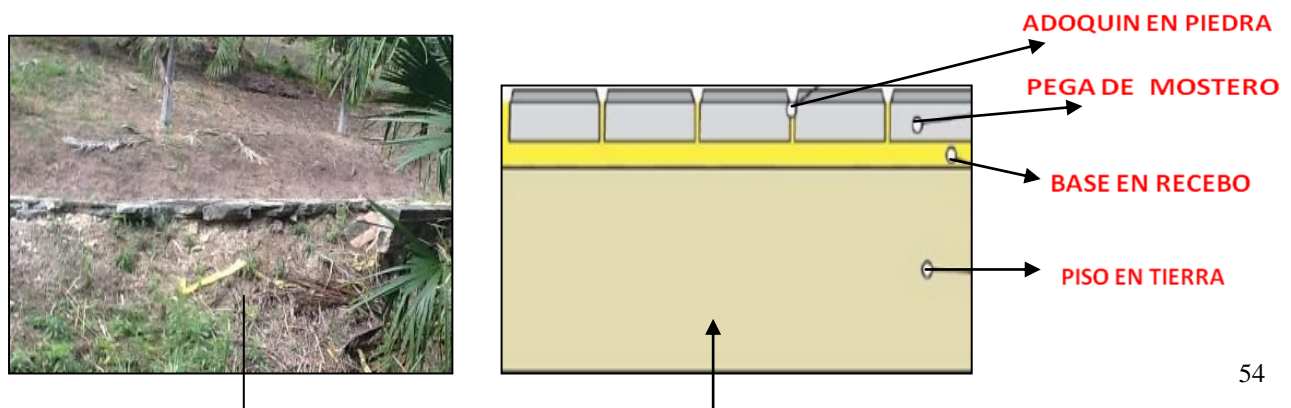
### 3.3. Datos del paciente - Especificaciones Técnicas iniciales de la vía

Estas vías se diseñaron inicialmente sobre una capa de recebo debidamente compactada con espesor de 17 y 25 centímetros. Sobre este recebo se aplicaría una torta de concreto sobre la cual se instalarían las lajas de piedra de la región combinado con adoquín de arcilla. Se emplearían unos sardineles de concreto de 20 cm de ancho por 30 cm de alto que permiten el confinamiento del acabado de la vía.

La vía tendría un bombeo con declive hacia los lados para conducir las aguas lluvias bien sea hacia el terreno natural, o hacia las cunetas previstas para tal fin, de acuerdo con el diseño establecido. La cinta de circulación vehicular tendría un ancho de 4.20 m y remata según diseño en retornos con glorietas circulares de 10 m de diámetro. A los costados de cada cinta se cuenta con una berma de césped y/o cunetas según el diseño de 1.90 m a cada lado, completando un ancho total de vía de 8 m. Este diseño aplica a todos los ramales que conforman las vías internas.

Por razones que aún se desconocen el diseño no se cumplió como se planteó inicialmente y en cambio se instalaron las lajas de piedra sobre una capa de recebo de 10 cm, construyendo la vía sin estructura de soporte.

**Figura No. 19 Estructura actual de la vía.**



#### **4. Historia Clínica**

Debido a la necesidad de mejorar la calidad de vida de los propietarios del condominio y a la necesidad de la constructora en vender los lotes restantes del condominio, ya que el mal estado de la vía interna genera devaluación a los inmuebles, fue necesario reunir a los interesados del bien común del inmueble en donde la afectación a los inmueble se refleja en una intervención parcial sobre la estructura para la recuperación de la vía y en cuanto a su acabado y la parte que afecto a toda la bancada de la misma, es necesario realizar la intervención a esta zona y proveer la solución a las demás etapas, cuando éstas se requieran y se tenga el presupuesto para tal fin.

En nuestro paciente el área está contemplada en una parte por la afectación de la bancada el cual hace parte del tramo 1 de la línea 4, donde se realizará la recuperación de la estructura del pavimento, la propuesta de arreglo de la vía, la cual incluye, la intervención y construcción adecuada de un sistema de drenaje de aguas lluvias, ajuste y mantenimiento del sistema de alcantarillado, que está generando patologías adicionales a las generadas por el tipo de terreno del proyecto.

La constructora revisará, evaluará y viabilizará la intervención, de acuerdo a los resultados del estudio patológico de proyecto, en la etapa que afecta directamente la venta de los nuevos lotes, al igual para el resto de la vía, los propietarios evaluarán la intervención total del proyecto.

#### 4.1. Responsables del Estudio

Los únicos responsables del presente documento son la Arq. Yolima Silva Diaz y la Ing.

Yenny Cruz Padilla, profesionales en cabeza de la ejecución del presente informe.

**Tabla No. 6 Responsabilidad de los profesionales**

<b>NOMBRE</b>	<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>RESPONSABILIDAD</b>
Alfonso Uribe Saldarriaga y Cía. S.A	Geotecnia	Estudio de Suelos
Laboratorio INGEOLAB	Estudios y Ensayos de Laboratorio	Ensayos de Laboratorio
Arq. Yolima Silva Díaz Ing. Yenny Cruz Padilla	Patóloga de la Construcción Patóloga de la Construcción	Estudio Patológico y Diagnóstico

#### 4.2. Autorización del Estudio

El presente estudio fue autorizado por la constructora Hábitat Arquitectura e Innovación S.A. (Hari), encargada de realizar la construcción del proyecto CONDOMINIO CAMPESTRE MONTELAGOS.

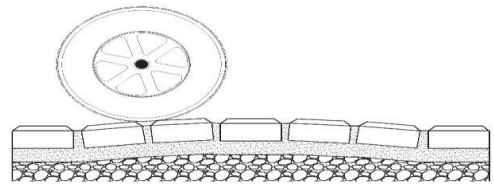
## 5. Lesiones y patologías encontradas

### 5.1. Lesiones pavimento articulado – piedra laja y adoquín en arcilla

**5.1.1. Deformaciones** Las deformaciones son cambios repentinos en los perfiles de los pavimentos. Estos cambios tienen flechas apreciables que repercuten negativamente en el confort de los usuarios.

**5.1.1.1. Abultamiento:** Son levantamientos o protuberancias que se presentan en la superficie del pavimento, las causas se dan por los cambios volumétricos de la subrasante, generalmente se presentan en la subrasante con suelos expansivos.

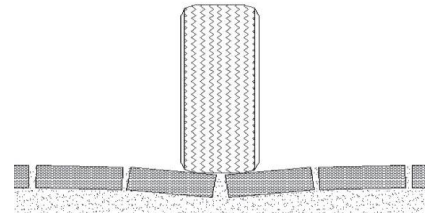
**Figura No. 20 Imagen de Abultamiento (Tramo 2 vía Montelagos)**



**5.1.1.2. Ahuellamiento:** Es la depresión que se presenta a lo largo del sentido del tráfico bajo las huellas de los vehículos, sus causas: Hundimientos causados por las cargas de

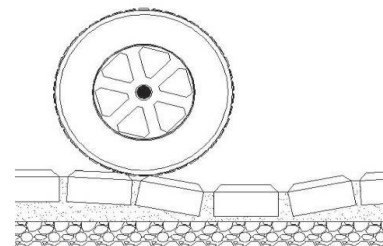
tránsito, consolidación de las capas subyacentes, inadecuada compactación de las capas estructurales, aparcamiento de vehículos pesados durante mucho tiempo.

**Figura No. 21 Imagen de Ahuellamiento (Tramo 1 vía Montelagos)**



**5.1.1.3. Depresiones:** Son hundimientos localizados en forma circular o semejante a ella sin pérdida de material, causados por asentamiento en el suelo de fundación, fallas en la capa de arena cuando las partículas de ésta se degradan, inadecuado drenaje o falta de mantenimiento de éste.

**Figura No. 22 Imagen de Depresiones (Tramo 1 vía Montelagos)**



**5.1.2. Desprendimientos:** Los desprendimientos son la pérdida de material en zonas localizadas del pavimento.

**5.1.2.1. Desgaste superficial** Es la pérdida de finos en la superficie del adoquín o la piedra en este caso, creando una textura superficial rugosa, se forman cavidades y deja expuesto el agregado grueso.

En el capítulo 1 se menciona que luego de un estudio realizado para la obtención de agua subterránea en el condominio se determinó la existencia de rocas arcillolitas y areniscas entendiéndose que estas pertenecen a grupo de formación sedimentaria de origen mecánico.

La vía de Montelagos se construyó con un tipo de roca llamada Shale o Lutita. Se denominan así a las limolitas y arcillolitas mejor consolidadas. La marga es una lutita calcárea.

Según el grado de consolidación diagenética, pueden clasificarse así:

**De bajo grado de consolidación.** Arcillolita, lodolita y limolita.

**De mediano grado de consolidación.** Shale arenoso, shale lodoso y limolita laminada.

**De alto grado de consolidación.** Argilita, una roca más competente que las anteriores.

**Figura No. 23 Imagen de la piedra tipo Shale**



Fuente propia: La mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, agosto de 2015



<http://www.monografias.com/trabajos94/rocas-sedimentarias/rocas-sedimentarias.shtml#ixzz4eEOw3mHJ>

Areniscas. La mayoría están compuestas principalmente de granos de cuarzo y arcilla en pequeñas cantidades. Pueden ser, por su composición, arcosa, si son ricas en feldespatos; cuarzosas, ricas en  $\text{SiO}_4$ ; grawacas, ricas en ferromagnesianos, y micazas ricas en micas. También las areniscas se denominan, por la matriz cementante, así: ferruginosa, silicosa, arcillosa y calcárea. Las areniscas son útiles en construcción, revestimientos y fabricación de vidrio.

**Figura No. 24 Imagen de la entrada principal con los diferentes tipos de piedra**



Fuente propia: La mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, agosto de 2015

**Figura No. 25: Especificación de la Piedra**



Arenisca Micácea



Arenisca Arcillosa



Arenisca Ferruginosa

Estas rocas fueron sometidas al ensayo de desgaste por abrasión de agregados en la máquina de los ángeles arrojando un desgaste del 38.9%, quiere decir que, aunque estas rocas sirven para construcción no son aptas para desempeñarse en las vías aún con tráfico liviano.

**5.1.2.2. Pérdida de arena o mortero** Es la pérdida de partículas de arena o en este caso la pérdida del mortero de pega, las causas que generan estas patologías es por arrastre de material fino por expulsión de agua al paso de los vehículos, juntas abiertas, desplazamiento de juntas. En el caso de la vía Montelagos es evidente que la pega con mortero al parecer no tuvo el diseño de mezcla apropiado, no es posible hacerle un ensayo a este material por las condiciones y por el tiempo de exposición.

**Figura No. 26 Pérdida de arena y material de mortero**



Fuente propia: La mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, agosto de 2015

**5.1.2.3. Desplazamiento de borde:** Son corrimientos localizados de los adoquines o piedras junto a los elementos de confinamiento. Las causas: falla localizada en el lugar de construcción del elemento, inadecuada construcción y diseño del elemento de confinamiento, por las cargas del tránsito.

**Figura No. 27 Desplazamiento de borde rompimiento de cunetas**



Fuente propia: La mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, agosto de 2015

Es evidente analizar en este punto y como se nota en la Figura No. 28, que no existen cunetas en varios tramos de la vía que podría ayudar a mitigar el esfuerzo del suelo sobre los bordillos. Dicho impacto obedece también a la presencia de arcillas expansivas, tema que será tratado en el capítulo 7 de ésta investigación.

En la construcción inicial se realizó la cuneta retirada de la estructura de la vía, lo que generó un rápido deterioro por una mayor infiltración de agua, situación que propició que la cimentación se afectara con mayor rapidez

**Figura No. 28 Desplazamiento de borde Externo**



Fuente propia: La mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, agosto de 2015

**5.1.3. Fracturamiento:** Es la aparición de fisuras y grietas en las piezas de adoquines o demás elementos constitutivos del pavimento, como son los elementos de confinamientos (bordillos). Cuando los fracturamientos llegan a evolucionar, ocurren pérdidas de material, formación de concavidades e incrustación de objetos ajenos al pavimento. Las

causas más comunes son por inadecuado espesor de los adoquines o piedras, inadecuado espesor de las capas de apoyo, deficiencia en la calidad de los materiales de la capa de apoyo y/o de los adoquines o piedras, paso de cargas extraordinarias.

**5.1.3.1. Fracturamiento de confinamiento interno y/o externo:** Es el deterioro y destrucción parcial o total de los confinamientos internos. En estados avanzados de deterioro se presenta pérdida de material, permitiendo la incrustación de partículas y objetos extraños al pavimento. Las causas: fatiga provocada por el paso del tránsito baja calidad de los materiales y/o precario control en el proceso de construcción, por impacto de las llantas de los vehículos, cuando los confinamientos están a un nivel superior al de la rasante de la carretera, por invasión de vegetación, por retracción del concreto (sí éste es en concreto).

**Figura No. 29 Fracturamiento de confinamiento Interno y/o externo**



Los desprendimientos de las piedras y posteriores fracturas de éstas en el lote Montelagos tiene otra incidencia muy importante que obedece a la posición y

deterioro de las redes de alcantarillado que atraviesan de forma transversal varios tramos de las vías, la posición de los pozos de alcantarillado genera problemas de estabilidad y hundimientos creando una huella en dirección de las tuberías que atraviesan las vías, esto debido a que el sistema de alcantarillado se encuentra muy superficialmente y es afectado, por el movimiento de la estructura de cimentación de la vía y las cargas de tráfico no previstas.

**Figura No. 30 Fracturamiento por adecuación de tuberías**

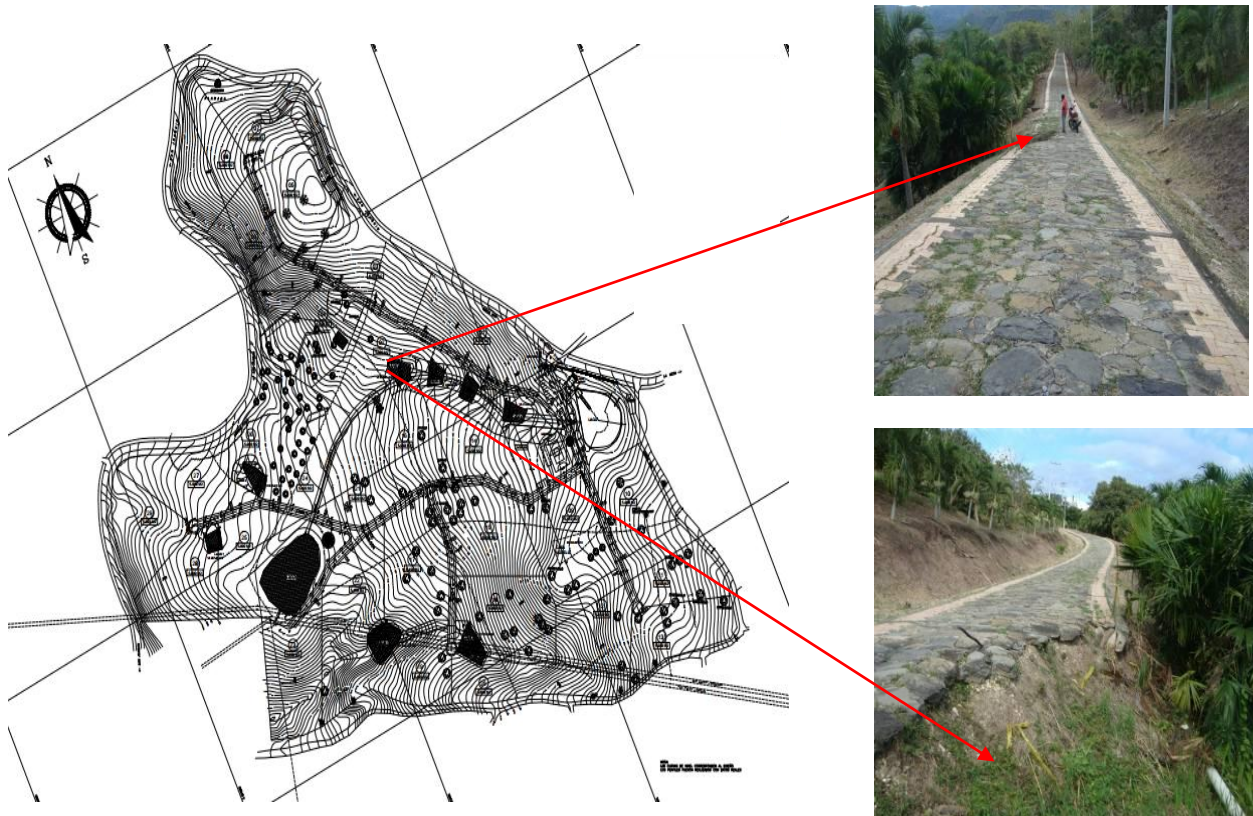


Fuente propia: La mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, agosto de 2015

#### **5.1.4. Fallas del suelo**

Actualmente en el tramo más afectado se presenta un desprendimiento del terreno que en primera instancia obedece a la posición de la tubería de aguas negras que se encontró separada del tramo que se conduce desde la parte alta hasta la parte baja del condominio generando una humedad constante en este sector.

**Figura No. 31 Ubicación de la falla en tramo 1**



La Mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, agosto de 2015

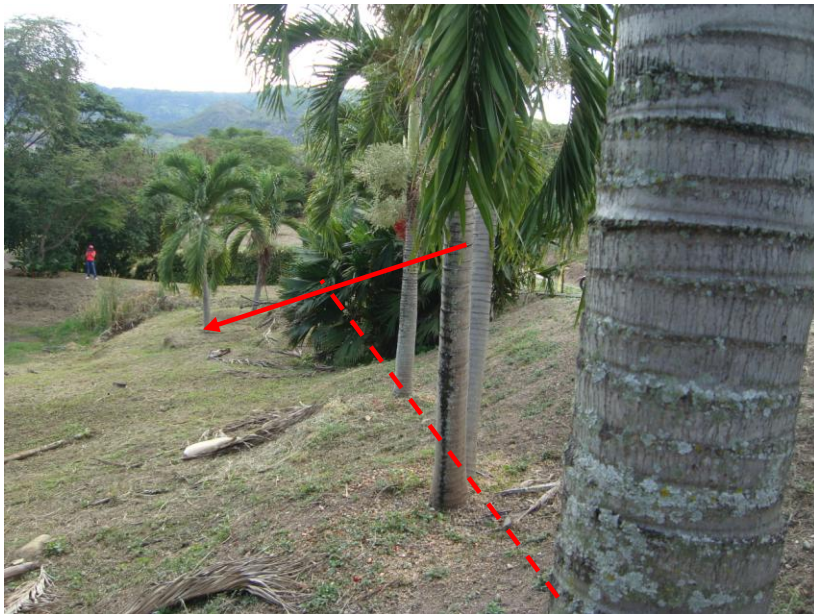
En los ensayos realizados en este punto se detectó agua libre a una profundidad de 3.0 m, la ausencia de cimentación o una estructura desfavorable para la vía es la mayor causa de dicho derrumbe que continúa llevándose progresivamente la bancada

Es importante mencionar en este punto que las afectaciones por los movimientos de remoción en masa mencionados en el numeral 1.3.1. del capítulo 1(**Información, localización del proyecto y características de la zona**), las vertientes desarrolladas sobre rocas lodolíticas y altamente susceptibles a generar procesos erosivos afectan la totalidad del territorio que facilitan el

desarrollo de depósitos de vertiente y consecuentemente inciden directamente en la estabilidad del terreno.

En la figura 26 se nota el desplazamiento de las palmas que venían alineadas con las demás sembradas en el sector, lo que podría corroborar lo evidenciado en los estudios efectuados por la CAR sobre los fenómenos de remoción en masa donde el lote de Montelagos se encuentra en una zona catalogada como Riesgo Alto. Por fenómenos de Remoción en masa.

**Figura No. 32 Desplazamiento de vegetación frente a la falla tramo 1**



Fuente propia: La mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, agosto de 2015

Por otra parte los estudios de suelos realizados desde el años 2005 arrojan conclusiones que permiten determinar que bajo los rellenos en material granular se encuentran rellenos arcillosos con muy pobre compactación, susceptibles a cambios de volumen al variar su contenido de humedad y que en algunos casos tienen espesores hasta de 3.6m. Bajo los rellenos se encuentran

las arcillas típicas de la urbanización que tienen un potencial de expansión muy crítico lo cual incide en las demás patologías mencionadas en los puntos anteriores.

### **5.1.5. Vegetación en las juntas**

Es la invasión o crecimiento de vegetación a través de las juntas en la calzada. La vegetación puede llegar a levantar o desestructurar el pavimento, las causas son por el inadecuado mantenimiento o la falta de esto de manera preventiva o correctiva.

**Figura No. 33 Vegetación en las juntas**



Fuente propia: La mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, agosto de 2015

## **5.2. Lesiones pavimento flexible**

Como se mencionó anteriormente con relación a los diferentes factores que ocasionaron las fallas encontradas en el pavimento articulado y a los resultados de los ensayos realizados en el lote de Montelagos (*ver Capítulo 7*), las zonas más afectadas, se repararon con pavimento flexible

acatando las sugerencias de un estudio de suelos que requería un manejo diferente por las arcillas expansivas.

**Figura No. 34 Inicio del proceso de adecuación del pavimento flexible**



Fuente propia: La mesa- Cundinamarca, Condominio Campestre Montelagos, septiembre de 2013

Pese a todos los esfuerzos realizados para el arreglo parcial de la vía, con el tiempo el pavimento flexible comenzó a tener las siguientes patologías:

### **5.2.1. Fisuras y grietas de borde**

En algunos tramos, los alineamientos del bordillo de confinamiento lateral o cunetas se han desplazado, formando una dilatación con la carpeta asfáltica por donde se está filtrando el agua lluvia.

**Figura No. 35 Fisuras en borde en pavimento flexible**



Las grietas de borde son paralelas al eje de la vía y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Esta lesión se acelera por las cargas del tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próxima al borde del pavimento, o por falta de soporte lateral o inclusive por terraplenes contruidos con materiales expansivos.

**5.2.2. Fisuras y grietas piel de cocodrilo:** En cuatro sectores la carpeta asfáltica presenta la falla o lesión conocida como piel cocodrilo, en un área no mayor de 50 metros cuadrados, permitiendo concluir que existen problemas de estructura por fatiga del material granular, humedad excesiva, y/o filtraciones de agua en la subrasante.

Su origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito.

**Figura No. 36 Fisuras piel de cocodrilo**



### **5.2.3. Fisuras Longitudinales**

Evidenciadas a lo largo de la carpeta asfáltica que se reparo hace tres años. Aún no existe mantenimiento

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está

asociado con carga. Los abultamientos y/o hundimientos en la grieta, se registran como falla adicional.

**Figura No. 37 Fisuras longitudinales**



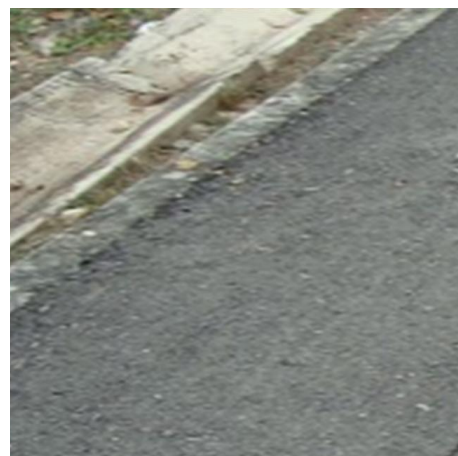
**5.2.4. Fisuras por Incipiente:**

Son una serie de fisuras contiguas y cerradas, que generalmente se interceptan.

**Figura No. 38 Fisuras por incipiente**



**Figura No. 39 Perdida de confinamiento**



### **5.2.5. Pérdida de Confinamiento**

Separación del bordillo o cuneta de confinamiento, que genera infiltración de agua afectando la estructura del pavimento, sobrecarpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berma; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente se encuentran a distancias entre 0.30 m a 0,60 m del borde de la calzada

### **5.2.6. Grietas**

Grietas con aberturas de más de 2 cm., se presentan donde la vía se ha sometido a tráfico que supera las cargas de diseño, de acuerdo con lo indagado. (Como es el caso de volquetas doble-troques con material para construcción). En estas zonas son las de mayor afectación en cuanto al pavimento flexible.

**Figura No. 40 Grietas**



### **5.3. Presencia de Arcillas Expansivas**

De acuerdo a los ensayos realizados se concluyó que existen arcillas de diferentes colores de consistencia muy dura y un potencial de expansión muy crítico, las cuales alcanzaron las profundidades de exploración.

Teniendo en cuenta que los suelos expansivos se expanden o contraen conforme el contenido de agua aumenta o disminuye, y la presión de expansión de tales suelos es considerable. Cuando se usan cimentaciones superficiales como las que se encuentran en el proyecto es característico que la estructura pueda sufrir daños considerables.

Cuando el contenido de agua de esos suelos aumenta, sus estructuras se rompen, como se logra apreciar en algunas fotografías de las casas de proyecto Condominio Montelagos. Figuras 36 a 45. Un decremento repentino en la relación de vacíos del suelo induce grandes asentamientos de estructuras soportadas por cimentaciones superficiales.

Cuando el contenido de agua de esos suelos aumenta, sus estructuras se rompen. Un decremento repentino en la relación de vacíos del suelo induce grandes asentamientos de estructuras soportadas por cimentaciones superficiales.

En regiones como la que está ubicado el proyecto objeto de este estudio patológico, que tienen estaciones marcadamente secas y húmedas, el suelo próximo a la superficie del terreno se expande y contrae, donde el suelo está protegido del sol y de la lluvia, en regiones normalmente

húmedas, un período de sequía prolongado puede producir retracción en el suelo y el correspondiente asentamiento de la cimentación.

En regiones muy secas sucede lo contrario, el aumento de la humedad del suelo debido a filtraciones de tuberías, regadíos y hasta el riego de césped, puede producir en la arcilla seca una expansión capaz de levantar una estructura. En la mayoría de los casos, el cambio de volumen se hace menor a medida que aumenta la profundidad y si es posible, las cimentaciones se deben colocar por debajo de estas zonas de cambio de volumen.

Los problemas constructivos, derivados de la expansividad de los suelos bajo una cimentación y alrededor de las instalaciones auxiliares, pueden ser importantes, produciéndose asentamientos diferenciales en la cimentación, lo que puede llevar a la aparición de:

- ✓ Grietas verticales e inclinadas en ambos sentidos
- ✓ Fisuración y rotura de elementos estructurales
- ✓ Rotura de la cimentación
- ✓ Deformación de pavimentos
- ✓ Rotura de conducciones de instalaciones

Estas patologías son las que se aprecian en el recorrido de todo el proyecto, tanto en las vías como en las casas, por ser edificios de poca altura, en los que por un lado las bajas presiones que se transmiten al terreno no son capaces de impedir el hinchamiento del suelo y, por otro lado, cuando por motivos económicos no suelen cimentarse a gran profundidad, donde los cambios

volumétricos periódicos (zona o capa activa) ya no se producen (en consecuencia, se evita el problema).

El estudio de un emplazamiento para una edificación debe evaluar el riesgo de expansividad que presenta teniendo en cuenta varios factores que pueden interaccionar entre si y que son:

- ✓ Potencial expansivo del terreno.
- ✓ El espesor del estrato o capa activa.
- ✓ Los cambios de Humedad
- ✓ La cota del nivel freático y su oscilación (magnitud y frecuencia).
- ✓ El tipo de actuación que se efectúa: edificación, pavimentación, saneamiento

#### **5.4. Diagnóstico**

Todo lo mencionado en los puntos anteriores de las patologías están asociadas a las deficiencias en las características físicas de los materiales que conforman la estructura de pavimento y a los espesores deficientes. El suelo de subrasante está conformado por rellenos arcillosos de muy pobre compactación, tal como se presentó en el estudio de suelos realizado por esta Compañía en febrero 25 de 2009, donde se ejecutaron apiques exploratorios para clasificar los materiales existentes y para medir los espesores de las capas existentes y el perfil stratigráfico bajo estos.

Las piedras utilizadas en este proyecto no cumplen con las condiciones de desgaste corroborado en el ensayo efectuado en la máquina de los ángeles.

Los materiales granulares existentes no son aptos como estructura de pavimento, más teniendo en cuenta que se apoyaron sobre rellenos arcillosos sueltos que sufren movimientos, no solo por su baja compactación si no por su cambio de volúmen.

Las cunetas perimetrales de las vías evidencian falta de mantenimiento, encontrándose obstruidas e incluso en algunos sectores, enterradas. Adicionalmente las ubicaciones de las mismas no garantizan su correcto funcionamiento ya que en algunos sectores se encuentran separadas de la calzada.

Las zonas por donde se conectan transversalmente las obras de captación de aguas superficiales presentan hundimientos debidos a una aparente mala compactación en el relleno de las zanjas.

Existe un deslizamiento que ocasionó la pérdida de la mitad de la calzada, lo cual afecta la movilidad y la estabilidad de la vía.

A gran escala, las condiciones ambientales afectan potencialmente la estabilidad de grandes depósitos de suelos, unidades geológicas superficiales que se encuentran en la parte oriental del municipio de la mesa que por sus características geotécnicas son susceptibles a erosionabilidad.

## 6. Edificaciones Vecinas

En visitas al proyecto se evidenció que no solo las vías presentan patologías a causa de factores mencionados anteriormente, las edificaciones que están destinadas a vivienda presentan afectaciones que se consideran relevantes en las cimentaciones.

Estos fallos estructurales pueden originarse en la interacción entre el terreno y la estructura; el terreno recibe las cargas transmitidas y se deforma bajo esta presión.

Sabemos que el terreno no es una masa homogénea de tierra, como otros materiales contruidos por el hombre; el terreno es heterogéneo, es decir, que posee distintos componentes que lo integran (áridos, arcillas, tierra vegetal, residuos orgánicos o inorgánicos, restos de construcciones o antiguas cimentaciones, agua, etc.) , por esta razón en muchos casos es difícil evitar que se produzcan asentamientos diferenciales entre diferentes elementos de apoyo, pues el material que subyace bajo estos cimientos puede comportarse en forma distinta.

Tanto la resistencia como la deformabilidad del terreno no son constantes y pueden ser afectadas entre otras, por causas como:

- Modificaciones en el contenido de humedad.
- Lavado de finos.
- Disoluciones.
- Actividades de la construcción en áreas próxima.

Entre los diversos factores que generan fallos, encontramos tres grupos:

- Cimientos: Deterioro de los materiales
- Cimientos: Mal comportamiento
- Acción de las Cargas: Incremento o variaciones no contempladas por proyecto

Comprendiendo que las cimentaciones de las viviendas del condominio Montelagos están construidas de manera superficial (zapatas y placas flotantes), presentan fallos por alguna o la combinación de las siguientes causas:

- Socavación y arrastre de finos.
- Cimentación apoyada sobre rellenos mal compactados o con irregulares características.
- Existencia de arcillas expansivas.
- Existencia de zanjas (excavaciones) rellenas mal compactadas.
- Hundimiento de oquedades o cavernas no detectadas en etapa de estudio inicial.
- Cimentaciones en laderas, donde pueden producirse fenómenos de remoción de masa deslizamientos provocados por la excavación.
- Heterogeneidad de la cimentación o del terreno, que provoca asientos diferenciales entre apoyos.

A continuación, se describen algunas construcciones que presentan afectaciones dentro del sector interno y externo del proyecto:

**Figura No. 41 ubicaciones de algunas construcciones afectadas como consecuencia de las arcillas expansivas**



### 6.1. Casa 14

Es una casa que se desarrolla en niveles adaptándose a la topografía del terreno que cuenta con uno y dos pisos de altura. Sus cargas se trasladan al nivel de fundación mediante muros y columnas separados por luces no mayores a 6 m de longitud.

Alrededor de la casa se hicieron zonas con pendiente hacia afuera, para evitar que el agua se apoce cerca a las fundaciones y bajo la construcción se utilizaron tuberías flexibles tipo PVC, que son capaces de absorber pequeños movimientos del terreno.

**Figura No. 42 Fallas en estructura**



**Figura No. 43 Fallas en elementos de mampostería cercano a las cimentaciones**



Las afectaciones evidenciadas son realmente pocas; sin embargo, se logró visualizar algunas fisuras sobre fachada en la parte inferior, que advierten un problema en la cimentación.

## **6.2. Casa 4**

Es una vivienda de 1 piso construida desde antes que se adquiriera el lote del Condominio Campestre Montelagos; por lo tanto, la información sobre la forma constructiva no existe. Haremos una descripción fotográfica de los daños evidenciados:

Figura No. 44 Estado actual casa ubicada en el lote No. 4



Figura No. 45 Presencia de fisuras en la mampostería



La presencia de grietas en varios sectores de la casa en diferentes direcciones no solo podría obedecer a la presencia de las arcillas expansivas, es posible que no se hayan hecho estudios adecuados para saber o conocer las condiciones del subsuelo a una profundidad lo suficientemente correcta para evitar problemas posteriores como puede ser el caso de asentamientos.

Figura No. 46 Fisuras por pérdida de rigidez



Figura No. 47 Arboles cercanos a la cimentación



mencionar en este caso, que las afectaciones evidenciadas en el pavimento articulado del contorno de la casa tales como los hundimientos obedecen principalmente a la presencia de las raíces de los arboles.

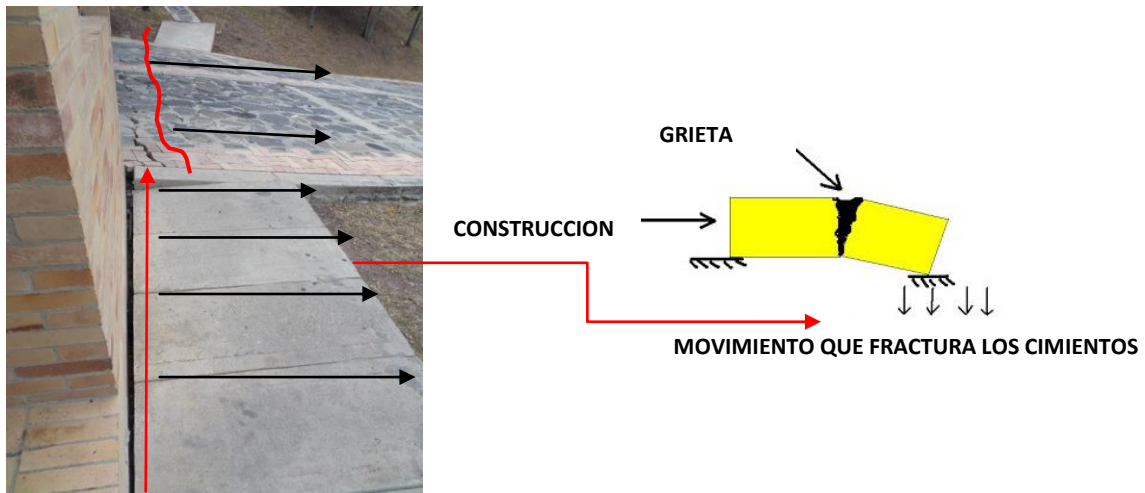
El agua presente en un terreno ocupa un volumen y si la absorbe una raíz se produce una merma que puede conllevar un asiento. Los terrenos granulares pueden perder agua sin variación de volumen ya que esta ocupa huecos que en su ausencia ocupará el aire, sin embargo, el proceso de secado y nuevo ingreso de agua puede ocasionar cierta re estructuración si el agua discurre con cierta velocidad o presión. Donde sí se causa una mayor afección es en los terrenos expansivos donde las variaciones de volumen son muy fuertes con la presencia o ausencia de agua.

### **6.3. Portería Principal**

En la entrada del proyecto se encuentra la portería, una estructura aporticada con columnas y vigas en contrato que sostienen la cubierta según el diseño arquitectónico.

En el año 2009 se inició el proceso de construcción de lo que serian las zonas comunes del condominio, a la fecha 2016 ya se notan las consecuencias de las arcillas expansivas evidenciando en las placas que se conformaron para el paso peatonal.

**Figura No 48 Efecto fractura en los suelos**



#### **6.4. Casa Externa al condominio**

La excavación utilizada para la edificación fue de 50 cm de profundidad respecto al terreno actual, según las afirmaciones del propietario que según el estudio de suelos la cimentación se sitúa dentro de los suelos con expansibilidad “marginal y crítica”, dicha condición exigía tomar medidas especiales tendientes a disminuir y prevenir los cambios de volumen del subsuelo causados por estados de saturación o pérdida de humedad.

**Figura No. 49 Imagen de una casa externa al condominio Montelagos**



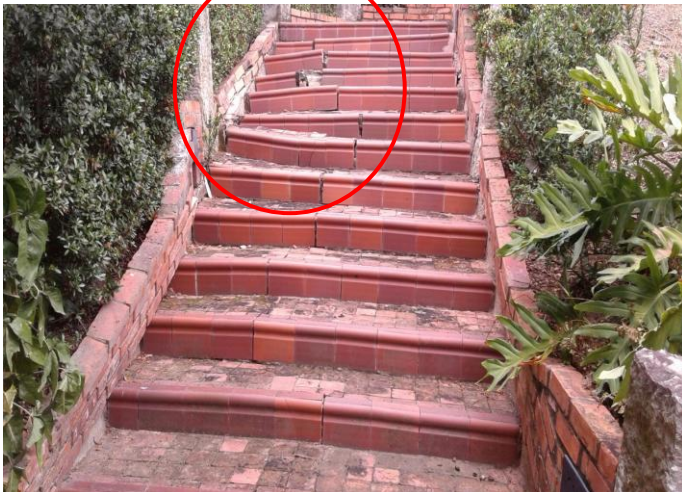
Casa ubicada en la inspección de San Joaquín, vereda San Martín. Finca Villa Beatriz. Construida en dos pisos.

Las recomendaciones en ese momento era que para evitar al máximo posible que dicho fenómeno causara fracturas o agrietamientos en los cimientos y muros era necesario protegerlo de agentes exteriores, evitar los cambios de humedad, aislar la cimentación del terreno natural y proyectarse estructuras capaces de soportar dichos esfuerzos.

La edificación está desarrollada con columnas portantes con vigas de amarre superiores. En una especie de losa de cimentación con una placa superior de 0,10 mts, apoyada sobre vigas descolgadas de ancho de 0,30 mts y altura de 0,40 mts.

Sin mayor explicación mostraremos las afectaciones más importantes a través del registro fotográfico tomado en enero de 2016:

**Figura No. 50 Malformaciones es estructuras**



**Figura No. 51 Desprendimiento de elementos de confinamiento**



Estas afectaciones que al parecer fueron producto de un mal proceso constructivo ya que a la vista se nota que se obviaron las recomendaciones dadas por el suelista, la explicación se refuerza en el punto 3.5. Presencia de Arcillas Expansivas

## **7. Ensayos realizados y resultados ensayos a ejecutar.**

Una vez se realiza toda la recopilación de la información con las diferentes acciones de inspección y levantamiento del estudio patológico para la vía interna y las construcciones internas y externas al Condominio Campestre Montelagos, se determina que se deben hacer estudios y procedimientos.

Fue necesario realizar varios tipos de ensayos que determinaron las condiciones actuales del terreno y las características físicas, químicas y mecánicas de los elementos que componen la Estructura de la vía objeto de este trabajo, dentro de los cuales se realizaron ensayos destructivos y no destructivos

Al igual se plantean algunas alternativas de solución a los problemas de cimentación presentes en el proyecto, sin embargo, estas se ratifican o reevalúan de acuerdo a los resultados de los estudios solicitados.

Los ensayos destructivos realizados:

- Desgaste por Abrasión de Agregados en la máquina de los Ángeles (Piedra) Ver Anexo No. 1.
- Análisis Granulometría y Límites (Recebo gravo areno arcilloso color amarillo) Ver anexo No. 2
- Límites de Consistencia (Recebo gravo areno arcilloso color amarillo) Ver anexo No. 3
- Ensayo de Compactación en Laboratorio Próctor Modificado Ver Anexo No. 4

- Ensayo de Compresión en Ladrillos de Arcilla Ver anexo No. 5
- Ensayos de Penetración con Cono Dinámico PDC Ver Anexo No. 6
- Análisis de Estabilidad de las Redes de Flujo Ver anexo No. 7

Los Ensayos No destructivos realizados.

Los ensayos no destructivos realizados, son aquellos que obedecen a la inspección y seguimiento visual y características de la zona tales como:

- Realizar seguimiento visual de las lesiones para definir si las grietas, fisuras y humedades, aumentan o se mantienen, de esto dependerá la propuesta de intervención definitiva. La medición de las grietas y fisuras se realiza por medio de fisurometros. (Ver fichas)
- Inspección visual general de los pozos de alcantarillado, cunetas, remates pavimento flexible, estructura de la vía actual y la antigua, las causas de las afecciones y evaluación de la intensidad de éstas.
- Se tomará en cuenta la información realizada en el año 2010 por la firma Alfonso Uribe Saldarriaga sobre el Análisis de estabilidad de las redes de flujo de los lagos.
- Como se ha mostrado en el desarrollo del estudio patológico, está la investigación de la información, del diseño, construcción y sus variaciones, de las cuales dependieron diferentes patologías no asociadas al fenómeno de arcillas expansivas.

- De la misma forma, se revisarán en detalle los elementos que componen el pavimento articulado, haciendo una recopilación de datos históricos para comprender más a fondo las etapas de mantenimiento.
- Sistematización de los datos de campo y análisis de la información.

### **7.1. Resultados de ensayos y seguimiento**

Adicional a los resultados que se describieron en el punto 7.1 los cuales se relacionan en los anexos del 1 al 7, se realizó un segundo análisis de suelos (actualizado a la fecha) realizado por la empresa Alfonso Uribe S y Cía. S.A. se contempló una nueva revisión estructural teniendo en cuenta la caracterización de los materiales y los espesores de la estructura de pavimento para las vías internas del Condominio Campestre Montelagos. Cabe aclarar que aun cuando el estudio se realizó en diferentes puntos del condominio, los resultados en los que nos centraremos serán los del objeto del estudio patológico, la línea 4 del proyecto, sin embargo, los demás se toman como referencia para una posible aplicación futura de la intervención.

Fue necesario también tener en cuenta otros estudios realizados que podrían tener incidencia en las afectaciones mencionadas además del seguimiento realizado con los fisurometros, registros fotográficos, análisis de la climatología y caracterización de las rocas.

### **7.2. Trabajos de Campo y de Laboratorio**

Así como el trabajo de campo es un método de investigación que precisa los datos encontrados que arroja resultados óptimos, los trabajos de laboratorio corroboran las hipótesis encontradas en campo y permite optimizar tiempo y recursos, conocer y comprender el entorno que envuelve la realidad de los problemas encontrados.

Por tanto, es importante mostrar los resultados de los ensayos mencionados en el capítulo 7 y lo observado en el trabajo de campo.

### **7.2.1. Exploración del Subsuelo**

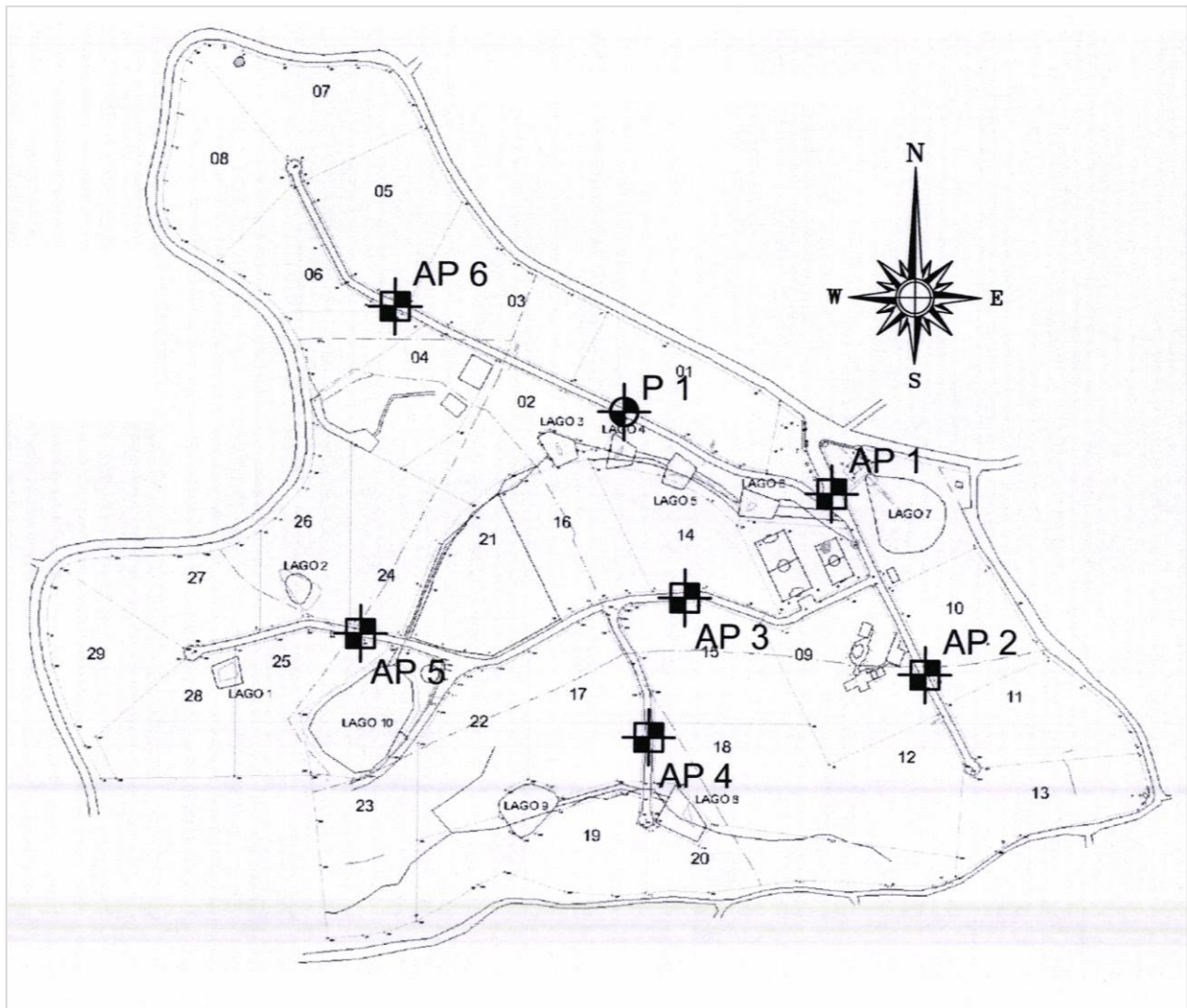
Para la exploración del subsuelo se efectuaron seis (6) apiques a profundidades comprendidas entre 1.3 m y 1.8 m y una (1) nueva perforación en la zona del deslizamiento hasta una profundidad de 6.0 m, se realizaron otras cinco perforaciones a profundidades entre 4 m y 6 m bajo la superficie.

Los resultados de las perforaciones y apiques se complementaron con:

- Ensayos de granulometría y límites.
- Ensayos de Penetración con Cono Dinámico PDC paralelos a los apiques.
- Ensayo de veleta de corte paralelo a la perforación.
- Ensayos de Resistencia a la penetración estándar SPT.
- Ensayos de permeabilidad en sitio a diferentes profundidades, para cuyos análisis se utilizó la sección denominada 1-1 que sirvió para modelar el comportamiento de la ladera y las redes de flujo.

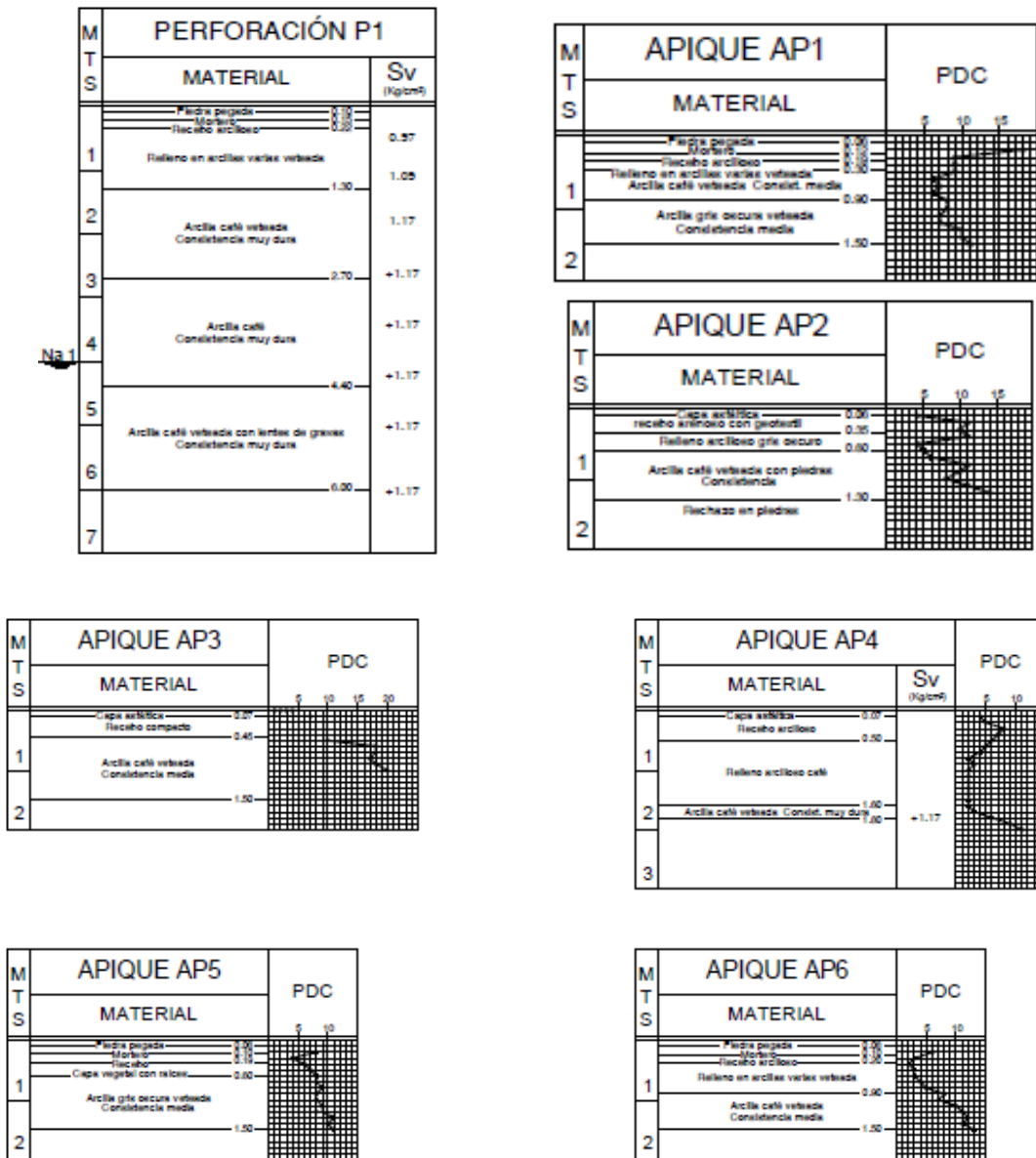
Los perfiles estratigráficos detallados de las perforaciones y apiques, se presentan en las Figura No. 46.

**Figura No. 52 Localización de las Perforaciones para Estudio de Suelos**



En la exploración se obtuvo un buen número de muestras para su clasificación visual y para efectuar en el laboratorio ensayos de humedad natural, granulometrías, límites de Atterberg, humedad y expansión. Con estos resultados se obtuvo la clasificación unificada SUCS así mismo se determinó un modelo geotécnico para el análisis mediante elementos finitos de las redes de flujo, estabilidad mediante equilibrio límite y desplazamientos de las laderas

**Figura No. 53 Perfiles estratigráficos**



### 7.2.2. Resultado de las exploraciones

De acuerdo con las investigaciones del subsuelo realizadas, el perfil estratigráfico encontrado se puede describir así:

### 7.2.2.1. Exploración en Vía

Superficialmente se encontraron piedras tipo adoquín pegadas con mortero en las zonas de los apiques AP1, AP5, AP6 y P1 con un espesor en conjunto que varía entre 10 cm y 12 cm y capas asfálticas en las demás zonas con espesores comprendidos entre 6 cm y 7 cm.

Bajo las piedras tipo adoquín con mortero y la capa asfáltica se encuentran materiales granulares tipo recebo que corresponde a una grava arcillosa y arenosa de color amarillo y marrón, con una compactación baja y que tiene los siguientes espesores:

**Tabla No. 7 Espesores de las perforaciones para el estudio de suelos**

No. Perforación	Espesor (cm)
AP1	7
AP2	29
AP3	44
AP4	43
AP5	9
AP6	10
P1	7

Bajo este material en el apique AP2 se encontró un geotextil.

Se encuentran luego bajo los rellenos en material tipo recebo, rellenos en arcillas varias de color café y gris que alcanzan profundidades que varían entre 0.3 y 1.6 m.

Aparecen luego arcillas de color café, con una consistencia muy dura y un potencial de expansión muy crítico, las cuales llegan a una profundidad de 4.4m.

Por último, en la perforación P1 se encontraron arcillas de color café de consistencia muy dura y con lentes de grava que alcanzaron la profundidad de exploración

En el momento de realizar la exploración se detectó agua libre únicamente en la perforación P1 a profundidad de 4.0 m.

Sobre la muestra de material tipo recebo se realizaron los ensayos descritos anteriormente para determinar sus características y establecer si los materiales existentes cumplen con las especificaciones del caso. Los resultados de los ensayos de laboratorio se presentan en el Anexo A.

#### **7.2.2.2. Exploración en Lagos (Información existente)**

Superficialmente se encuentran rellenos producto de los movimientos de tierra realizados en la urbanización y que tienen los siguientes espesores:

**Tabla No. 8 Espesores de las perforaciones para el análisis de permeabilidad**

<b>No. Perforación</b>	<b>Espesor (cm)</b>
AP1	3
AP2	5
AP3	5
AP4	3.1
AP5	2.9

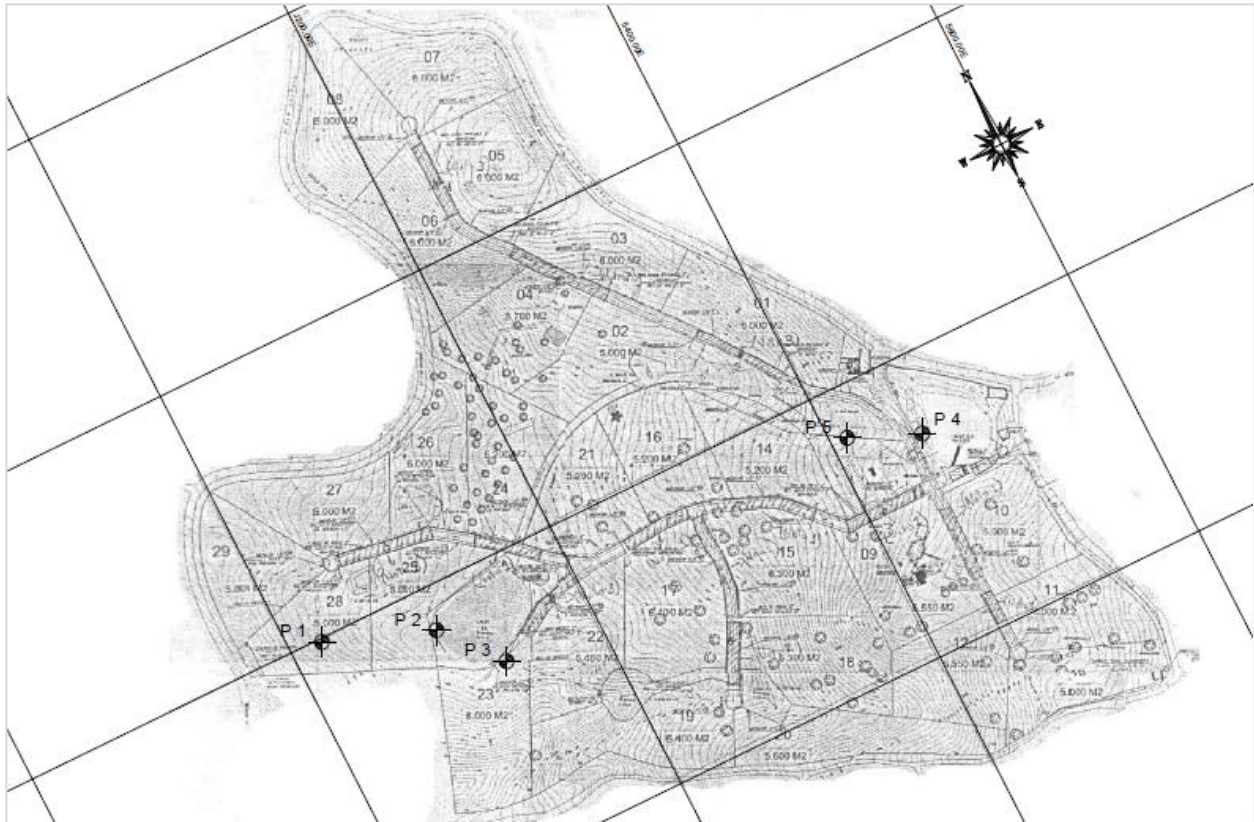
Los mayores espesores de relleno se encuentran en las dos perforaciones ejecutadas en la zona del lago 6A corresponden a materiales depositados en el sitio producto de los cortes efectuados para conformar el terreno.

Se encuentran luego arcillas de color café con grava y arcillas de color café con lentes de grava, con una consistencia muy dura. Las arcillas tienen en el sitio espesores comprendidos entre 1.5 m y la profundidad de investigación que fue de 6 m.

Bajo las arcillas se encuentran gravas, piedras y grandes bloques, que alcanzaron la profundidad de investigación.

En el momento de realizar las perforaciones únicamente se detectó agua libre en la perforación P5 a una profundidad de 1.2 m bajo la superficie y en los rellenos arcillosos colocados en el sitio.

**Figura No. 54 Localización de las perforaciones para análisis de permeabilidad de algunos lagos**



### **7.3. Resultado del ejercicio de Campo**

Las vías actuales presentan una estructura de pavimento conformada superficialmente, en algunos tramos por piedra pegada con mortero con espesores comprendidos entre 10 cm y 12 cm incluyendo el mortero y en otros por una capa asfáltica con espesores que varían entre 6 cm y 7 cm. Bajo estas capas se encuentran materiales tipo recebo que corresponden a unas gravas arcillosas y arenosas de color amarillo y marrón, con espesores en conjunto que varían entre 7cm y 43cm.

Los ensayos de granulometría, clasificación humedad, límites de Atterberg y PDC permitieron realizar una caracterización de los materiales que conforman las vías existentes los cuales se presentan en la tabla No. 9:

**Tabla No. 9 Caracterización de los materiales presentes en la vía**

<b>APIQUE</b>	<b>PROF. MATERIAL (M)</b>	<b>IP (%)</b>	<b>LL (%)</b>	<b>LP (%)</b>	<b>PASA T#200(%)</b>	<b>PDC (Golpes/4pul)</b>
AP1	0.12-0.19	18	37	19	34.4	18
AP2	0.06-0.35	3	20	17	28.4	4-11
AP3	0.07-0.45	10	27	17	22.4	7
AP4	0.07-0.50	9	27	18	17.7	4-8
AP5	0.10-0.19	15	37	22	23.5	8
AP6	0.10-0.20	17	37	20	54.1	6

Los materiales granulares no cumplen con especificaciones de base ni subbase granular según INVIAS-2013, siendo materiales con un contenido de finos o porcentaje que pasan el Tamiz #200 comprendidos entre 17.7% y 54.1% y con un índice de Plasticidad que varía entre 3% y 18%.

Con los ensayos de Penetración con Cono Dinámico PDC se pudo medir el grado de compactación de las capas de material tipo recebo donde se encontró que estas capas presentan un grado de compactación variable al obtenerse un número de golpes  $N_{PCD}$  entre 4 y 18 para penetrar 4 pulgadas en el material granular que conforma la estructura, como se puede observar un número de golpes  $N_{PCD}$  cual indica una baja compactación.

Los espesores que componen el pavimento se consideran insuficientes como paquete estructural y no son los adecuados, más aún cuando se apoyan sobre rellenos en tierras varias de baja compactación.

Como complemento a estos estudios se tomaron en cuenta los análisis geotécnicos en función de los parámetros establecidos. Para los análisis se utilizaron los programas SEEP//W, SIGMA/W Y SLOPE/W, el primero para determinar las redes de flujo y los caudales de agua que llegarían a la zona media y baja de la ladera.

El programa SIGMA/W para establecer los desplazamientos de la ladera y el programa SLOPE/W para determinar mediante el método del equilibrio límite los factores de seguridad en condición estática y dinámica. Los análisis se muestran en el Anexo A.

Según estos últimos análisis efectuados, las arcillas más superficiales y las gravas, piedras y grandes bloques que se encuentran a mayor profundidad permiten flujos o caudales de agua que corresponden a filtraciones de los lagos y que llegan a la zona media y baja de la ladera. Estos caudales calculados teóricamente son bajos, pero deben ser controlados especialmente para garantizar la estabilidad de los taludes existentes.

## **8. Propuestas de intervención**

Como se mencionó anteriormente existen rellenos en tierras varias que fueron colocados en el sitio sin ningún control de compactación y que tienen profundidades hasta de 1.3 m según la nueva exploración y que podrían alcanzar una profundidad cercana a los 3.6 m de acuerdo con el estudio realizado en el año 2009.

### **8.1. Propuesta con los materiales existentes**

Para la construcción de la nueva estructura de pavimento se recomienda retirar total o parcialmente los rellenos en tierras varias existentes dependiendo del espesor, compactar nuevamente el fondo y colocarlos nuevamente eliminando elementos extraños. Esta operación se realizará como mínimo un espesor de 0.30 m bajo la nueva estructura donde existan rellenos.

Para establecer el tránsito del proyecto se tuvo en cuenta que por las vías circularán principalmente vehículos livianos y el paso esporádico de camiones pequeños correspondiente a actividades como trasteos, suministros, etc.

Para calcular el CBR de diseño se utilizaron los resultados de los ensayos de capacidad de soporte CBR efectuados sobre las muestras inalteradas obtenidas de las arcillas del perfil.

Los valores de CBR obtenidos con las muestras en condición inalterada varían entre 4.3% y 15.1%. Con el ensayo realizado sobre las muestras después de 96 horas en inmersión se obtuvieron valores CBR comprendidos entre 0.8% y 9.2%.

Para contar con una estructura del pavimento adecuada y diseñar con condiciones representativas de la subrasante, se escogió para la vía del proyecto un valor de CBR de diseño de 2.4%, que corresponde al percentil 75% teniendo en cuenta los valores de tránsito asumidos para las condiciones del proyecto, además ante un aumento en la humedad de estos materiales, la capacidad de soporte de la subrasante disminuirá hasta alcanzar la condición crítica de saturación.

Con las consideraciones anteriores, las estructuras de pavimento diseñadas son las siguientes teniendo en cuenta una alternativa en pavimento flexible y otra en pavimento articulado:

**Tabla No. 10 Propuesta de la Estructura de Pavimento Flexible (Pd=10 Años)**

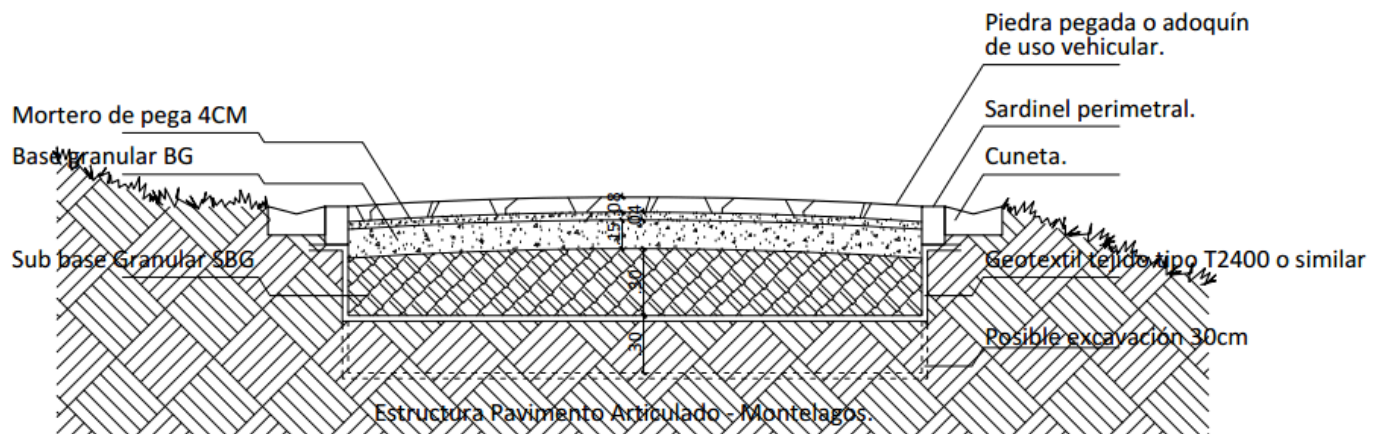
Capa	INV-2013	Espesor
Rodadura asfáltica MDC-19	ART-450	5 cm
Capa Intermedia MDC-25	ART-450	7 cm
Base granular BG	ART-330	15 cm
Subbase granular SBG	ART-320	30 cm
Geotextil tejido Tipo 2400 o similar	ART-232	Sí
<b>TOTAL</b>		<b>57 cm</b>

**Tabla No. 11 Estructura de Pavimento Articulado (Pd=10 Años)**

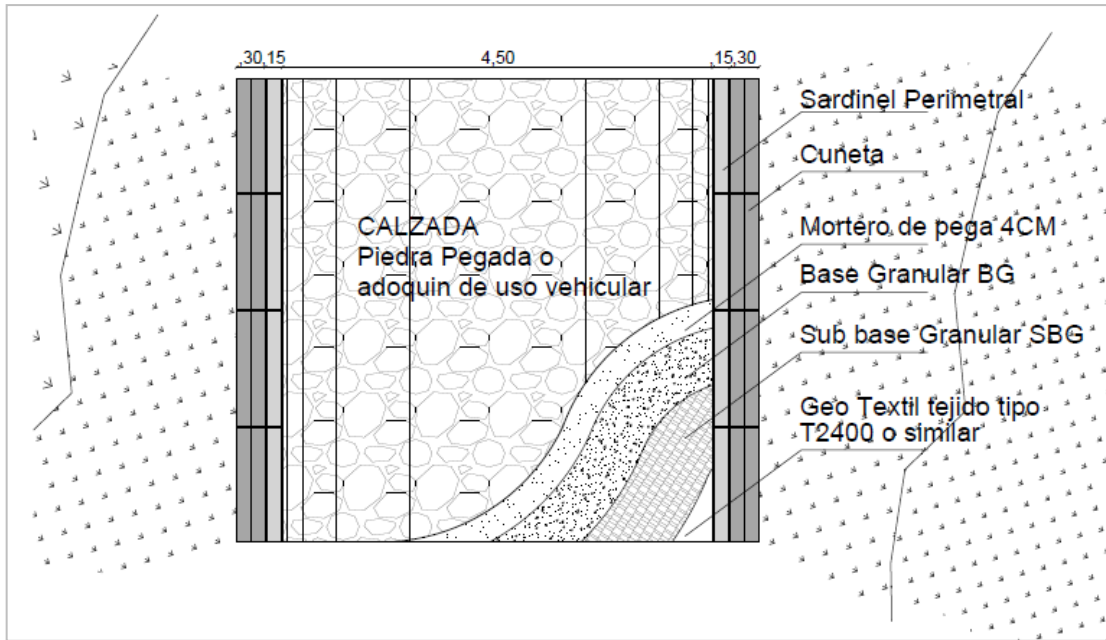
Capa	INV-2013	Espesor
Piedra pegada o adoquín de uso vehicular	ART-510	8 cm
Mortero de pega 1:5	-	4 cm
Base granular BG	ART-330	15 cm
Subbase granular SBG	ART-320	30 cm
Geotextil tejido Tipo 2400 o similar	ART-232	Sí
<b>TOTAL</b>		<b>57 cm</b>

El suelo de subrasante serán las arcillas de color café y en algunos casos los rellenos existentes compactando nuevamente el fondo con cilindro vibratorio. Adicionalmente se deberá dejar un sobrancho como mínimo de 1.0 m a cada lado en los materiales granulares con respecto a las capas asfálticas o el adoquín según corresponda. Ver figura 55 y 56

**Figura 55 Corte transversal de la propuesta**



**Figura 56 Esquema en planta de la propuesta**

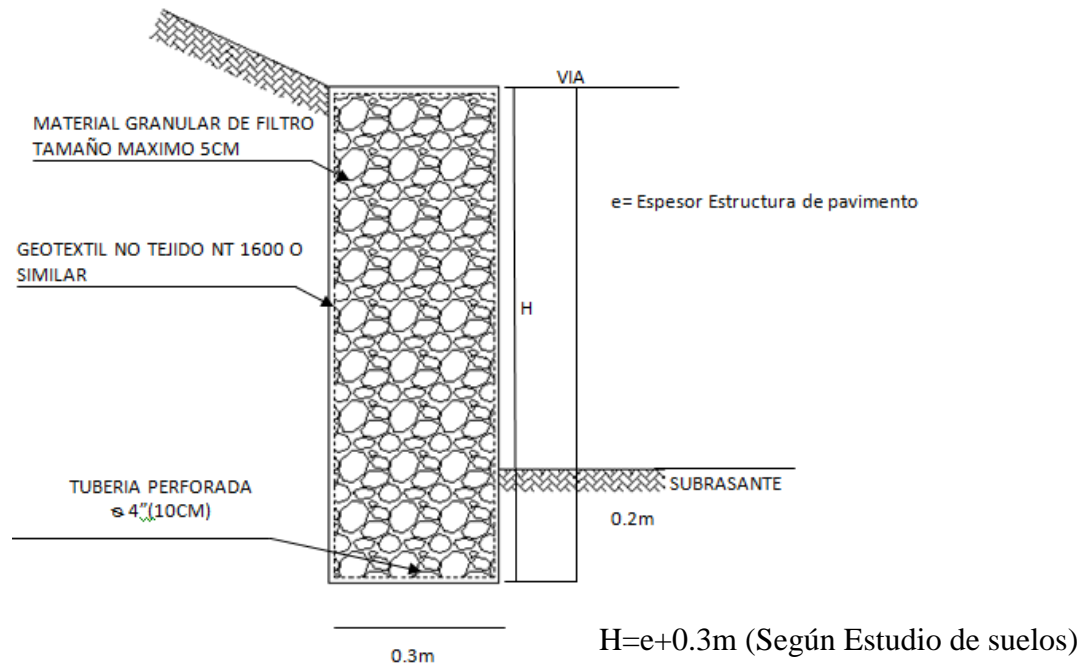


### **8.1.1. Manejo de Aguas**

Las vías contarán con un pendientado adecuado tanto en sentido transversal como longitudinal. Adicionalmente se repondrán las cunetas existentes construyéndolas donde termina la calzada y contra los taludes. Estas conducirán las aguas al sistema de alcantarillado.

De manera paralela a las vías y en las zonas contra los taludes se harán filtros tipo francés cuyo nivel inferior quedará 0.2 m bajo el nivel de subrasante. El filtro desaguará por gravedad y quedará conectado a los pozos de aguas lluvias. A continuación, se presenta un esquema del filtro recomendado.

**Figura No. 57 Filtro tipo francés**



En caso de tener proyectada la siembra de especies de árboles no nativos que extraen gran cantidad de agua del terreno y generan coronas de depresión a su alrededor, deberán trasladarse o ser sembradas a distancias de la vía mayores a la altura del árbol en su edad adulta. Este tema deberá ser tratado en mayor detalle con un especialista forestal.

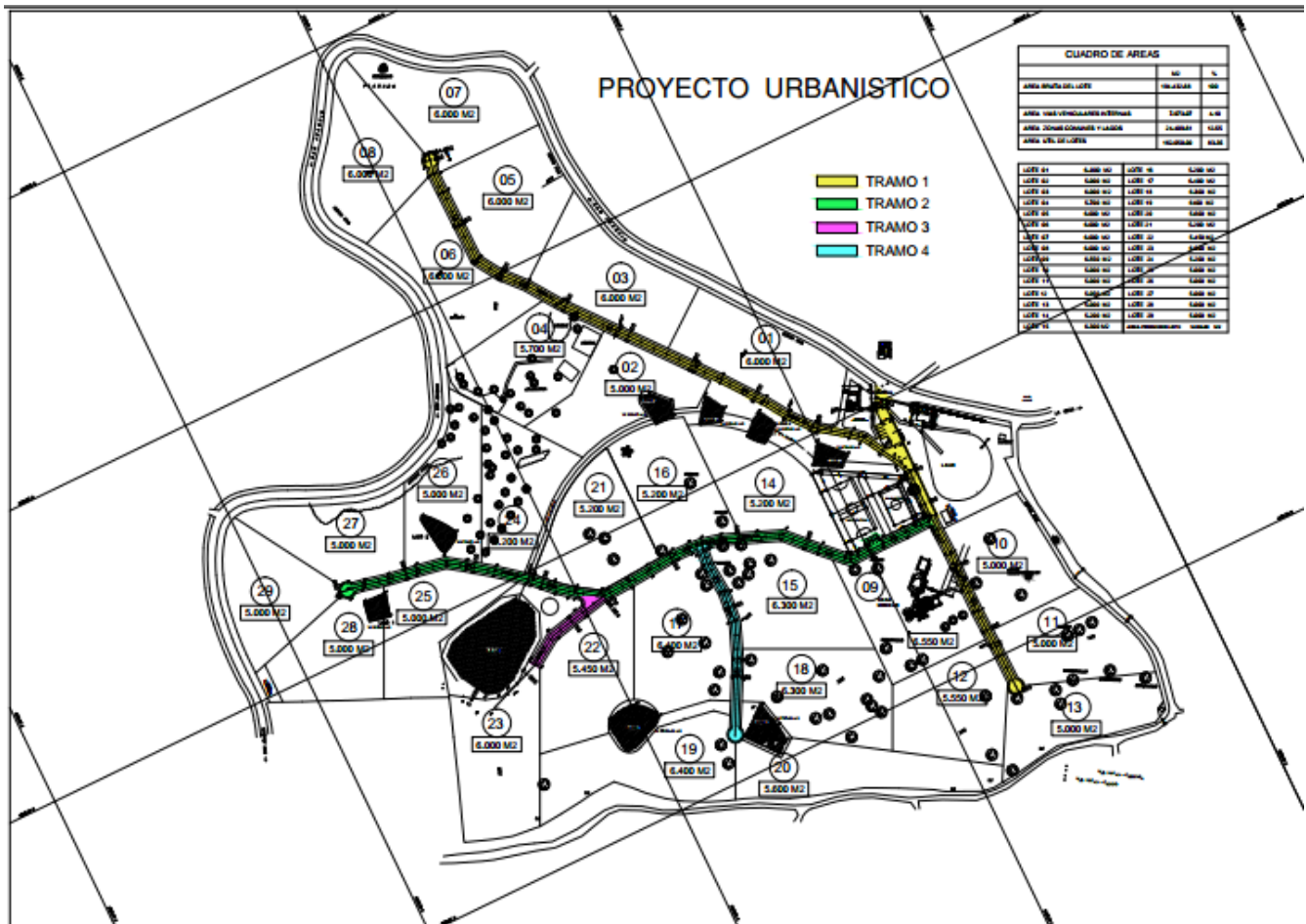
En las zonas donde existen obras de arte y alcantarillados transversales a la vía, se deberán retirar los rellenos existentes y reemplazarlos por rellenos seleccionados debidamente compactados como mínimo al 95% del máximo valor obtenido en el Próctor modificado. Los materiales seleccionados deberán tener un índice de plasticidad no mayor al 12% y un contenido de finos o porcentaje que pasa el tamiz #200 máximo del 25%.

El éxito y durabilidad de todas las estructuras de pavimento dependen en gran medida de las buenas prácticas constructivas y la utilización de los materiales que cumplan con las especificaciones mencionadas anteriormente.

### 8.1.2. Presupuesto de recuperación de las vías de las dos alternativas

Para el presupuesto se tuvieron en cuenta las distancias por tramos lo cual facilitara el desarrollo de la obra y un mejor control de la programación, del almacén y de personal. En la figura 52 se observan demarcados los diferentes tramos que componen la totalidad de la vía, sin embargo haremos énfasis en el tramo 1 línea 4 objeto del presente estudio.

**Figura No. 58 Localización de los tramos de la vía Montelagos**



La excavación se realizará restando a la cota del proyecto el espesor total de la estructura calculada, luego en los sitios donde existen mayores espesores de rellenos se retirarán 0.30 m adicionales de estos materiales, se compactará nuevamente el fondo con cilindro vibratorio y se colocarán nuevamente retirando elementos extraños logrando una densidad como mínimo del 92% de la máxima obtenida en el Próctor modificado.

Una vez se apruebe el suelo de subrasante se instalará el Geotextil tejido tipo T2400 o similar, que tendrá una resistencia a la tensión por el método de la tira ancha de 40 kN/m del valor típico como mínimo, luego se colocará la estructura calculada. Tanto la excavación como los materiales granulares contarán con sobrecargos de 1.0 m como mínimo a cada lado con relación a las capas asfálticas o a la piedra pegada según la alternativa seleccionada. En caso de requerirse, se aumentará el espesor de la subbase granular hasta lograr los niveles del proyecto.

La subbase y la base granular se colocarán por capas con espesores no mayores a 20 cm y cumplirán con las Especificaciones mencionadas anteriormente.

**Tabla No. 12 Cantidades de los tramos de acuerdo al acabado**

<b>Tramo</b>	<b>Longitud del las áreas en piedra</b>	<b>Longitud del las áreas en asfalto</b>	<b>Ancho</b>	<b>Total Piedra</b>	<b>Total Asfalto</b>
<b>1-línea 4</b>	<b>541.4</b>	<b>143.25</b>	<b>6.2</b>	<b>3356.68</b>	<b>888.15</b>
3	63.1	206.34	6.2	391.22	1279.308
2	177.4	0	6.2	1099.88	0
4	71.3	83.18	6.2	442.06	515.716
<b>TOTAL</b>	<b>853.2</b>	<b>432.77</b>	<b>6.2</b>	<b>5289.84</b>	<b>2683.174</b>

Dado que el objetivo principal de este proyecto se basa en la recuperación parcial de la vía del tramo 1 línea 4, se hará el presupuesto basado en la cantidad arrojada en dicho tramo.

Tabla No. 13 Presupuesto en piedra

<b>RECUPERACION DE LA VIA EN PIEDRA TRAMO 1 LINEA 4</b>					
<b>OBRA:</b>	<b>CONDOMINIO CAMPESTRE MONTELAGOS</b>				
<b>ACTIVIDADES</b>			<b>CANTIDADES Y VALORES</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNIT</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>VIA ADOQUINADA</b>				
1.1	Trazado, localización y replanteo con equipos de precisión, incluye trabajos de topografía durante la ejecución del proyecto	M2	3356.68	\$ 850.00	\$ 2,853,178.00
1.2	Limpieza, mantenimiento y reparación de descoles de alcantarilla, incluye retiro de sobrantes	Gb	1	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00
1.3	Excavación	M3	2920.3116	\$ 17,500.00	\$ 51,105,453.00
1.4	Re compactación	DIA	60	\$ 153,000.00	\$ 9,180,000.00
1.5	Extendida de geotextil	M2	3789.8	\$ 850.00	\$ 3,221,330.00
1.6	Sub Base Granular	M3	1007.004	\$ 65,000.00	\$ 65,455,260.00
1.7	Base Granular	M3	503.502	\$ 80,000.00	\$ 40,280,160.00
1.8	Mortero de pega	M3	134.2672	\$ 280,000.00	\$ 37,594,816.00
1.9	Piedra pegada	M2	3356.68	\$ 12,500.00	\$ 41,958,500.00
<b>2</b>	<b>DRENAJES</b>				
2.1	Cunetas	ML	1082.8	\$ 35,000.00	\$ 37,898,000.00
2.2	Bordillos	ML	1082.8	\$ 22,000.00	\$ 23,821,600.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 314,368,297.00</b>
	<b>Administración</b>			<b>5.00%</b>	\$ 15,718,414.85
	<b>Imprevistos</b>			<b>5.00%</b>	\$ 15,718,414.85
	<b>Utilidad</b>			<b>5.00%</b>	\$ 15,718,414.85
	<b>IVA sobre Utilidad</b>			<b>19.00%</b>	\$ 2,986,498.82
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 345,805,126.70</b>

Si la copropiedad decide no realizar la recuperación de la vía en piedra, se presenta la alternativa en asfalto toda vez que se tengan en cuenta las recomendaciones presentadas en el capítulo 10 de este documento

Tabla No. 14 Presupuesto en Asfalto

<b>CANTIDADES DE OBRA Y PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>RECUPERACION DE LA VIA EN ASFALTO TRAMO 1 LINEA 4</b>					
<b>OBRA:</b>	<b>CONDOMINIO CAMPESTRE MONTELAGOS</b>				
<b>ACTIVIDADES</b>			<b>CANTIDADES Y VALORES</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UN</b>	<b>CANT.</b>	<b>VALOR UNIT</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>VIA EN ASFALTO</b>				
1.1	Trazado, localización y replanteo con equipos de precisión, incluye trabajos de topografía durante la ejecución del proyecto	M2	3356.68	\$ 850.00	\$ 2,853,178.00
1.2	Limpieza, mantenimiento y reparación de descoles de alcantarilla, incluye retiro de sobrantes	Gb	1	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00
1.3	Excavación	M3	2920.3116	\$ 17,500.00	\$ 51,105,453.00
1.4	Re compactación	DIA	60	\$ 153,000.00	\$ 9,180,000.00
1.5	Extendida de geotextil	M2	3789.8	\$ 850.00	\$ 3,221,330.00
1.6	Sub Base Granular	M3	1007.004	\$ 65,000.00	\$ 65,455,260.00
1.7	Base Granular	M3	503.502	\$ 80,000.00	\$ 40,280,160.00
1.8	Rodadura asfáltica MDC-19	M3	167.834	\$ 368,880.00	\$ 61,910,605.92
1.9	Capa Intermedia MDC-25	M2	234.9676	\$ 368,880.00	\$ 86,674,848.29
<b>2</b>	<b>DRENAJES</b>				
2.1	Cunetas	ML	1082.8	\$ 35,000.00	\$ 37,898,000.00
2.2	Bordillos	ML	1082.8	\$ 22,000.00	\$ 23,821,600.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 383,400,435.21</b>
	<b>Administración</b>			<b>5.00%</b>	\$ 19,170,021.76
	<b>Imprevistos</b>			<b>5.00%</b>	\$ 19,170,021.76
	<b>Utilidad</b>			<b>5.00%</b>	\$ 19,170,021.76
	<b>IVA sobre Utilidad</b>			<b>19.00%</b>	\$ 3,642,304.13
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 421,740,478.73</b>

## 8.2. Propuesta manejo de suelos expansivos con el sistema Geodrén

Tanto en la Vía como a las casas del se podría utilizar como filtros paralelos un sistema de recolección de agua subterránea el cual consiste en la implementación de una tubería de drenaje de panel vertical, la cual simplemente es un núcleo en PEAD (Polietileno de Alta Densidad), perforado envuelto con un geotextil filtrante, comúnmente conocido como Geodrén.

La función de filtración del Geodrén es de retener el suelo permitiendo el paso del agua, el Geotextil no tejido punzonado por agujas y el medio drenante es el encargado de captar y conducir el agua que pasa a través del filtro, proporcionando una estabilidad dimensional y una resistencia estructural para un drenaje rápido y eficaz del suelo. Comparada con una tubería circular de 4” o una tubería de panel vertical de 12”, tiene más de 2 veces el área de contacto al suelo y drena una cantidad de agua igual en menos de un 60% del tiempo empleado.

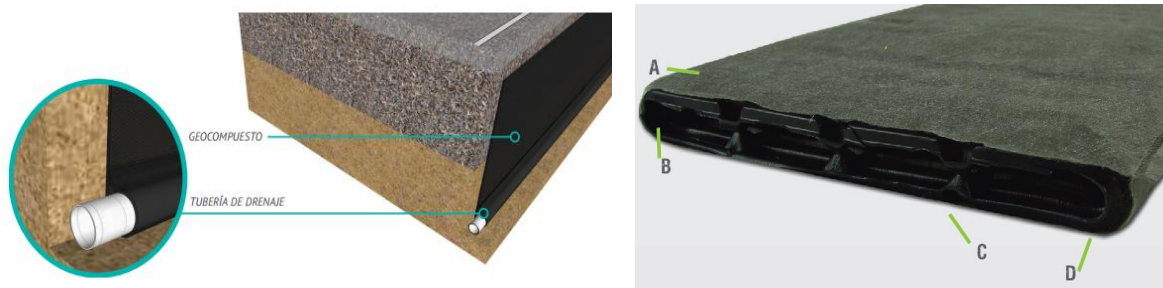
Además, su perfil esbelto de 1.5” permite su instalación rápidamente en una zanja angosta de no más de 10 cm, sistema que aplicaría perfectamente y convenientemente a nuestra vía afectada.

**Figura No. 59 Forma de instalación del Geodren**



Asimismo, su forma de panel central encierra por completo el canal de agua, sus pilares laterales mantienen la abertura central, dando lugar a una serie de canales ovalados debido a su estabilidad dimensional en todas las direcciones. Su núcleo reforzado tiene rigidez vertical excepcional, resistente a la compresión y resistencia a la deformación, la ventaja está en que transporta el agua rápidamente así no exista pendientes.

**Figura No. 60 Estructura interna del Geodren**



Este sistema es una buena opción ya que su relación costo beneficio es ideal, toda vez que incrementa los rendimientos en los procesos de construcción, generando disminución de los mismos frente a otras alternativas convencionales.

También, su instalación es muy fácil y rápida que cumple con el objetivo que es ayudar a mitigar el comportamiento de los suelos expansivos tal como se evidencia en nuestro paciente objeto del estudio patológico.

### 8.2.1. Presupuesto del sistema con Geodren

Con esta solución aumenta significativamente la vida útil de la vía con tecnología ecoeficiente disminuyendo el impacto ambiental.

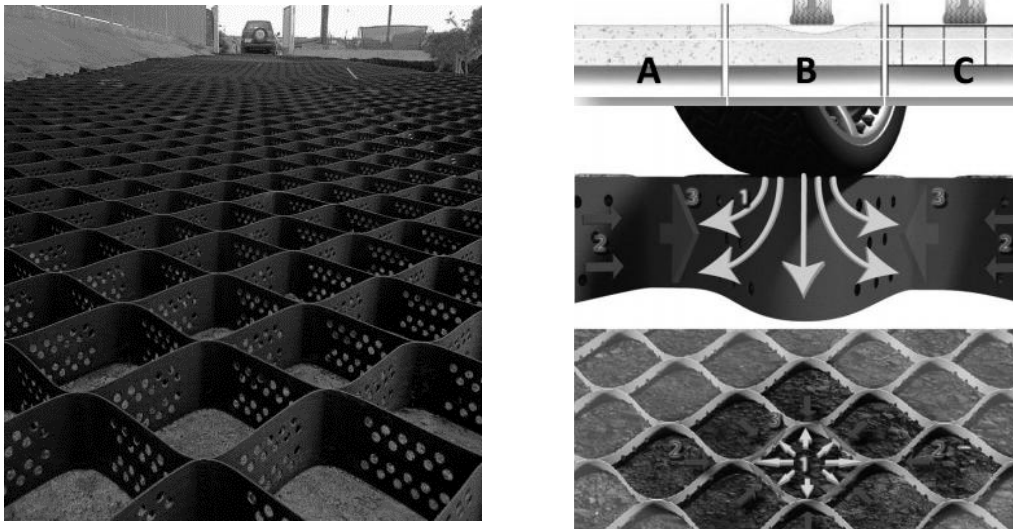
Tabla No. 15 Presupuesto del sistema con Geodren

<b>RECUPERACION DE LA VIA EN PIEDRA TRAMO 1 LINEA 4</b>					
<b>OBRA:</b>	<b>CONDOMINIO CAMPESTRE MONTELAGOS</b>				
<b>ACTIVIDADES</b>			<b>CANTIDADES Y VALORES</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UN</b>	<b>CANT.</b>	<b>VALOR UNIT</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>VIA ADOQUINADA</b>				
1.1	Trazado, localización y replanteo con equipos de precisión, incluye trabajos de topografía durante la ejecución del proyecto	M2	3356.7	\$ 850.00	\$ 2,853,178.00
1.2	Limpieza, mantenimiento y reparación de descoles de alcantarilla, incluye retiro de sobrantes	Gb	1.0	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00
1.3	Excavación	M3	2920.3	\$ 17,500.00	\$ 51,105,453.00
1.4	Recompactación	DIA	60.0	\$ 153,000.00	\$ 9,180,000.00
1.5	Extendida de geotextil tejido 2400	M2	3789.8	\$ 850.00	\$ 3,221,330.00
1.6	Sub Base Granular	M3	1007.0	\$ 65,000.00	\$ 65,455,260.00
1.7	Base Granular	M3	503.5	\$ 80,000.00	\$ 40,280,160.00
1.8	Mortero de pega	M3	134.3	\$ 280,000.00	\$ 37,594,816.00
1.9	Piedra pegada	M2	3356.7	\$ 12,500.00	\$ 41,958,500.00
<b>2</b>	<b>DRENAJES</b>				
2.1	Cunetas	ML	1082.8	\$ 35,000.00	\$ 37,898,000.00
2.2	Bordillos	ML	1082.8	\$ 22,000.00	\$ 23,821,600.00
2.3	Geodren	ML	1082.8	\$ 53,500.00	\$ 57,929,800.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 372,298,097.00</b>
	<b>Administración</b>			<b>5.00%</b>	\$ 18,614,904.85
	<b>Imprevistos</b>			<b>5.00%</b>	\$ 18,614,904.85
	<b>Utilidad</b>			<b>5.00%</b>	\$ 18,614,904.85
	<b>IVA sobre Utilidad</b>			<b>19.00%</b>	\$ 3,536,831.92
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 409,527,906.70</b>

### 8.3. Propuesta con el sistema Neoweb o Geoceldas

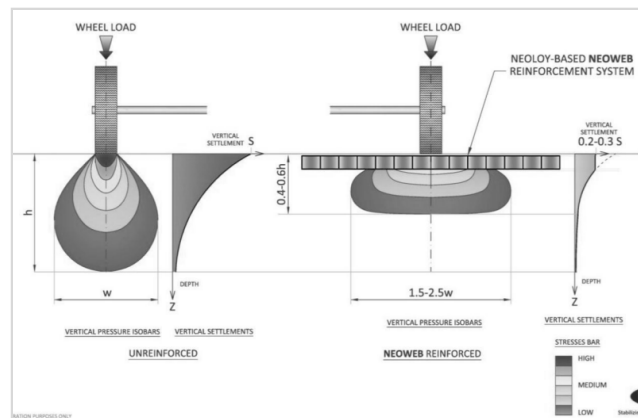
La tecnología Neoweb o Geoceldas, siendo un sistema de confinamiento celular hecho a partir de un materiales derivados del polipropileno, y que son usadas para la conformación de vías permanentes, ya que puede ser utilizado para el refuerzo de estructuras pavimento y vías permanentes de alto y bajo volumen de tráfico; siendo una capa estructural de alto módulo al ser llena con material granular dentro de celdas de dimensiones específicas, garantiza una mejora en los módulos de las capas, lo que permite la optimización en los espesores de materiales granulares.

**Figura No 61 Estructura general de Geoceldas y distribución de esfuerzos en el sistema de Geoceldas.**



El sistema mejora el módulo de la capa, creando una losa semirrígida o viga en la cual se distribuyen las cargas en un área más grande, disminuyendo así los esfuerzos sobre la subbase y/o la sub-rasante, lo que permite la reducción de los asentamientos totales y diferenciales incrementando la vida útil de la estructura de pavimento.

**Figura No. 62 Efecto Viga**



<https://www.infraestructura.org.co/memoriaseventos/expovial2011/AnaMariaMarin.pdf>

Las geoceldas generan un efecto de confinamiento del material granular que se traduce en un incremento del módulo de elasticidad de los materiales, por tanto, afectando el modelo mecanicista para el análisis de la estructura de pavimento.

El efecto del módulo sobre el comportamiento del material, se produce tanto en el rango elástico como en el rango plástico del material, generando un incremento en la relación esfuerzo deformación, traducida en vida útil de la estructura de pavimento.

El método de diseño para la incorporación de las geoceldas sobre bases y suelos estables se basa en el comportamiento resistente de las estructuras del pavimento y sigue el procedimiento de diseño mecánico-empírico.

Está aceptado que el confinamiento celular incrementa los valores de módulo resiliente de materiales granulares utilizados en las estructuras de pavimento, y en especial de rellenos de inferior calidad, tales como suelos granulares finos y materiales reciclados. El aumento en

el módulo o la rigidez de las capas de base reforzados con geoceldas han sido verificados por el modelado y análisis numérico por diferentes estudios.

Conocidas las cargas aplicadas, puede emplearse diferentes aplicaciones comerciales para el diseño de pavimentos. Una vez definida la estructura del pavimento, puede reemplazarse esta estructura sin refuerzo por una basada en el refuerzo con geoceldas. Se emplea un proceso iterativo para la optimización de los costes en términos de espesor de las capas y tipo de relleno, y así obtener un comportamiento igual o mejor que el diseño original sin refuerzo.

Entre las ventajas a utilizar dentro del proyecto esta reemplazar material tipo base de alta calidad por subbase granular aun cuando la reducción en este es pesor no es significativo si el valor en el cabio de base a subbase, reducir espesor de base asfáltica a 5 cm, de utilizar el manejo de toda la vía en terminado asfaltico de lo contrario con la utilización del acabado en piedra se mantendrían estos espesores y la reducción se realizaría en el espesor de la base.

**Tabla No. 16 Propuesta de la Estructura de Pavimento Flexible con Geoceldas**

<b>CAPA</b>	<b>INV-2013</b>	<b>ESPESOR</b>
Rodadura asfáltica MDC-19	ART-450	5 cm
Capa Intermedia MDC-25	ART-450	5 cm
Geoceldas h=125 mm		12,5 cm
Subbase granular SBG	ART-320	30 cm
Geotextil tejido Tipo 2400 o similar	ART-232	Sí
<b>TOTAL</b>		<b>52,5 cm</b>

Rodadura asfáltica MDC-19	5 cm
Capa Intermedia MDC-25	5 cm
Geoceldas	12,5 cm
Subbase granular SBG	30 cm

Geotextil tejido Tipo 2400 o similar

**Tabla No. 17 Estructura de Pavimento Articulado con Geoceldas**

CAPA	INV-2013	ESPESOR
Piedra pegada o adoquín de uso vehicular	ART-510	8 cm
Mortero de pega 1:5	-	4 cm
Geoceldas h=125 mm		12,5 cm
Subbase granular SBG	ART-320	30 cm
Geotextil tejido Tipo 2400 o similar	ART-232	Sí
<b>TOTAL</b>		<b>54,5 cm</b>

Piedra pegada o adoquín de uso vehicular	8 cm
Mortero de pega 1:5	4 cm
Geoceldas	12,5 cm
Subbase granular SBG	30 cm

Geotextil tejido Tipo 2400 o similar

### 8.3.1. Presupuesto del sistema Neoweb o Geoceldas

Con esta solución genera un ahorro económico con la aplicación de una nueva tecnología.

Tabla No. 18 Presupuesto del sistema Neoweb o Geoceldas

<b>CANTIDADES DE OBRA Y PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>RECUPERACION DE LA VIA EN PIEDRA CON GEOMALLA TRAMO 1 LINEA 4</b>					
<b>OBRA:</b>		<b>CONDOMINIO CAMPESTRE MONTELAGOS</b>			
<b>ACTIVIDADES</b>		<b>CANTIDADES Y VALORES</b>			
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNIT</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>VIA ADOQUINADA</b>				
1,1	Trazado, localización y replanteo con equipos de precisión, incluye trabajos de topografía durante la ejecución del proyecto	M2	3356,68	\$ 850,00	\$ 2.853.178,00
1,2	Limpieza, mantenimiento y reparación de descoles de alcantarilla, incluye retiro de sobrantes	Gb	1,00	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00
1,3	Excavación	M3	1762,26	\$ 17.500,00	\$ 30.839.497,50
1,4	Recompactación	DIA	38,00	\$ 153.000,00	\$ 5.814.000,00
1,5	Extendida de geotextil	M2	3789,80	\$ 850,00	\$ 3.221.330,00
1,6	Sub Base Granular	M3	1007,00	\$ 65.000,00	\$ 65.455.260,00
1,6	Sub Base granular para llenado de Geocelda	M3	419,59	\$ 65.000,00	\$ 27.273.025,00
1,7	Geocelda - Neoweb	M3	3356,68	\$ 27.300,00	\$ 91.637.364,00
1,8	Mortero de pega	M3	134,27	\$ 280.000,00	\$ 37.594.816,00
1,9	Piedra pegada	M2	3356,68	\$ 12.500,00	\$ 41.958.500,00
<b>2</b>	<b>DRENAJES</b>				\$ -
2,1	Cunetas	ML	1082,80	\$ 35.000,00	\$ 37.898.000,00
2,2	Bordillos	ML	1082,80	\$ 22.000,00	\$ 23.821.600,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 369.366.570,50</b>
	<b>Administración</b>			<b>5,00%</b>	\$ 18.468.328,53
	<b>Imprevistos</b>			<b>5,00%</b>	\$ 18.468.328,53
	<b>Utilidad</b>			<b>0,00%</b>	\$ 0,00
	<b>IVA sobre Utilidad</b>			<b>16,00%</b>	\$ 0,00
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 406.303.227,55</b>

## **8.4. Propuestas en la zona de deslizamiento**

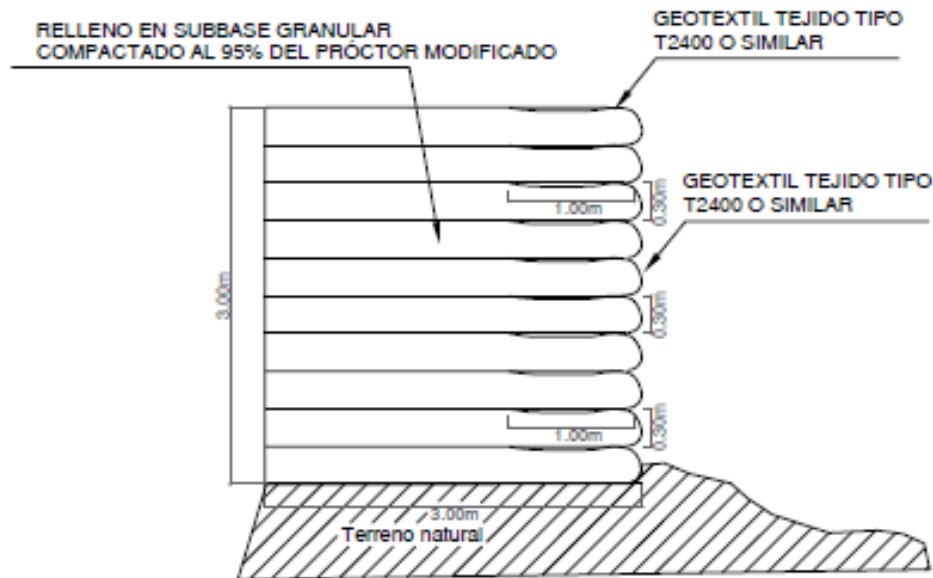
Existen muchas formas para mitigar los problemas de deslizamiento presentes en grandes o pequeños taludes para el caso de la zona ubicada en la abscisa 400 del primer tramo de la vía interna del condominio, se plantearon dos alternativas, muro en gavión o muro en tierra reforzada.

### **8.4.1. Muro en tierra reforzada**

En la zona del deslizamiento se recomienda construir un muro en tierra reforzada de aproximadamente 3.0 m de altura que se apoyará en el terreno natural, es decir sobre las arcillas de color café con lentes de grava retirando los rellenos existentes y la capa vegetal. El muro en tierra reforzada se construirá en capas de subbase granular reforzadas con geotextil tejido tipo T2400 o similar cada 0.30 m. Para el proceso constructivo se extenderán y compactarán capas no mayores a 0.20 m logrando una compactación como mínimo del 95% del máximo valor obtenido en el Próctor Modificado.

Sobre el muro en tierra reforzada se construirá la estructura de pavimento recomendada. En la Figura 49 se presenta el esquema de dicho muro.

**Figura No. 63 Esquema de muro en tierra armada**



Fuente. Ing. German Cifuentes. Estudio de Suelos AUS 7629

#### **8.4.1.1. Consideraciones y presupuesto**

El posible caso de movimiento de material en este tramo de vía pudo ser provocado por exceso de agua entre capas de suelo y apoyado con la excavación anteriormente efectuada para realizar la estructura del lago.

El material de la vía se desplazó aproximadamente entre 4m a 4,50m, es posible concluir que la estructura con la cual se realice el mejoramiento tiene que contar con un sistema de drenaje para liberar presiones aportadas por el agua.

La estructura que se ve en la figura es un muro en tierra armada de 3m de altura con un talud vertical apoyándose solamente en el trabajo que realizara el geotextil entre capas de material de 0,30m, es posible, que el empuje que puede ocasionar tanto el agua como el

terreno nuevamente hacia el lago puede ser significativo y que esta estructura puede ser inestable para este tipo de mejoramiento.

El material de terreno presenta un plano crítico de deslizamiento con un ángulo que se aprecia ser muy bajo, aproximadamente de 40 grados, éste se puede apreciar en la parte superior donde está la estructura de la vía pública que pasa por la parte externa del proyecto. Esto conlleva a pensar que un talud de tal altura y vertical no fusionará.

**Tabla No. 19 Presupuesto para la propuesta del muro en tierra armada**

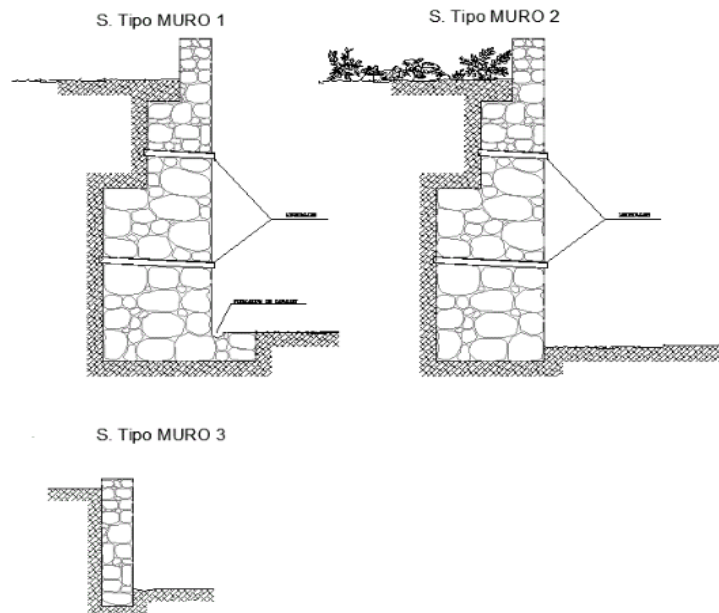
<b>CANTIDADES DE OBRA Y PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>OBRA:</b>	<b>EXCAVACION MECANICA, COMPACTACION</b>					
	<b>CONDOMINIO CAMPESTRE MONTELAGOS</b>				<b>octubre de 2016</b>	
<b>ACTIVIDADES</b>		<b>CANTIDADES Y VALORES</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>	
<b>1.</b>	<b>MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>					
1.1.	Excavadora Hitachi zx 75 us	DIA	12.00	\$ 280,000.00	\$ 3,360,000.00	
1.2.	Vibrocompactador CAT cb224	DIA	12.00	\$ 100,000.00	\$ 1,200,000.00	
1.3.	Combustible retro excavadora	hora	72.00	\$ 25,350.00	\$ 1,825,200.00	
1.4.	Combustible vibro compactador	hora	72.00	\$ 19,000.00	\$ 1,368,000.00	
1.5.	TOTAL MAQUINARIA				\$ 7,753,200.00	
<b>2.</b>	<b>TIERRA ARMADA</b>					
2.2.	Material seleccionado	m3	255.75	\$ 25,000.00	\$ 6,393,750.00	
2.3.	Geotextil	ml	10.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
2.4.	TOTAL MURO EN TIERRA ARMADA				\$ 6,393,750.00	
<b>3.</b>	<b>PERSONAL</b>					
3.1.	Operador retro excavadora	día	12.00	\$ 60,000.00	\$ 720,000.00	
3.2.	Operador vibro compactador	día	12.00	\$ 35,000.00	\$ 420,000.00	
3.3.	Seguridad social	día	24.00	\$ 11,000.00	\$ 264,000.00	
3.4.	Hospedaje	día	24.00	\$ 35,000.00	\$ 840,000.00	
3.5.	Alimentación	día	24.00	\$ 30,000.00	\$ 720,000.00	
3.6.	TOTAL PERSONAL				\$ 2,964,000.00	

<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 17,110,950.00</b>
	<b>Administración</b>	<b>5.00%</b>	\$ 855,547.50
	<b>Imprevistos</b>	<b>5.00%</b>	\$ 855,547.50
	<b>Utilidad</b>	<b>0.00%</b>	\$ 0.00
	<b>IVA sobre Utilidad</b>	<b>16.00%</b>	\$ 0.00
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>			<b>\$ 18,822,045.00</b>

#### 8.4.2. Muro en gaviones

Se recomienda la construcción de gaviones contruidos en compuesto por caja de 2x1x1 m de enrejado de alambre de acero galvanizado de 2,00 mm de diámetro, de malla hexagonal de 50x70 mm, rellena de piedra caliza de aportación colocada con retroexcavadora sobre

**Figura No. 64 Esquema de muro en gaviones**



#### **8.4.2.1. Consideraciones y presupuesto**

Respecto a la propuesta para efectuar el muro de contención en gaviones es importante tener en cuenta lo siguiente:

El gavión es una estructura de contención natural.

Es un muro que permite drenar el terreno por su elaboración en roca y así liberar presiones de agua.

Es un sistema escalonado que me permite no tener un talud vertical cien por ciento.

Es un sistema económico de contener porciones de terreno.

Se cuenta con un lago de aproximadamente entre 7m a 8m en su punto más profundo.

El movimiento de tierras es menor ya que puede terminarse la estructura con el mismo material con que se cuenta en terreno.

La contención la hace el gavión así que el material solo será un llenante no se debe aportar condiciones diferentes de suelo.

**Tabla No. 20. Presupuesto para la propuesta del muro en gaviones**

<b>CANTIDADES DE OBRA Y PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>EXCAVACION MECANICA, COMPACTACION Y MONTAJE DE GAVIONES</b>					
<b>OBRA:</b>	<b>CONDominio CAMPESTRE MONTELAGOS</b>			<b>octubre de 2016</b>	
<b>ACTIVIDADES</b>		<b>CANTIDADES Y VALORES</b>			
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
<b>1.</b>	<b>MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>				
1.1.	Excavadora Hitachi ZX 75 us	DIA	12.00	\$ 280,000.00	\$ 3,360,000.00
1.2.	Vibrocompactador CAT Cb224	DIA	12.00	\$ 100,000.00	\$ 1,200,000.00
1.3.	Combustible retro excavadora	hora	72.00	\$ 25,350.00	\$ 1,825,200.00
1.4.	Combustible vibro compactador	hora	72.00	\$ 19,000.00	\$ 1,368,000.00
1.5.	TOTAL MAQUINARIA				\$ 7,753,200.00
<b>2.</b>	<b>GAVIONES</b>				
2.2.	Malla para gavión	UNI	17.00	\$ 25,000.00	\$ 425,000.00
2.3.	Piedra para gavión	viajes	10.00	\$ 250,000.00	\$ 2,500,000.00
2.4.	Mano de obra montaje de gavión	m3	17.00	\$ 70,000.00	\$ 1,190,000.00
2.5.	TOTAL GAVIONES				\$ 4,115,000.00
<b>3.</b>	<b>PERSONAL</b>				
3.1.	Operador retro excavadora	día	12.00	\$ 60,000.00	\$ 720,000.00
3.2.	Operador vibro compactador	día	12.00	\$ 35,000.00	\$ 420,000.00
3.3.	Seguridad social	día	24.00	\$ 11,000.00	\$ 264,000.00
3.4.	Hospedaje	día	24.00	\$ 35,000.00	\$ 840,000.00
3.5.	Alimentación	día	24.00	\$ 30,000.00	\$ 720,000.00
3.6.	TOTAL PERSONAL				\$ 2,964,000.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 14,832,200.00</b>
	<b>Administración</b>			<b>5.00%</b>	\$ 741,610.00
	<b>Imprevistos</b>			<b>5.00%</b>	\$ 741,610.00
	<b>Utilidad</b>			<b>0.00%</b>	\$ 0.00
	<b>IVA sobre Utilidad</b>			<b>16.00%</b>	\$ 0.00
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 16,315,420.00</b>

## **9. Recomendaciones y consideraciones para evitar nuevas patologías**

El ingeniero Carlos Hernando Higuera Sandoval, Ingeniero en Transporte y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en Tunja, elaboró un documento que nos aporta en todo su contenido todas las recomendaciones para la reparación de todos los deterioros a nivel de pavimentos rígidos y articulados por lo que nos es de gran ayuda al momento de identificar, evaluar y cuantificar los diversos daños con que cuenta un tramo de vía y luego tomar medidas correctivas y/o preventivas para evitar posteriores patologías.

*“En el mundo es muy escasa la literatura sobre metodologías para la determinación del índice de condición de los pavimentos articulados. Algunas metodologías de referencias son las propuestas por la ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute), la American Association of State Highway Transportation Oficial - AASHTO y algunas entidades encargadas de difundir los avances en los sistemas de gestión de carreteras. Las metodologías enunciadas sirvieron de referencia para formular o proponer la presente metodología para Colombia” Ingeniero Higuera*

La investigación efectuada por Higuera surgió debido a la inexistencia en Colombia de un catálogo de daños y de una metodología para la evaluación y cuantificación del estado y sus posibles soluciones que pueda dársele a pavimento articulado, el cual fue elaborado con base en las observaciones directas de campo realizadas por los autores en diversos tipos de estructuras de dichos pavimentos.

Los tramos de vía de Montelagos que se encuentran en piedra laja pegados con mortero pueden considerarse como un pavimento rígido sin embargo las cintas en los bordes se comportan como un pavimento articulado. Esta combinación de pavimentos permite ver el comportamiento de cada uno frente al suelo expansivo.

Es importante proponer a la administración del condominio el mantenimiento rutinario y periódico en cada caso los pavimentos presentes: Flexible, Rígido y Articulado:

Se recomienda que la vía para que pueda lograr un óptimo y eficaz funcionamiento, para prolongar su vida útil y en especial para evitar que aparezcan patologías como las mencionadas, implementar Geodren Planar, el cual, y debido al tipo de suelo que encontramos, (suelo con presencia de Arcilla Expansivas), lograría captar y conducir el agua rápida y eficazmente evitando de este modo que estas arcillas se comporten de manera inapropiada.

#### 9.1. Mantenimiento Rutinario

Se debe realizar una vez por año para conservarlas partes aledañas a la calzada en perfecto estado de funcionalidad y operación, comprende actividades de limpieza, control de vegetación, obras de drenaje, remoción de derrumbes, señales y demás elementos de seguridad.

- Poda, corte y retiro de árboles de ser necesario.
- Rocería y desmonte manual.

- Limpieza de calzada.
- Limpieza de cunetas, descoles y zanjas de coronación.
- Pintura, renovación e indicación de los mojones.
- Labores de arborización y pradización de la zona que comprende el derecho de vía del corredor vial.
- Remoción de derrumbes localizados a lo largo del corredor vial, en material común o conglomerados, incluido el acarreo a los botaderos autorizados.
- Limpieza de bermas pavimentadas.

## 9.2. Mantenimiento Periódico

Es la colocación de refuerzos que el pavimento y demás estructuras requieran. Se realiza con una periodicidad superior a un año para evitar daños mayores que conlleven a inversiones no cuantificadas en el proyecto. Incluye sobré carpetas, tratamientos superficiales, fresado, etc. Además, construcción de cunetas, alcantarillas, bordillos, filtros y muros de contención.

- Bacheo.
- Parcheo.
- Tratamientos superficiales.
- Sello de arena –asfaltos.
- Señalización horizontal y vertical.

## 9.3. Tareas en obras de drenaje y de protección de la vía (drenaje superficial).

- Limpieza manual de las cunetas revestidas y en tierra.
- Limpieza de las zanjas de coronación revestidas y en tierra.
- Limpieza de encoles y/o descoles revestidos y en tierra.
- Limpieza de canales revestidos y en tierra.

#### 9.4. Obras complementarias

- Despejes de derrumbes localizados.
- Limpieza de la calzada.
- Rocería y desmonte manual.
- Poda, corte y/o retiro de árboles.
- Empradización con semillas.
- Empradización con césped.
- Arborización (De acuerdo con las instrucciones de diseño).
- Jardinería.

#### 9.5. Recomendaciones de los materiales a utilizar

Teniendo en cuenta los métodos sugeridos para el arreglo de tramo de vía, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones respecto a los materiales que se deberán utilizar:

### 9.5.1. Especificación geotextil tejido 2400

#### Propiedades Mecánicas

- Método Tira Ancha  
Norma ASTM-D-4S95  
Resistencia Sentido longitudinal: 40 KN/m  
Elongación Sentido longitudinal: 20%
- Resistencia al punzonamiento 7gO N (176|b)  
Norma ASTM-D-4833

#### Propiedades Hidráulicas

- Tamaño de abertura aparente 0.95 mm
- Norma ASTM-D-47S1
- Permeabilidad  $12 \times 10^{-2}$  cm/seg  
Norma ASTM-D-4491

### 9.5.2. Especificación Sub base Granular

Esta especificación se refiere al suministro, colocación y compactación de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de acuerdo con los alineamientos y dimensiones que se indiquen en los planos del proyecto o que establezca el interventor.

#### 9.5.2.1. Materiales

**Agregados pétreos** Los materiales para construir la subbase granular pueden ser gravas naturales o materiales provenientes de la trituración de fragmentos rocosos o una mezcla de ambos. Las partículas deberán ser duras y resistentes, de características uniformes, libres de terrones de arcilla u otras sustancias objetables y deberán satisfacer los siguientes requisitos:

**Granulometría** Deberá ajustarse a la siguiente franja granulométrica:

Tabla No. 21 Especificación granulométrica de materiales pétreos en sub base granular

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alternativo	SBG.1
50.0 mm	2"	100
37.5 mm	1 1/2"	70-95
25.0 mm	1"	60-90
12.5 mm	1/2"	45-75
9.50 mm	3/8"	40-70
4.75 mm	No. 4	25-55
2.00 mm	No. 10	15-40
425 um	No. 40	6-25
75 um	No. 200	2-15

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que suministre el Constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja autorizada, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del adyacente, etc. El tamaño máximo nominal del agregado por utilizar no podrá exceder la mitad del espesor de la capa compactada.

**Límites de consistencia** La fracción del material de subbase granular que pase el tamiz No.40 deberá presentar un índice plástico no mayor al seis por ciento (6%).

**Limpieza** El equivalente de arena de la fracción inferior al tamiz No. 4, deberá ser cuando menos de veinticinco por ciento (25%).

**Resistencia a la abrasión** El desgaste del material, determinado mediante la máquina de los Ángeles, no podrá ser superior al cincuenta por ciento (50%).

**Capacidad de soporte** El material compactado al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad máxima del Próctor Modificado, deberá presentar un CBR igual ó superior a treinta por ciento (30%).

### 9.5.3. Especificación base Granular

Esta especificación se refiere al suministro, colocación y compactación de material de base granular aprobado sobre una subbase, afirmado o subrasante, en una o más capas, de acuerdo con los alineamientos y dimensiones que se indiquen en los planos del proyecto o que establezca el interventor.

#### 9.5.3.1. Materiales

**Agregados pétreos** Los materiales para construir la base, debe ser provenientes de la trituración. Las partículas deberán ser uniformes, libres de terrones de arcilla satisfacer los siguientes requisitos:

**Granulometría** Deberá ajustarse a alguna de ras siguientes franjas:

Tabla No. 22 Especificación granulométrica de materiales pétreos en base granular

Tamiz		Porcentaje que pasa	
Normal	Alterno	BG.1	BG.2
37.5 mm	1 yr"	100	
25.0 mm	1"	70-100	100
19.0 mm	1"	60-90	70-100
9.50 mm	3/8"	45-75	50-80
4,75 mm	No.4	30-60	35-65
2.00 mm	No.10	20-45	20-45

425 um	No.40	10-30	10-30
75 um	No.200	5-15	5-15

La franja por emplear será establecida en los documentos del proyecto que indique el interventor con el fin de evitar segregaciones y garantizar resistencia exigidos por la presente especificación, los niveles de densidad y el material que suministre el Constructor deben dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja autorizada, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del adyacente, etc.

El tamaño máximo nominal del agregado por utilizar no podrá exceder la mitad del espesor de la capa compactada.

**Límites de consistencia** La fracción del material de base granular que pase el tamiz No.40 deberá presentar un índice plástico no mayor al tres por ciento (3%).

**Limpieza** El equivalente de arena de la fracción inferior al tamiz No. 4, deberá ser cuando menos de treinta por ciento (30%).

**Resistencia a la abrasión** El desgaste del material, determinado mediante la máquina de los Ángeles, no podrá ser superior al cuarenta por ciento (40%).

**Capacidad de soporte** El material compactado al cien por ciento (100%) de la densidad máxima del Próctor Modificado, deberá presentar un CBR igual o superior a ochenta por ciento (80%).

#### **9.5.4. Especificación base Estabilizada con cemento**

Este trabajo consiste en la construcción de una capa de subbase constituida por material granular compactado y estabilizado con cemento portland, conforme con los alineamientos, dimensiones y secciones que se indiquen en los planos del proyecto o que establezca el interventor.

#### 9.5.4.1. Materiales

Los materiales por estabilizar con cemento podrán ser gravas naturales o materiales provenientes de la trituración de fragmentos rocosos o una mezcla de ambos. Las partículas deberán ser duras y resistentes, de características uniformes, libres de terrones de arcilla u otras sustancias objetables. Adicionalmente deberá, cumplir los siguientes requisitos generales:

**Granulometría** Deberá ajustarse a alguna de las siguientes franjas:

Tabla No. 23 Especificación granulométrica de materiales de cemento

Tamiz		Porcentaje que pasa	
Normal	Alterno	BG.1	BG.2
37.5 mm	1 yr"	100	
25.0 mm	1"	70-100	100
19.0 mm	1"	60-90	70-100
9.50 mm	3/8"	45-75	50-80
4,75 mm	No.4	30-60	35-65
2.00 mm	No.10	20-45	20-45
425 um	No.40	10-30	10-30
75 um	No.200	5-15	5-15

La franja por emplear será establecida en los documentos del proyecto o la que indique el interventor, Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que suministre el Constructor debe dar lugar a

una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja autorizada, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior der adyacente, etc.

El tamaño máximo nominal del agregado por utilizar no podrá exceder la mitad del espesor de la capa compactada.

*Plasticidad* La fracción del material de subbase granular que pase el tamiz No.40 deberá presentar un índice plástico no mayor al tres por ciento (3%).

*Cemento* El cemento para estabilización será del tipo Portland, el cual deberá cumplir lo especificado con las normas ICONTEC I21y 321.

*Agua* El agua deberá ser limpia y estará libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH medido deberá estar comprendido entre 5.5 y 8.0, y el contenido de sulfatos no podrá ser superior a un gramo por litro (1 g/l).

*Diseño de la mezcla* Antes de iniciar los trabajos el constructor presentará la fórmula de trabajo con los materiales propuestos, la cual deberá indicar el porcentaje óptimo en peso de cemento y la resistencia mínima obtenida de 21 Kgtlcm<sup>2</sup> a 7'días de curado al aire, mediante probetas compactadas con humedad óptima y densidad máxima del Próctor Estándar/Modificado.

#### **9.5.4.2. Equipos**

Básicamente el equipo estará constituido por una máquina estabilizadora, elementos para la compactación, motoniveladora, carro-tanques para y aplicar agua el material curado de la capa compactada, elementos que transporte, así como herramientas menores.

#### **9.4.4.3. Aplicación del cemento y la mezcla**

El cemento podrá aplicarse en bolsa o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el agregado pulverizado, de manera que se esparza la cantidad requerida, según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo anchó de la capa por estabilizar. Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que se va a mezclar con el suelo. El cemento sólo podrá extenderse en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla empleando máquina estabilizadora o motoniveladora, en todo el espesor establecido en los planos u ordenado por el interventor. El número de pasadas dependerá del equipo utilizado y será el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea. En caso de que se requiera se añadirá el agua faltante y se continuará mezclando hasta que la masa resultante presente complete homogeneidad.

#### **9.5.4.4. Curado de la Capa Compactada**

En esta actividad se contempla la protección contra pérdidas de humedad por un período no menor a siete (7) días, mediante la aplicación regular de agua manteniendo húmeda la superficie de la capa estabilizada o dé una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo

CRR-1 a una tasa no inferior a cuatro décimas de litro por metro cuadrado (0.4 /m<sup>2</sup>) de ligante residual.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de 24 horas de terminada la compactación, la superficie de la base estabilizada deberá presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que permita el curado.

#### **9.5.4.5. Calidad de la mezcla**

**Resistencia** Con un mínimo de dos muestras diarias de la mezcla elaborada en la obra se moldearán probetas (dos por muestra) con la energía del ensayo normal de compactación para verificar en el laboratorio su resistencia a la compresión simple luego de siete días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al que se realiza durante el diseño de la mezcla.

La resistencia media de las cuatro o más probetas diarias debe ser igual o superior al 92% de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el constructor. A su vez la resistencia de cada probeta debe ser igual o mayor al 90% del valor medio admitiéndose solo un valor individual por debajo de ese límite.

#### **9.5.4.6. Calidad del producto terminado**

**Compactación** Se efectuarán densidades por lo menos una cada 250 m<sup>2</sup> y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de seis determinaciones de densidad como mínimo escogidos al azar.

La densidad media del tramo debe ser como mínimo el 98% de la densidad máxima de referencia obtenida en el ensayo normal de compactación realizado durante el diseño de la mezcla.

La densidad obtenida en cada ensayo individual deberá ser a su vez, igual o superior al 97% del valor medio del tramo admitiéndose solo un resultado por debajo de dicho límite.

*Espesor* El espesor medio de la capa compactada no podrá ser inferior al de diseño y el espesor *obtenido* en cada determinación individual deberá ser, por lo menos igual al 90% del espesor de diseño.

*Lisura:* La superficie acabada no podrá presentar en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros.

### **9.5.5. Especificación mezcla densa en caliente concreto asfáltico**

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación una o más de capas de mezcla asfáltica de tipo denso, preparada en caliente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el interventor.

#### **9.5.1.1. Materiales**

*Agregados pétreos y llenante mineral* Los agregados pétreos y llenante mineral deberán ajustarse a la siguiente gradación:

Tabla No. 24 Gradación de materiales de concreto asfáltico

Tamiz		Porcentaje que pasa		
Normal	Alternativo	MDG-25	MDC-19	MDC-10
25.0 mm	1"	100	-	-
19.0 mm	3/3"	80-100	100	-
12.5 mm	1/2"	67-85	80-100	-
9.50 mm	3/8"	60-77	70-88	100
4.75 mm	No. 4	43-59	49-65	67-87
2.00 mm	No. 10	29-45	29-45	43-61
425 um	No. 40	14-25	14-25	16-29
180 um	No. 80	8-17	8-17	9-19
75 um	No. 200	4-8	4-8	5-10

Para la construcción de bases asfálticas se empleará la MDC-25 o la MDC-1g. Para capas de rodadura, se empleará la gradación MDC-10, si el espesor compacto no supera 3 cm y la MDC-25 para espesores superiores. Para espesores mayores de 5 cm podrá emplearse también la gradación MDC-19.

**Material bituminoso** El material bituminoso para elaborar la mezcla densa en caliente será cemento asfáltico del grado de penetración que corresponda.

**Equipo** para la elaboración de tos agregados triturados, planta mezcladora, para equipo el transporte, equipo para la extensión de la mezcla, equipo de compactación y equipo accesorio.

### Procedimiento

Explotación de materiales y elaboración de agregados.

Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.

Preparación de la superficie existente.

Fase de experimentación

Elaboración de la mezcla.

Transporte de la mezcla.

Extensión de la mezcla.

Compactación de la mezcla.

Juntas de trabajo.

Apertura al tránsito

### **Controles**

Se tendrán en cuenta los siguientes puntos para el recibo de los trabajos:

Calidad del cemento asfáltico.

Calidad de los agregados pétreos y el llenante mineral

Composición de la mezcla: contenido de asfalto y granulometría de los agregados.

Calidad de la mezcla: resistencia y flujo.

Calidad del producto terminado: compactación, espesor, lisura, textura, rugosidad y construcción de capas de nivelación.

### **Medida**

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>) aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla suministrada y compactada en obra a satisfacción del interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación.

#### **9.5.1. 2. Especificación Arena de nivelación y sello**

La capa de arena que servirá como capa para la colocación de los adoquines, deberá estar limpia y presentar una granulometría uniforme y ajustarse a la siguiente franja:

Tabla No. 25 Especificación de material granulométrico de arena de nivelación y sello

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alternativo	
9.50 mm	3/8"	100
4.75 mm	No. 4	90-100
2.36 mm	No. 8	75-100
11.8 mm	No. 16	50-95
600 um	No. 30	25-60
300 um	No. 50	10-30
100 um	No. 100	0-15
75 um	No. 200	0-5

La arena se almacenará de tal manera que se pueda manejar sin contaminarla y se deberá proteger de la lluvia para que su contenido de –humedad sea lo más uniforme posible, Si la arena ya colocada sufre algún tipo de compactación, se le dará varias pasadas con un rastrillo para devolverle la soltura y se enrasará de nuevo.

No se permitirá colocar adoquines sobre una capa de arena que haya soportado lluvia o escorrentía, lo que implicaría tener que levantarla, devolverla a la zona de almacenamiento y reemplazarla por arena uniforme y suelta.

La arena que se utilice para sellar las juntas entre adoquines, deberá estar libre de materia orgánica y contaminantes y en el momento de su utilización estará lo suficientemente seca y suelta como para que pueda penetrar, por barrido, dentro de las juntas.

Se recomiendan los siguientes límites dentro de los cuales deberá estar su curva granulométrica:

Tabla No. 26 Límites de la curva granulométrica para la arena de nivelación y sello

<b>Tamiz</b>		<b>Porcentaje que pasa</b>
<b>Normal</b>	<b>Alternativo</b>	
2.36 mm	No. 8	100
11.8 mm	No. 16	90-100
600 pm	No. 30	60-90
300 rm	No. 50	30-60
100 pm	No. 100	5-30
75 pm	No. 200	0-15

## Conclusiones

Se recopiló la información requerida y se realizó el estudio patológico, donde se determinaron los ensayos requeridos para establecer el origen de las patologías presentadas en vía interna en el tramo 1 de la línea 4 del condominio Montelagos, ubicado en la inspección de San Joaquín planteando las soluciones más adecuadas para la recuperación de la vía.

Con la recuperación de la vía, en conjunto con el manejo de las aguas lluvias para el aprovechamiento de la planta de tratamiento, se contribuye con el mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes del condominio con un adecuado acceso, disminuyendo el costo de consumo de agua de acueducto con un sistema que ambientalmente es sostenible.

En la investigación realizada se encontró que el mayor problema evidenciado en el proyecto es la zona de ubicación del Condominio Campestre Montelagos, el cual se encuentra en la Inspección de San Joaquín del municipio de la mesa Cundinamarca, ya que, la zona se encuentra afectada por un fenómeno de remoción en masas, situación que es de difícil mitigación, por lo anterior el estudio se enfocará en las propuestas de solución más viable para atenuar la afectación de la vía, sin embargo, no será una solución definitiva a causa de éste fenómeno.

Después de realizar el estudio patológico del proyecto Condominio Campestre Montelagos, logramos concluir que en la planeación del presente proyecto no se realizó una

investigación de la zona, ya que como lo hemos indicado está localizado en zona de remoción en masas, situación que es de difícil mitigación, razón por la cual se debió realizar un estudio donde se evalúen los daños físicos que se pueden presentar en las viviendas, vías y demás elementos expuestos, pérdidas económicas, afectaciones a la población, heridos y pérdidas de vidas humanas, pérdida de funcionalidad de equipamientos, obstrucción parcial o total de vías de acceso. El riesgo corresponde a la estimación cualitativa o cuantitativa de las consecuencias físicas, sociales, o económicas, y el objetivo debe ser optimizar económicamente el plan de medidas de mitigación al permitir enmarcar la decisión sobre éstas en un análisis costo/beneficio; por lo anterior el estudio se enfocará en las propuestas de solución más viable para atenuar la afectación de la vía, sin embargo, no será una solución definitiva a causa de éste fenómeno.

De acuerdo a lo encontrado en las visitas de inspección y ensayos en el proyecto y en el estudio de suelos realizado por el Ing. Alfonso Uribe Sardiña, se evidenció la construcción inapropiada de la estructura de la vía, lo cual generó en su mayoría las patologías presentadas en el proyecto, se sugiere como alternativa de intervención una nueva estructura de pavimento para evitar que aparezcan nuevos daños y lesiones en la vía y dar así solución mitigando los problemas que se han venido presentando.

Se solicita un nuevo estudio de suelos, en especial de las zonas más afectadas, donde colapsó la estructura del pavimento, para determinar el diseño del muro de contención adecuado en la zona, considerando que puede haber variaciones en las arcillas expansivas

teniendo en cuenta el inadecuado diseño del sistema de drenaje (cunetas), las cuales permiten un volumen de infiltración de agua al terreno. Por lo anterior la propuesta del muro de contención y la reparación de la vía debe ir acompañado de la construcción adecuada para la recolección de aguas superficiales que llegan a la vía.

Se hace necesario revisar y evaluar todo el sistema de alcantarillado del proyecto, toda vez que se aprecia daños en la superficie, lo cual es un indicativo de colapso en la red, de ser así es necesario remplazar las partes afectadas y considerar la posibilidad de construcción del sistema a una mayor profundidad, para evitar que las cargas de tránsito dañen el sistema.

Es indispensable garantizar un adecuado mantenimiento preventivo y rutinario a la vía para evitar que las lesiones que se presente sean cada vez de mayor magnitud y/o que se generen patologías por no realizar el mantenimiento preventivo esencial, en la vía y las obras de drenaje que son esenciales para un buen desempeño del proyecto.

Aun cuando la zona de evaluación para el presente estudio patológico está enfocada para la línea 4 de la vía interna del proyecto condominio Montelagos, cabe aclarar que el mismo puede ser implementado para la totalidad de la vía localizado en el presente proyecto, ya que a nivel general presenta las mismas lesiones en toda su trayectoria, variando su acabado superficial, puesto que se ha tenido que atender parcialmente por bienestar de la comunidad, sin embargo, en las inspecciones se concluye que éstas intervenciones no han sido efectivas.

En el estudio patológico, se pudo identificar que en las viviendas, hay algunas patologías propias de la zona, similares a las encontradas en la vía, por lo anterior y dependiendo el tipo y grado de afectación se puede llegar a implementar recalase de cimientos, reforzamiento de bases, aislamiento de aguas superficiales (con geodren planar) y aguas profundas dependiendo el caso. De igual forma, es necesario realizar más estudios específicos para cada caso y seguimiento a las lesiones presentadas, para generar un estudio patológico.

De acuerdo a lo encontrado en las visitas de inspección y ensayos en el proyecto y en el estudio de suelos realizado por el Ing. Alfonso Uribe Sardiña, se evidenció la construcción inapropiada de la estructura de la vía, lo cual generó en su mayoría las patologías presentadas en el proyecto, se sugiere como alternativa de intervención una nueva estructura de pavimento para evitar que aparezcan nuevos daños y lesiones en la vía y dar así solución mitigando los problemas que se han venido presentando.

Se solicitó un nuevo estudio de suelos, en especial de las zonas más afectadas, donde colapsó la estructura del pavimento, para determinar el diseño del muro de contención adecuado en la zona, considerando que puede haber variaciones en las arcillas expansivas teniendo en cuenta el inadecuado diseño del sistema de drenaje (cunetas), las cuales permiten un volumen de infiltración de agua al terreno. Por lo anterior la propuesta del muro de contención y la reparación de la vía debe ir acompañado de la construcción adecuada para la recolección de aguas superficiales que llegan a la vía.

Se hace necesario revisar y evaluar todo el sistema de alcantarillado del proyecto, toda vez que se aprecia daños en la superficie, lo cual es un indicativo de colapso en la red, de ser así es necesario remplazar las partes afectadas y considerar la posibilidad de construcción del sistema a una mayor profundidad, para evitar que las cargas de tránsito dañen el sistema.

Es indispensable garantizar un adecuado mantenimiento preventivo y rutinario a la vía para evitar que las lesiones que se presente sean cada vez de mayor magnitud y/o que se generen patologías por no realizar el mantenimiento preventivo esencial, en la vía y las obras de drenaje que son esenciales para un buen desempeño del proyecto.

## Bibliografía

1. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/fallas-en-pavimentos1.pdf>
2. [http://es.slideshare.net/jhongesellvillanuevaportella9/exposicion-agrietamiento?next\\_slideshow=1](http://es.slideshare.net/jhongesellvillanuevaportella9/exposicion-agrietamiento?next_slideshow=1)
3. <http://wp.cienciaycimiento.com/todo-sobre-la-maldicion-de-las-arcillas-expansivas/>
4. [http://es.slideshare.net/oitv/patologa-de-pavimentos-articulados?next\\_slideshow=1](http://es.slideshare.net/oitv/patologa-de-pavimentos-articulados?next_slideshow=1)
5. [https://prezi.com/ebrkj\\_ttxcn/patologias-en-pavimentos-flexibles/](https://prezi.com/ebrkj_ttxcn/patologias-en-pavimentos-flexibles/)
6. <http://www.rtbltda.com/node/1>
7. <http://www.arqhys.com/construccion/cimientos-arcillas.html>
8. <http://wp.cienciaycimiento.com/todo-sobre-la-maldicion-de-las-arcillas-expansivas/>
9. <http://www.amanco.com.mx/docs/Manual%20subdrenaje%20NUEVO.pdf>
10. <http://es.scribd.com/doc/146092944/Soluciones-Para-Suelos-Expansivos-y-Colapsables#scribd>
11. <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/2311/2619>
12. <http://www.tensarcorp.com/Systems-and-Products>
13. [http://www.tigre.com.co/institucional.php?rcr\\_id=7&ctt\\_id=56&uni=0](http://www.tigre.com.co/institucional.php?rcr_id=7&ctt_id=56&uni=0)
14. LA ACCION DE LOS SUELOS EXPANSIVOS - Ing. Civil Julio Patrone Ing. Civil José Enrique Prefumo - Memoria de trabajos de difusión científica y técnica Página 16.
15. [https://www.google.it/maps/@4.6464582,74.50916,3a,75y,270h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1s1g4xJqJuqrF\\_1-s11UWPw!2e0!7i13312!8i6656](https://www.google.it/maps/@4.6464582,74.50916,3a,75y,270h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1s1g4xJqJuqrF_1-s11UWPw!2e0!7i13312!8i6656)

16. <http://www.monografias.com/trabajos94/rocas-sedimentarias/rocas-sedimentarias.shtml#ixzz4e4SdRisX>
17. <http://www.monografias.com/trabajos94/rocas-sedimentarias/rocas-sedimentarias.shtml#ixzz4eEOw3mHJ>
18. [https://es.m.wikipedia.org/wiki/San\\_Joqu%C3%ADn\\_\(La\\_Mesa\)](https://es.m.wikipedia.org/wiki/San_Joqu%C3%ADn_(La_Mesa))

**Anexos A**

**Ensayos**

## **Anexos B**

### **Estudio de Suelos**

## **Anexos C**

### **Fichas del proyecto**