

**ESTUDIOS DE AMENAZAS POR EROSION Y REMOCION EN MASA, Y
VULNERABILIDAD DE LA ZONA URBANA Y DE EXPANSION DE JESUS MARIA,
SANTANDER**

**ANGELICA MARIA CRIADO FLÓREZ
JORGE BAYARDO ROSERO LOMBANA
JAKSON VELÁSQUEZ MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA,
2005**

**ESTUDIOS DE AMENAZAS POR EROSION Y REMOCION EN MASA, Y
VULNERABILIDAD DE LA ZONA URBANA Y DE EXPANSION DE JESUS MARIA,
SANTANDER**

**ANGELICA MARIA CRIADO FLÓREZ
JORGE BAYARDO ROSERO LOMBANA
JAKSON VELÁSQUEZ MUÑOZ**

Trabajo de Grado para optar el título de
Ingeniero Civil y Geólogo

**Director Ingeniería Civil
JAIME SUAREZ DIAZ
Ingeniero Civil, MCs**

**Director Geología
HECTOR HERNANDEZ OSSES
Geólogo**

**Co-Director Interdisciplinario
EDWIN F. MENDOZA BELTRAN
Geólogo, Esp. Admón. Pública, Esp. en SIG**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA,
2005**

A mis padres,
A quienes amo y respeto
por enseñarme a transitar en este mundo
con fortaleza y templanza.

A mis Hermanos,
Con quienes comparto a
diario la sinceridad y la lealtad
del apoyo incondicional.

ANGELICA MARIA

A mi madre *Aura A. Lombana* por enseñarme que la vida es una lucha constante de triunfos y fracasos y que junto con *Nicolás* han sido una fuente de inspiración constante para no desfallecer en los momentos más difíciles.

A mi familia en quienes he tenido siempre un respaldo durante el ciclo de formación académica.

JORGE

Al pueblo Colombiano

“Heme aquí al borde del espacio y lejos de las circunstancias”

Vicente Huidobro

JAKSON

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos a:

El IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), especialmente a Graciela por suministrar los datos y la información necesaria para la realización de este proyecto.

La gobernación de Santander y al municipio de Jesús María por brindarnos apoyo logístico e institucional, y a la ciudadanía del municipio en cabeza del señor alcalde Alberto Carvajal Ariza, que nos acogió y colaboro con el logro de las metas fijadas.

La Universidad Industrial de Santander, especialmente a la Escuela de Ingeniería Civil, por brindarnos la oportunidad de formarnos como profesionales íntegros.

Nuestros profesores, por sus enseñanzas y orientaciones que permitieron llevar a cabo nuestra formación profesional.

El profesor Jaime Suárez Díaz, por brindarnos incondicionalmente su asesoría y apoyo constante.

A nuestro codirector, Edwin F. Mendoza Beltrán, por su acompañamiento y enseñanzas constantes a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A MULTIPROCESOS Ltda. Por respaldarnos en los momentos más difíciles del desenlace de este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	3
2. GENERALIDADES	6
2.1 LOCALIZACION	6
2.2 CABECERA MUNICIPAL	8
2.3 DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA ZONA URBANA	9
3 PROBLEMÁTICA EN EL MUNICIPIO DE JESUS MARIA	13
4 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	16
5 JUSTIFICACION	21
6 MARCO METODOLOGICO	23
6.1 IDENTIFICACION	23
6.2 FUENTES DE INFORMACION	23
6.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	24

6.4 ESQUEMA METODOLOGICO	25
7 CLIMATOLOGIA	28
7.1 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA	29
7.1.1 Temperatura	29
7.1.2 Precipitación	34
7.1. BALANCE HÍDRICO GENERAL	38
7.1.1. Variables a analizar para el Balance Hídrico	39
7.1.2. Cálculo de Balance Hídrico General	45
7.1.3. Clasificación climática según Thornthwaite	51
7.1.4. Zonas de vida según Holdridge	54
8. HIDROGRAFIA	56
8.1. CUENCAS Y SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL MUNICIPIO	56
8.1.1. Subcuenca del río el Valle	56
8.1.2. Subcuenca de la quebrada Cuchinero	57
8.1.3. Afloramientos de agua subterránea	58
8.2. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LAS SUBCUENCAS DE LA ZONA	58
8.2.1. Morfometría	58

9. TOPOGRAFIA	62
9.1. TECNICA UTILIZADA	63
10. GEOLOGIA	65
10.1. GEOLOGIA REGIONAL	65
10.1.1. Unidades litológicas	66
10.1.2. Geología estructural	69
10.2. GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO	70
10.2.1. Unidades litológicas	70
10.2.2. Geología estructural	76
11. GEOMORFOLOGIA	79
11.1. MORFOMETRÍA	79
11.1.1. Caracterización de las pendientes del terreno	80
11.2. MORFOLOGÍA	81
11.2.1. Unidades Morfogenéticas Presentes	81
11.3. MORFODINÁMICA	88
11.3.1. Procesos erosivos	89
11.3.2. Fenómenos de remoción en masa	91

11.3.3. Inventario de movimientos en masa	94
12. CARACTERIZACION GEOTECNICA Y DE SUELOS	119
12.1. MALLA DE MUESTREOS	119
12.2. ENSAYOS DE LABORATORIO	125
12.2.1. Ensayo de Humedad	126
12.2.2. Ensayo de Limites de Atterberg	127
12.2.3. Ensayo de Granulometría	129
12.2.4. Ensayo de Limite de Contracción	131
12.2.5. Ensayo de Corte Directo	132
12.2.6. Ensayo de Presión de Expansión	134
12.2.7. Ensayo de Consolidación	135
12.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	137
12.4. ZONIFICACION GEOTÉCNICA Y DE SUELOS	139
13. AMENAZAS NATURALES	146
13.1. VARIABLES GEOAMBIENTALES	147
13.1.1. Ingeniería geológica	148
13.1.2. Morfogénesis	149

13.1.3. Procesos morfodinámicos	151
13.1.4. Afloramientos de agua subterránea	152
13.2. PONDERACION DE VARIABLES	152
13.3. NIVELES DE AMENAZA	154
14. CARACTERIZACION URBANA	158
14.1. TECNICAS PARA TOMA DE DATOS	159
14.1.1. Inventario de obras	159
14.1.2. Estado de servicios públicos	166
14.1.3. Encuesta descriptiva	175
14.2. ZONIFICACION URBANA	182
14.2.1. Caracterización estructural	183
14.2.2. Caracterización por grado de afectación	186
15. VULNERABILIDAD	189
15.1. PONDERACION DE LAS VARIABLES	191
15.1.1. Evaluación predial	191
15.1.2. Zonificación de la vulnerabilidad relativa	202
15.2. NIVELES DE VULNERABILIDAD RELATIVA	203

16. INDICACION DEL RIESGO	205
16.1. METODOLOGIA UTILIZADA	206
16.2. NIVELES DE RIESGO INDICATIVO	210
17. PLANTEAMIENTO DE OBRAS DE MITIGACION	212
17.1. PLAN DE ACCION	212
CONCLUSIONES	216
RECOMENDACIONES	218
GLOSARIO	220
BIBLIOGRAFIA	223
ANEXOS	225

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. El municipio de Jesús María en el departamento de Santander.	6
Figura 2. División Político-Administrativa del Municipio de Jesús María.	7
Figura 3. Cabecera Urbana y área de expansión. Municipio de Jesús María.	8
Figura 4. Panorámica de la cabecera municipal de Jesús María.	9
Figura 5. Zonas de Susceptibilidad de Amenaza, área urbana de Jesús María, Santander.	14
Figura 6. Diagrama Metodológico desarrollado para la identificación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo.	27
Figura 7. Estación Pluviométrica del IDEAM en el municipio de Jesús María, Santander.	28
Figura 8. Relación entre la fracción volumétrica de agua aprovechable en el suelo y su textura.	44
Figura 9. Sistema de zonas de vida de Holdridge para el trópico.	55
Figura 10. Esquema que representa la ubicación de las microcuencas del municipio.	56
Figura 11. Nódulos huecos hacia el tope del nivel Kip1 de la Formación Paja localizado vía a Florián en el área urbana de Jesús María.	71
Figura 12. Nivel 1 de la Formación Paja, vía salida a Puente Nacional. Se observa de forma clara la laminación de los shales y la inclinación de las capas.	71
Figura 13. Afloramiento del nivel Kip1 donde se muestra el grado de diaclasamiento que ha sufrido este nivel debido a los esfuerzos regionales y los nódulos piritos (señalados por la flecha) que fueron empleados como marcadores estratigráficos. Localizado en la salida a Arciniegas.	72
Figura 14. Vista en detalle de los nódulos piritosos presentes en el nivel Kip1. Localizados en la salida vía a Arciniegas.	73
Figura 15. Capa masiva del nivel Kip1 de la Formación Paja. Los niveles masivos son más piritosos que los laminados y se repiten con más frecuencia hacia el tope.	73
Figura 16. Formación de suelos residuales en el nivel Kip1 de la Formación Paja.	74

Figura 17. Afloramiento del nivel Kip2 encontrado en la vía hacia Arciniegas	75
Figura 18. Corte geológico de la zona de estudio donde se muestran las principales estructuras encontradas en el área de trabajo Jesús Maria, Santander	78
Figura 19. Caracterización de los tipos de erosión encontradas en la zona de estudio.	90
Figura 20. Vista general del movimiento presente en al costado noreste de cancha de fútbol de la zona escolar municipal.	94
Figura 21. Vista general del movimiento presente en la cancha de fútbol del colegio municipal.	96
Figura 22. Vista general del FRM presente en la parte Norte del Colegio Lorenzo de Salazar.	97
Figura 23. Detalle de las terracetas presentes en el cuerpo del movimiento ubicado. Parte Este zona escolar.	99
Figura 24. Muro de Contención localizado en la Calle de las Trampas.	101
Figura 25. Vista general de la ubicación del movimiento en el sector H.	103
Figura 26. Daño a edificación por causa del movimiento en masa presente en el lugar.	104
Figura 27. Vista general del hospital antiguo que se ubica sobre un movimiento de tipo reptación.	107
Figura 28. Vista donde se muestra los elementos geomorfológicos presentes en el cuerpo del movimiento. Obsérvese la disposición en escalones debido a la intervención antrópica. Las flechas en naranja indican las zonas de empozamiento que se encontraron en el sitio.	107
Figura 29. Fotografía del centro de salud antiguo que muestra el daño debido al fenómeno de remoción en masa presente en el sitio.	108
Figura 30. Fotografía que muestra el daño al antiguo hospital debido al fenómeno de remoción en masa presente en el sitio.	109
Figura 31. Vista general del movimiento presentado en el parque infantil. En rojo se aprecia la fisura que maraca el hundimiento presente en el sitio.	110
Figura 32. Movimiento de remoción en masa presente en la salida a Florián. Se observa la corona bien definida y como este afecta la vía.	112
Figura 33. Movimiento de remoción en masa presente en la salida a Florián. Obsérvese que se encuentran sus flancos y su corona bien definidos. La cerca se	114

encuentra afectada indicando que su actividad.

Figura 34. Vista general del movimiento ubicado en la salida a Puente Nacional. Se observa en la fotografía las suturas en los flancos bien definidas y las terracetas en el cuerpo el deslizamiento. 116

Figura 35. Sector de muestra 1. Entrada desde Puente Nacional. 120

Figura 36. Sector de muestra 2. Sector B ubicado en el Parque Infantil. 121

Figura 37. Sector de muestra 3. Sector D en el Matadero. 121

Figuras 38. Sector de muestra 4. Escuela y Colegio Municipal, Lorenzo de Salazar. 122

Figuras 39. Sector de muestra 4. Escuela y Colegio Municipal, Lorenzo de Salazar. 122

Figura 40. Sector de muestra 5 ubicada en el Sector H en la Calle de Las Trampas. 123

Figura 41. Sector de muestra 5 ubicada en el Sector H en la Calle de Las Trampas. 123

Figura 42. Sector de muestra 6. Vía a Alto Grande, Kilómetro 2. 124

Figura 43. Sector de muestra 5. Carrera 4 Calle de las Trampas. 124

Figura 44. Muestras de los 6 sectores preparadas para los ensayos. 125

Figura 45. Horno para el secado de las muestras. Laboratorio de Suelos, Escuela de Ingeniería Civil – UIS. 127

Figura 46. Implementos para laboratorio de Límites de Atterberg, Escuela de Ingeniería Civil, UIS. 128

Figuras 47 y 48. Muestras lavadas en el tamiz No200. Se observa que los suelos son altamente finos. 130

Figura 49. RO-TAP (para tamizado mecánico) con un Juego de Tamices. 130

Figuras 50 y 51. Procedimientos para el cálculo del Índice de Contracción. 132

Figura 52. Máquina utilizada para medir la presión de expansión. Escuela de Ingeniería Civil, UIS. 134

Figura 53. Consolidómetro donde se realiza el ensayo de Consolidación Unidimensional. 135

Figura 54. Perfil de meteorización para el nivel Kip1 de la Formación Paja. 143

Figura 55 Perfil de meteorización desarrollado sobre el nivel Kip2 de la Formación Paja. 144

Figura 56. Esquema metodológico utilizado para determinar las amenazas naturales. 146

Figura 57. Ambiente grafico de ARCVIEW 3.1 donde se muestra la herramienta para la rasterización de los mapas que contienen las variables geoambientales. 153

Figura 58. Ambiente grafico de ARCVIEW 3.1 donde se muestra la herramienta MAP CALCULATOR para la suma de los mapas raster de peso para la realización del mapa de amenazas.	154
Figura 59. Metodología para caracterización urbana y cálculo de la Vulnerabilidad.	158
Figura 60. Obra Contención parte trasera. Centro salud Sagrado Corazón de Jesús.	161
Figura 61. Muro Costales costado noreste cancha fútbol Colegio Lorenzo de Salazar.	161
Figura 62. Muro en Gavión zona escolar, zona urbana de Jesús Maria.	162
Figura 63. Muro de Contención Calle Las Trampas.	162
Figura 64. Muro de Contención Colegio Lorenzo de Salazar.	163
Figura 65. Muro de Contención Colegio Lorenzo de Salazar.	163
Figura 66. Muro en Gavión y filtros subterráneos. Sector Casa de la Cultura.	164
Figura 67. Muro en Gavión Cancha de Fútbol Colegio Lorenzo de Salazar.	164
Figura 68. Muro en Gavión Cancha de Fútbol Colegio Lorenzo de Salazar. Se observa que cede por la presión del suelo y el agua.	165
Figura 69. Muro en Gavión Cancha de Fútbol Colegio Lorenzo de Salazar. Se observa un empinamiento en el muro debido a la presión que ejercen agua y suelo.	165
Figura 70. Antiguo botadero de basuras. Sector N contiguo a la Iglesia municipal.	170
Figura 71. Problemas en pozos antes de verter sus aguas libremente hacia el chorro Tequendama. Sector Los Pinos detrás del antiguo botadero de basuras.	171
Figura 72. Problemas en pozos antes de verter sus aguas libremente hacia el chorro Tequendama. Sector Los Pinos detrás del antiguo botadero de basuras.	171
Figura 73. Sector N, se observa la formación de grietas en el terreno por donde transitan las aguas servidas sin control antes de llegar al Chorro Tequendama.	172
Figura 74. Estado de algunas válvulas las redes de acueducto ubicadas en el sector de la Muralla, Zona urbana Jesús Maria.	172
Figura 75 Estado de algunos pozos de las redes de alcantarillado los cuales sobre los cuales no hay un mantenimiento para permitir el paso del agua lluvia y permanecen taponados.	173
Figura 76. Aguas de fuentes naturales sin control, Sector A, Barrio La Bomba	173
Figura 77. Aguas de fuentes naturales sin control. Sector Casa de la Cultura.	174
Figura 78. Aguas de fuentes naturales sin control. En la salida vía a Sucre.	174
Figura 79. Ambiente gráfico del software ARCVIEW donde se muestra la forma de	207

rasterizar los mapas mediante la herramienta CONVERT TO GRID.

Figura 80. Ambiente gráfico del software ARCVIEW para hacer operaciones de 209 mapas con la herramienta MAP CALCULATOR.

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Necesidad futura de vivienda en el municipio de Jesús Maria para el año 2011.	4
Cuadro 2. Zonas de Expansión del área urbana del municipio de Jesús Maria, Santander.	11
Cuadro 3. Relación de áreas publicas con el área total de la cabecera municipal y sus zonas de expansión.	12
Cuadro 4. Características principales de estaciones meteorológicas de trabajo.	29
Cuadro 5. Ecuaciones por regresión lineal para el análisis de Temperatura Media Valle del Magdalena Medio Santandereano 1984-2004.	30
Cuadro 6. Datos de Temperatura de la estación de Albania para los años 1984-2004.	31
Cuadro 7. Datos de Temperatura de la estación de Albania y calculados para la cabecera Municipal de Jesús María, Santander.	33
Cuadro 8. Serie de datos de precipitación para el periodo 1984-2004, municipio de Jesús Maria, Santander.	35
Cuadro 9. Volúmenes medios mensuales de precipitación para el municipio de Jesús María, Santander.	36
Cuadro 10. Distribución de áreas construidas y libres de la cabecera municipal de Jesús María, Santander.	39
Cuadro 11. Datos de evapotranspiración para el área urbana de Jesús María, Santander.	41
Cuadro 12. Profundidades de los sectores de muestras tomadas en el área urbana de Jesús María, Santander.	43
Cuadro 13. Datos de precipitación con probabilidad de ocurrencia por distribución estadística Normal.	46
Cuadro 14. Calculo del Balance hídrico con precipitación del 25% de probabilidad de	48

ocurrencia.

Cuadro 15. Calculo del Balance hídrico con precipitación del 50% de probabilidad de ocurrencia.	49
Cuadro 16. Calculo del Balance hídrico con precipitación del 75% de probabilidad de ocurrencia.	50
Cuadro 17. Clasificación de los pisos térmicos para Santander.	54
Cuadro 18 Características de la microcuenca El Mugre en el municipio de Jesús María, Santander.	57
Cuadro 19. Características de la microcuenca El Hato, municipio de Jesús María, Santander.	58
Cuadro 20. Características de las microcuencas hidrográficas de la zona urbana del municipio de Jesús María.	60
Cuadro 21. Clasificación morfométrica de la pendiente según su inclinación.	80
Cuadro 22. Clasificación de la pendiente según su forma.	81
Cuadro 23. Clasificación del origen de las unidades geomorfológicas presentes en la zona de estudio.	82
Cuadro 24. Unidades Morfogénicas presentes en la zona de estudio.	83
Cuadro 25. Tipos de erosión según Van Zuidam.	89
Cuadro 26. Intensidad de las formas de erosión según su espaciamiento según Van Zuidam.	91
Cuadro 27. Procesos Morfodinámicos encontrados en la zona de estudio.	91
Cuadro 28. Relación de los deslizamientos encontrados y sus respectivo tipo, estado y área.	118
Cuadro 29. Sectores de apiques para sondeos de suelo, cabecera municipal Jesús María.	119
Cuadro 30. Total de ensayos realizados para el estudio Geotécnico y de suelos	126
Cuadro 31. Valores de Humedad para las 6 muestras tomadas.	127
Cuadro 32. Clasificación de los suelos del área urbana de Jesús María según Atterberg.	129
Cuadro 33. Clasificación de los suelos del área urbana de Jesús María por la metodología SUCS.	131
Cuadro 34. Resultados del Límite de Contracción para las seis muestras ensayadas.	132

Cuadro 35. Resultados del ensayo de Corte Directo para las seis muestras ensayadas	133
Cuadro 36. Resultados del ensayo de presión de expansión para las seis muestras ensayadas.	135
Cuadro 37. Características de Plasticidad y Cohesión según Atterberg.	138
Cuadro 38. Características ingenieriles de los suelos encontrados en la zona urbana de Jesús María.	138
Cuadro 39. Unidades geotécnicas encontradas en la zona urbana de Jesús María	140
Cuadro 40. Relación de áreas de las unidades geotécnicas encontradas en la zona urbana de Jesús María	145
Cuadro 41. Unidades geotécnicas y sus valoraciones respectivas en el área de trabajo.	148
Cuadro 42. Unidades geomorfológicas y sus valoraciones respectivas en el área de trabajo.	149
Cuadro 43. Inclinação de la pendiente y sus valoraciones respectivas en el área de trabajo.	150
Cuadro 44. Formas de la pendiente y sus variaciones respectivas en el área de trabajo.	151
Cuadro 45. Procesos morfodinámicos y sus respectivas variaciones en el área de trabajo.	151
Cuadro 46. Relación de las amenazas encontradas en la zona de estudio con sus respectivas áreas.	155
Cuadro 47. Inventario de Obras de Contención y Drenaje para la cabecera municipal de Jesús Maria.	160
Cuadro 48. Red de alcantarillado de la cabecera urbana de Jesús Maria.	168
Cuadro 49. Usos predominantes del suelo construido, área urbana de Jesús María.	176
Cuadro 50. Relación entre sistemas estructurales identificados en la cabecera urbana de Jesús María.	177
Cuadro 51. Tipos de cimientos identificados en estructuras urbanas.	177
Cuadro 52. Tipos de cubiertas identificadas en estructuras urbanas.	178
Cuadro 53. Tipos de entrepisos identificados en estructuras urbanas.	178
Cuadro 54. Tipos de daños identificados en las construcciones urbanas.	178

Cuadro 55. Sistemas de recolección de aguas lluvias identificados en estructuras urbanas.	179
Cuadro 56. Reparación de daños anteriores identificados en las estructuras urbanas.	179
Cuadro 57. Morfometría de cada predio urbano.	180
Cuadro 58. Tipos de movimientos detectados en los predios urbanos.	180
Cuadro 59. Porcentajes por edades de los habitantes por predio urbano.	181
Cuadro 60. Sistemas estructurales en materiales locales en el área urbana de Jesús María.	184
Cuadro 61. Tipologías estructurales en el área urbana de Jesús María.	185
Cuadro 62 Grado de afectación de los predios del área urbana del municipio.	187
Cuadro 63. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con el sistema estructural identificado.	193
Cuadro 64. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con los tipos de entrepisos identificados	194
Cuadros 65 y 66. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con los tipos de cubiertas identificados	195
Cuadro 67 Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con los tipos de cimientos identificados.	196
Cuadro 68. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con la fecha de construcción.	196
Cuadro 69. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con el número de pisos.	197
Cuadro 70. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con el proceso constructivo.	198
Cuadro 71. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con los daños en las estructuras.	199
Cuadro 72. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con la reparación de los daños en las estructuras.	200
Cuadro 73. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con la recolección de las aguas lluvias en las estructuras.	201
Cuadro 74. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con el estado de conservación de las estructuras.	202
Cuadro 75. Evaluación de la vulnerabilidad según la ponderación de cada una de las secciones consideradas.	202
Cuadro 76. Rangos de Vulnerabilidad para casco urbano de Jesús Maria.	203

Cuadro 77. Algoritmo utilizado para la obtención de los niveles de riesgo indicativo.	208
Cuadro 78. Rangos de evaluación para Riesgo Indicativo de la zona de estudio con sus respectivas áreas.	210
Cuadro 79. Precio de compra grano de cacao.	213
Cuadro 80. Precio por metro cúbico de filtro francés.	214
Cuadro 81. Precio por metro cúbico de pavimentación con base estabilizada con emulsión asfáltica	214
Cuadro 82. Precio para canales colectores en concreto y en tierra.	215
Cuadro 83. Plan de acción resumen para el municipio de Jesús María.	215

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Temperatura media en la cabecera municipal de Jesús María, Santander.	32
Gráfica 2. Temperatura Promedio Anual (1984-2004) para el municipio de Jesús María.	33
Gráfica 3. Volúmenes de la precipitación mensuales a lo largo del año.	36
Gráfica 4. Precipitación Promedio Anual (1984-2004) para Jesús María.	37
Gráfica 5. Relación anual entre Precipitación 25% de Probabilidad y Evapotranspiración para el área urbana.	48
Gráfica 6. Relación anual entre Precipitación 50% de Probabilidad y Evapotranspiración para el área urbana.	49
Gráfica 7. Relación anual entre Precipitación 75% de Probabilidad y Evapotranspiración para el área urbana.	50
Grafica 8. Curva de compresibilidad, Laboratorio de Consolidación.	136
Graficas de 9 a 12. Resultados del, Laboratorio de Consolidación.	137
Grafica 13. Tipologías de viviendas del casco urbano de Jesús María.	186
Grafica 14. Nivel de daño de las estructuras relacionadas con los efectos de los FRM en el casco urbano de Jesús María.	187
Grafica 15. Grado de afectación de las construcciones del casco urbano de Jesús María.	188
Grafica 16. Variación de la magnitud del fenómeno frente al nivel de daño localizado.	190

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Sistemas estructurales identificados en la zona urbana de Jesús María.	193
Tabla 2. Tipos de Entrepiso identificados en la zona urbana de Jesús María.	194
Tabla 3. Tipos de Cubiertas y soportes identificados en la zona urbana de Jesús María.	195
Tabla 4. Cimientos identificados en la zona urbana de Jesús María.	195
Tabla 5. Fecha de Construcción de estructuras del área urbana de Jesús María.	196
Tabla 6 Numero de pisos de estructuras del área urbana de Jesús María.	197
Tabla 7. Procesos Constructivos utilizados en el área urbana de Jesús María.	198
Tabla 8. Procesos Constructivos utilizados en el área urbana de Jesús María.	199
Tabla 9. Reparación de daños anteriores en las estructuras del área urbana de Jesús María.	200
Tabla 10 Recolección de las aguas lluvias de las estructuras del área urbana de Jesús María.	201
Tabla 11. Estado de Conservación de las estructuras del área urbana de Jesús María.	201

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A** Series de datos de temperatura de la estación de Albania y de precipitación de la estación de Jesús María para el periodo 1984 - 2004 obtenidos del IDEAM.
- ANEXO B** Formatos de resultados de ensayos de laboratorio.
- ANEXO C** Base de datos en Access creada para cabecera municipal de Jesús María, Santander.
- ANEXO D** Manual de campo para inspección de construcciones y su relación con los fenómenos de remoción en masa.
- ANEXO E** Mapas temáticos de la zona urbana y expansión urbana del municipio de Jesús María, Santander.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

AIS	Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica
CAS	Corporación Autónoma Regional de Santander
ECOPETROL	Empresa Colombiana de Petróleos
EOT	Esquema de Ordenamiento Territorial
EPT	Evapotranspiración Potencial
FRM	Fenómenos de remoción en masa
HIMAT	Instituto Hidrológico, Meteorológico y de adecuación de Tierras
IDEAM	Instituto Hidrológico, Meteorológico y Estudios Ambientales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
INGEOMINAS	Instituto Geológico y de Minas
MINERCOL	Empresa Nacional Minera Ltda.
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
UIS	Universidad Industrial de Santander
UNDRO	Oficina Coordinadora de las Naciones Unidas para el Socorro en casos de Desastre

RESUMEN

TITULO: ESTUDIOS DE AMENAZAS POR EROSION Y REMOCION EN MASA, Y VULNERABILIDAD DE LA ZONA URBANA Y DE EXPANISION URBANA DE JESUS MARIA, SANTANDER¹

AUTORES: ANGELICA MARIA CRIADO FLOREZ²
JORGE BAYARDO ROSERO LOMBANA²
JAKSON VELAZQUEZ MUÑOZ³

PALABRAS CLAVES: Amenaza, vulnerabilidad, riesgo, Arcview, formación Paja, fenómenos de remoción en masa

Este estudio realizado en la zona urbana del municipio de Jesús María, departamento de Santander, ubicado sobre la Formación Paja (Kip), tiene la finalidad de evaluar la amenaza a los fenómenos de remoción en masa y la vulnerabilidad de las construcciones urbanas. La metodología utilizada es la suma de mapas temáticos de cada una de las variables analizadas mediante el software ARCVIEW 3.1, las cuales se ponderaron de acuerdo a la importancia en la generación de los procesos erosivos y de remoción en masa.

Se obtuvieron de esta forma, los mapas de amenaza natural y riesgo indicativo. Los sectores con amenaza alta corresponden a zonas donde se encuentran actualmente procesos erosivos y de remoción en masa y se distribuyen a lo largo de toda la zona de estudio. Las zonas de riesgo alto se encuentran en los lugares donde las construcciones están cercanas o incluidas dentro de un fenómeno de remoción en masa.

Los capítulos del 1 al 6 señalan las generalidades y la metodología de la investigación. Los capítulos del 7 al 11 describen el medio físico de la zona estudiada (climatología, topografía, hidrografía, geología, geomorfología); el capítulo 12 hace referencia de la zonificación geotécnica; el capítulo 14 se refiere a la caracterización estructural. Posteriormente, se determina la metodología empleada y la zonificación obtenida de las amenazas, vulnerabilidad y riesgo indicativo (capítulos 13, 15 y 16) y finalmente, en el capítulo 17 se plantean obras de mitigación ante las amenazas encontradas con sus respectivos costos aproximados.

¹ Proyecto de Grado

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Ing. Jaime Suárez Díaz.

³ Facultad de Ingenierías Físico Químicas, Escuela de Geología. Geólogo, Héctor Hernández.

ABSTRACT

TITLE: STUDY OF HAZARDS BY EROSION AND MASS MOVEMENTS, AND VULNERABILITY OF URBAN AND EXPANSION ZONE OF JESUS MARIA SANTANDER¹

AUTHORS: ANGELICA MARIA CRIADO FLOREZ²
JORGE BAYARDO ROSERO LOMBANA²
JAKSON VELAZQUEZ MUÑOZ³

KEY WORDS: Hazards, Vulnerability, risk, Paja Formation, Arcview, erosion, mass movements.

The urban zone of municipality of Jesus Maria localized in the Santander Department on the Paja Formation was studied with the main purpose of evaluate the hazards to the mass movement phenomena and the vulnerability of buildings. The methodology employed was the sum of thematic maps of each one of analyzed variables in the study. The assignment of weight to each one of variables employed in the study was done according to the importance in the generation of erosive process and mass movement. The maps sum was done in the ARCVIEW software.

Of this way were got the hazards and indicative risk maps. The high hazards places are in the zones of active erosive and mass movement process and are localized over every study area. The high risk zone is in the places where buildings near or includes in a mass movement

The chapters 1 to 6 outline the methodology; in the chapters 7 to 11 was done the characterization of environment. (climatology, geology, and geomorphology), in the chapter 12 was done the geotechnical mapping, the chapter 14 given the reference of buildings, the chapters 13, 15 and 16 are about of hazards, vulnerability and indicative risk. The final chapter (17) is about of mitigation and contention works with your respective costs.

¹ Undergrade Project

² Universidad Industrial de Santander, Physical-Mechanical Engineering Faculty, Civil Engineering Director: Ing. Jaime Suárez Díaz.

³ Universidad Industrial de Santander, Physical-Chemical Engineering Faculty, Geology. Director: Geol. Hector Hernandez Osses.

INTRODUCCION

Los fenómenos de remoción en masa son una de las causas mas frecuentes de desastres en Colombia, afectando continuamente poblaciones, vías, acueductos y demás obras de infraestructura. A pesar de los estudios que se han dado en este campo, los costos de los daños que dejan este tipo de desastres se desconocen realmente.

En municipios como Jesús María la definición de medidas adecuadas para prevenir los efectos negativos y reducir las perdidas ocasionadas por los fenómenos de remoción en masa requieren el conocimiento de las características ambientales como físicas de la zona que se han caracterizado por ser áreas frágiles, deterioradas y propensas a procesos como erosión, reptación y deslizamientos.

Se pretende entonces, con el desarrollo de la investigación, evaluar la magnitud e intensidad que presentan los procesos morfodinámicos sobre el casco urbano de Jesús María identificando la distribución de la amenaza natural, la vulnerabilidad de las estructuras y zonificando el área urbana según los niveles de riesgo indicativo que afectan directamente aspectos relacionados con las vidas humanas y la economía local.

Para ello se inicio con la ubicación y descripción del problema presentado (Capítulos 1, 2 y 3) de acuerdo a las implicaciones legales que justifican la investigación (Capítulos 4 y 5), de esta forma se eligió la metodología más adecuada para el análisis de la problemática (Capítulo 6) y el estudio factores intrínsecos y detonantes que contribuyen a la generación y/o activación de fenómenos de remoción en masa como es la precipitación, la temperatura (Capítulos 7).

Estos factores se relacionan directamente con las variables geoambientales propias del área (Capítulos 8 al 12) para definir los grados de amenaza entendiéndose esta como *la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente perjudicial en un área y un periodo específico* (Capítulo 13) se pondero cada una de las variables anteriormente

mencionadas y se integraron por medio de la herramienta informática ARCVIEW 3.1 generando un mapa de amenazas con la finalidad de facilitar la planeación territorial.

En este sentido y con el fin de evaluar y plantear los escenarios de riesgos considerados como el *porcentaje de pérdidas socio-económicas en un periodo y un área específica* se realizó un estudio de las construcciones existentes en el casco urbano (Capítulo 14) en el que se describió e identificó cada uno de los elementos estructurales y los daños que puedan presentarse de acuerdo a sus causas. La relación de estos problemas con el grado de afectación de los procesos morfodinámicos estudiados permitió producir el mapa de vulnerabilidad relativa (Capítulo 15) entendiéndose como *la probabilidad de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos como resultado de un fenómeno natural*. Esta evaluación se realizó por medio de la ponderación de cada uno de los factores generadores de daño que se consideraron en la caracterización estructural.

La integración de los mapas de amenazas naturales y vulnerabilidad relativa permitieron zonificar los escenarios de riesgo consignados en un mapa (Capítulo 16) que permitirá evaluar la factibilidad de realizar proyectos urbanísticos de expansión, o dado el caso negativo buscar otra alternativa de menor riesgo para el desarrollo integral de la población urbana.

Finalmente, en el Capítulo 17 se hace un planteamiento general de obras geotécnicas y civiles de mitigación con sus respectivos costos aproximados que controlen los daños causados por los efectos de los procesos morfodinámicos localizados en el área urbana de Jesús María.

1. ANTECEDENTES

De acuerdo con lo establecido en los artículos 2º y 311 de la Constitución Política de Colombia, todo municipio, como ente territorial, debe promover el desarrollo de la comunidad, asegurando el derecho a la vida, salud, educación, deporte, cultura, vivienda, a la libertad de cultos y en general a gozar del bienestar común.

Con la expedición de la Ley 388 de 1997, se ha creado un instrumento de planificación, para que el municipio cumpla sus funciones a través de un conjunto de acciones político – administrativas y de planificación física concertadas, que orienten el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico, teniendo en cuenta las normas relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales.

Todas las estrategias y políticas territoriales para la ocupación y aprovechamiento del suelo municipal, están especificadas en los Planes de Ordenamiento Territorial. El municipio de Jesús María cuenta con una población inferior a los treinta mil (30.000) habitantes, por tanto adoptó el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) en términos de lo establecido en el artículo 23 de la Ley 388 de 1997 y demás normas concordantes.

Con ello será posible la transformación y progreso del territorio municipal, a partir de procesos de planificación territorial con la participación de la sociedad civil, para administrar en forma adecuada y racional la ocupación y uso del territorio, y además prevenir los impactos generados por las situaciones de orden natural que afectan la preservación de la oferta ambiental y la oportunidad de implementar todo el potencial que caracteriza a la región.

En este aspecto, la Corporación Autónoma Regional de Santander aprobó el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Jesús María haciendo énfasis en la ejecución de acciones que permitan dar solución a la problemática relacionada con la geoinestabilidad, cuyo desarrollo estará sujeto a la elaboración de estudios geotécnicos correspondientes, los cuales deben incluir las áreas urbanas y los suelos de expansión propuestos.

En estas zonas no es posible adelantar procesos de ocupación y construcción, manteniéndose la disposición referente a la imposibilidad de expedición de licencias contenidas en la Ley 388 de 1997, hasta tanto se defina la situación de tales áreas. La gestión del Alcaldía Municipal es primordial para coordinar con el Comité Departamental de Atención y Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobierno Departamental, las acciones que determinen cuales son las zonas del casco urbano que se encuentran en alto riesgo y definir las estrategias que sea necesario implementar¹

En este contexto, la problemática presentada corresponde a las posibles áreas de desarrollo urbano que son adyacentes al perímetro urbano, afectadas por el asentamiento urbano en un área geológicamente inestable, el desarrollo urbanístico espontáneo, sin normativa y la falta de previsión en el desarrollo de proyectos, entre otros.

CONSTRUCCION DE NUEVAS VIVIENDAS AL 2011		
ITEM	VARIABLES	Nº VIVIENDAS
1	Índice de viviendas por crecimiento poblacional al 2011	18
2	Hogares con Hacinamiento al 2003	6
3	Hogares con capacidad de pago estimada de los 57 potenciales demandantes arrendatarios al 2003 (el 40%)	23
TOTAL	Viviendas que se necesita construir al 2011 según el EOT	$\Sigma = 47$

Cuadro 1. Necesidad futura de vivienda en el municipio de Jesús María para el año 2011.

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de Jesús María, 2003.

¹ Resolución 001414 del 24 de junio de 2003, expedida por la CAS.

De acuerdo con los resultados del censo de población realizado en 1993, ilustrado en el Cuadro 1, el municipio tenía necesidad de construir nuevas viviendas en el horizonte de los próximos nueve años (2011). Con base en estos datos, la propuesta actualmente es de 15 viviendas a corto plazo, 15 a mediano plazo y 17 a largo plazo; sin embargo, el municipio no cuenta con recursos suficientes para desarrollar proyectos de vivienda que beneficien la población necesitada.

Por esta razón es importante estudiar la problemática de las zonas existentes y con posibilidades de expansión del municipio, ya que es hacia esos sectores, donde este número de viviendas en un futuro serán construidas, aspecto importante para la planificación del municipio, y la posibilidad de beneficiar a la población logrando su desarrollo integral.

2. GENERALIDADES

2.1. LOCALIZACION

El municipio de Jesús María pertenece a la provincia de Vélez, fue fundado como tal en el año de 1887 por el Gobernador del Departamento de Santander, Dr. Alejandro Peña Solano y se encuentra ubicado entre las coordenadas planas: X = 1.133.000N a la X = 1.145.000N y Y = 1.022.000E a la Y = 1.037.000E.



Figura 1. El municipio de Jesús María en el departamento de Santander

Fuente: Autores 2005

Territorialmente limita por el norte con el municipio de Sucre, por el Oriente con municipios de Guavatá y Puente Nacional, por el Occidente con los municipios de Florián y la Belleza y por el Sur con el municipio de Albania. Dista de Bucaramanga a 262 Km. y desde Puente Nacional a 36 Km.



Figura 2. División Político-Administrativa del Municipio de Jesús María

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial, municipio Jesús María, Santander 2003

Tiene una población de 3.337 habitantes según la proyección DANE al año 2005; posee una extensión territorial de 7.247,97 hectáreas equivalentes a 72,47Km² y está conformado por su cabecera municipal y doce (12) veredas con un total de 1.557 predios (ver figura 2), reconocidas socialmente por la comunidad, no obstante en la información estadística oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC únicamente se registran ocho (8) veredas.

2.2. CABECERA MUNICIPAL

El casco urbano del municipio de Jesús María se encuentra ubicado a una altura de 1.890 metros sobre el nivel del mar, localizado geográficamente al nororiente del municipio a 5°53 Latitud Norte y 73°47' de Longitud al Oeste con respecto al meridiano de Greenwich, tiene una extensión de 12,96 hectáreas, equivalentes aproximadamente a 13000m², una temperatura promedio de 17.4 °C y una población de 819 habitantes según proyección del DANE para el año 2005; esta conformado por 229 predios en el perímetro urbano organizados en 16 manzanas distribuidas en los sectores Cogollo, Los Pinos, Libertad, Primavera, La Muralla, Las Rosas, La Bomba.

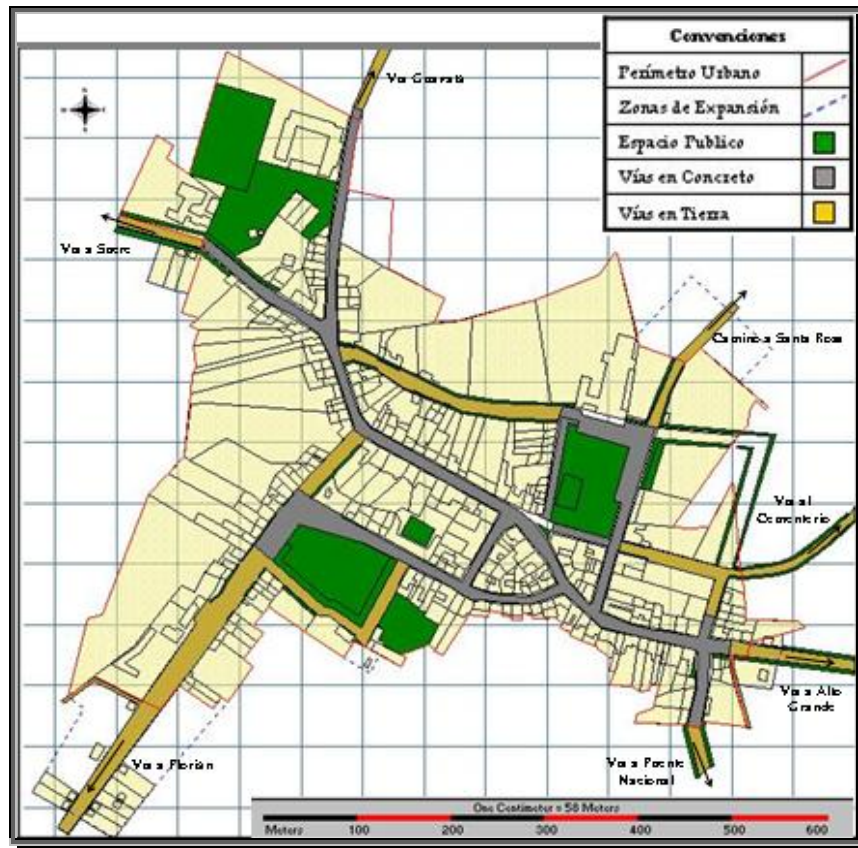


Figura 3. Cabecera Urbana y área de expansión. Municipio de Jesús María.

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial, Municipio de Jesús María, 2003.

Se encuentra acotado por el perímetro sanitario activo, el cual corresponde a la línea que determina la prestación de los servicios públicos (demarcado con rojo en la Figura 3) y el suelo de expansión urbana corresponde a 0.59 hectáreas o 5.900 m² el cual, por sus características, presenta potencial para ser habitado para uso urbano (zonas delineadas en azul en la Figura 3).

2.3. DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA ZONA URBANA



Figura 4. Panorámica de la cabecera municipal de Jesús María.

Fuente: Autores de la investigación. 2005

La zona urbana de Jesús María obedece a un desarrollo espontáneo a lo largo de las vías de conectividad regional (Puente Nacional, Sucre y Florián) compuesta por manzanas de forma irregular y de áreas variables que están conformadas en total por 229 predios, de los cuales 218 son edificados y 11 son lotes. El uso de la vivienda urbana en la localidad es variado; según los estudios realizados, del total de predios un 83.84% corresponde a uso residencial de los cuales un 36.98% utilizan parte de su área para fines comerciales.

Los procesos constructivos y las tipologías de las viviendas son diferentes dependiendo del año de construcción y el tipo de material utilizado, aunque en general, se diferencian elementos representativos de la arquitectura colonial, de uso republicano y de arquitectura popular. Las edificaciones se distinguen por tener variedad de alturas, encontrando que un 53.28% de las viviendas urbanas son de un piso, el 34.93% de dos pisos y solo el

6.99%.de tres pisos teniendo en cuenta que los lotes en el área urbana corresponden al 4.80% del total.

El municipio actualmente cuenta con dos infraestructuras físicas para la prestación de los servicios de salud. La primera es el Centro de Salud “Sagrado Corazón de Jesús”, ubicado en la cabecera municipal; al no encontrarse descentralizado, depende del Hospital de Puente Nacional. Por las condiciones de infraestructura las hospitalizaciones, partos y observación son atendidos en la Empresa Promotora de Salud de Puente Nacional. La segunda infraestructura es el Puesto de Salud ubicado en la vereda Agua Fría el cual no se encuentra en funcionamiento.

El Centro de Salud “Sagrado Corazón de Jesús” fue construido en 1997 y dado en servicio en el mes de diciembre del mismo año, sin embargo, presentó fallas graves en su estructura, y desde el año 2001 no presta el servicio de hospitalización. La administración municipal adelantó los estudios para la construcción de la nueva planta física del Centro de Salud, haciendo uso del espacio destinado al funcionamiento del polideportivo; los estudios comprenden los análisis geotécnicos y recomendaciones técnicas para el manejo estructural, diseños arquitectónicos, estructurales y de presupuesto².

Las zonas disponibles como suelo de expansión abarcan 0.59 hectáreas que se dividen en tres sectores diferentes según el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio conforme se ilustra a continuación en el Cuadro 2.

Respecto a la red vial, el municipio cuenta con 109,6 Km. con capa de rodadura en tierra, de los cuales 2390 metros lineales corresponden al área urbana, la cual presenta notoria variedad y heterogeneidad en el tamaño y forma según las manzanas urbanas actuales, esto impacta de manera negativa en la regularidad del sistema. De los 2390 metros lineales de malla vial urbana, el 65.89% (1575 m) están pavimentados en losas de concreto o pavimento rígido, y el 34.10% restante, es decir, 815 metros lineales, son vías destapadas con superficie de rodadura en material granular³.

²Informe geotécnico de la firma Ingeniería de Suelos Ltda., año 2002.

³MOJICA Rodríguez, Edgar y otros. División de Asesoría y Estudios Especializados UIS. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Jesús María Santander. 2003.

Debido a los problemas de carácter natural, las líneas vitales en el casco urbano como redes eléctricas, acueducto y alcantarillado se encuentran afectadas notoriamente, además, las fuentes hídricas presentan un taponamiento o represamiento que, a pesar de poseer bajos caudales afecta las líneas de conducción de acueductos veredales. Esto ha desvalorizado los predios aledaños al sitio de su ocurrencia, creando un impacto psicológico en los habitantes de la zona ante la posible presencia de eventos similares o a la reactivación en otros sectores.

ZONA	UBICACION	USO	AREA
1	Localizada sobre la Carrera 6ª vía a Alto Grande	Con énfasis en vivienda de interés social	Comprende un área de 0.1679 Hectáreas (1.679m ²)
2	Ubicada en el eje de la prolongación de la calle 3ª entre carreras 5ª y 4ª	Con énfasis en vivienda de interés social	Cuenta con un área de 0,1140 hectáreas (1.140m ²)
3	Es la prolongación de la calle 5 A al sur	Con énfasis en vivienda de interés social	Dispone de un área de 0,3100 hectáreas (3.100m ²)

Cuadro 2. Zonas de Expansión del área urbana del municipio de Jesús María, Santander.

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Jesús María, información actualizada 2005.

El mal manejo de las aguas residuales y disposición de basuras provenientes de las viviendas localizadas en sectores de laderas, es un factor que genera inestabilidad en el terreno debido a la mala filtración y drenaje sobre suelos arcillosos desprotegidos. Estos procesos facilitan la formación de escorrentía superficial que activa la acción de los fenómenos de remoción en masa FRM.

Los espacios públicos y las áreas libres destinadas para el esparcimiento y la recreación son una necesidad para el uso y disfrute de los pobladores, la cabecera urbana del municipio de Jesús María cuenta para este fin con cinco escenarios que corresponden al Parque Principal, Parque la Muralla, Parque de juegos infantiles, Cancha Múltiple, la Casa de la Cultura y la Unidad Deportiva ubicada en el Colegio Integrado Lorenzo de Salazar.

Todas las actividades de orden social se llevan a cabo, a pesar del reducido y disperso espacio público que según el Cuadro 3 comprende el 8% del área total de la cabecera urbana y sus zonas de expansión, aproximadamente dos (2) hectáreas las cuales no permiten la expansión de las fiestas culturales, ni la capacidad de conglomerar a los habitantes de las zonas aledañas que también disfrutan de las actividades culturales de la región. Es importante que exista reconocimiento social sobre el centro urbano, por ser el sitio de encuentro de diversas manifestaciones desarrolladas a través de las entidades municipales destacándose especialmente el Torbellino Versiado y el Festival del Moño como evento Nacional y otras fiestas que buscan conservar el patrimonio cultural histórico municipal.

SECTOR PUBLICO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
Parque Principal	0.288	26,59%
Polideportivo	0.039	3,6%
Parque La Muralla	0.007	0,6%
Parque de Juegos Infantiles	0.183	16,8%
Cancha Múltiple	0.038	4,3%
Casa de la Cultura	0.047	37,5%
Unid Deportiva Colegio Lorenzo de Salazar	0.407	3,4%
Plazoleta	0.027	2,5%
Tarima	0.011	0,9%
Parque Calle del Boquerón	0.037	3,4%
TOTAL AREA PUBLICA	1.085	100%
ÁREA DE OCUPACION PUBLICA CON RESPECTO AL ÁREA URBANA Y DE EXPANSION (13.55 Ha)		8.00%

*Cuadro 3. Relación de áreas públicas con el área total de la cabecera municipal y sus zonas de expansión
Fuente: Autores de la investigación, 2005.*

3. PROBLEMÁTICA EN EL MUNICIPIO DE JESUS MARIA

En el Municipio de Jesús María se presentan problemas causados principalmente por aspectos de orden natural y antrópico. Entre las causas de orden natural se encuentran las fuertes pendientes de los sectores periféricos al área urbana, la incompetencia de los materiales (blandos y duros) que componen los suelos del casco urbano del municipio y que constituyen la unidad de roca denominada Formación Paja (Kip), la composición de suelos arcillosos mal drenados y alto nivel freático, y las fuertes precipitaciones que afectan la zona. Adicionalmente, las causas de orden antrópico se identifican por el inadecuado uso del suelo, evidenciado por el intenso desarrollo de cultivos, la tala de árboles y la ausencia de vegetación en las laderas, unidos al mal manejo de las aguas residuales y disposición de basuras provenientes de las viviendas localizadas en sectores de laderas y la mala filtración y drenaje sobre suelos arcillosos desprotegidos.

En lo relacionado con la situación del municipio, los equipamientos estructurales destinados a la prestación de servicios sociales, asistenciales, culturales, administrativos, económicos entre otros, se han realizado sin la aplicación de normas sismorresistentes en áreas que presentan inestabilidad del terreno, causando deterioro progresivo de calles, viviendas y demás construcciones del casco urbano.

De acuerdo con el EOT⁴, estos problemas se encuentran directamente relacionados con los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) los cuales se definen como todos aquellos procesos que indican el desplazamiento de las formaciones superficiales y material litológico sobre pendientes topográficas, bajo la acción combinada de la gravedad y de la saturación de agua. En el municipio se detectaron dos tipos de susceptibilidad de amenaza por remoción en masa, Alto (SA - RM) y Medio (SM - RM) conjugados con fenómenos de deslizamientos y terracetos (ver Figura 5). Estos problemas no son recientes y se presentan, como se describió anteriormente, por las condiciones

⁴ MOJICA Rodríguez, Edgar y otros. División de Asesoría y Estudios Especializados UIS. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Jesús María Santander. 2003.

topográficas de la zona, activadas por fuertes precipitaciones entre otros factores que han ocasionado la afectación de las viviendas y demás construcciones.

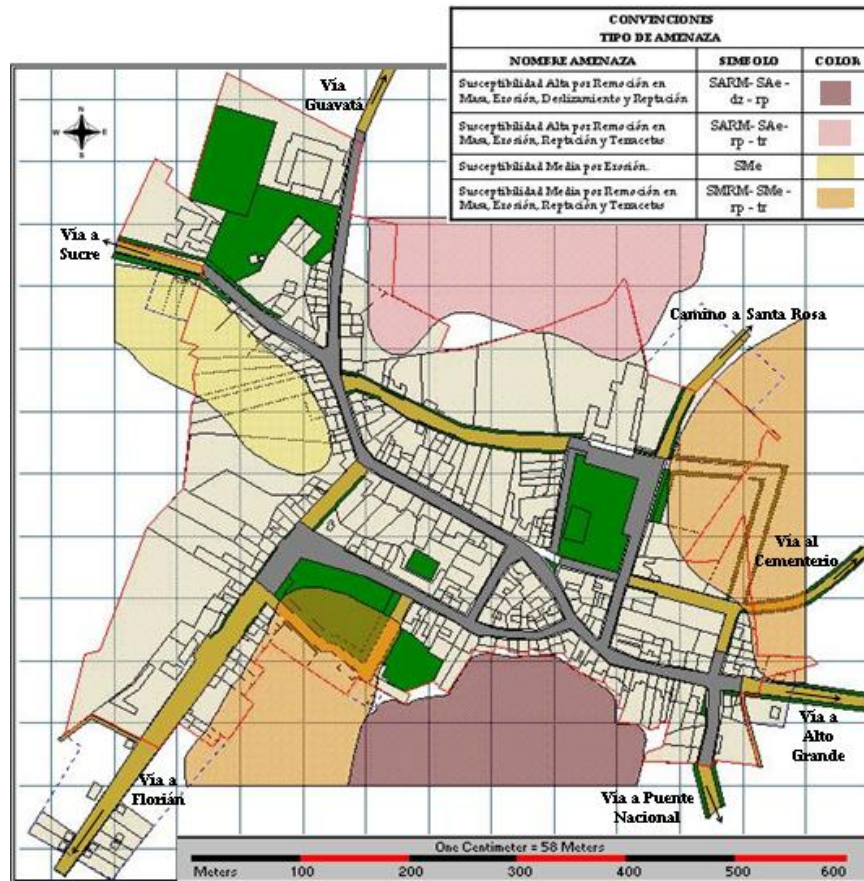


Figura 5. Zonas de Susceptibilidad de Amenaza, área urbana de Jesús María, Santander.

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial, municipio de Jesús María. 2003

Debido a la composición litológica y unidad geomorfológica característica del área urbana, existen algunos hechos históricos que documentan la magnitud y la naturaleza del problema, entre los que se encuentran, la afectación de viviendas que presentan agrietamientos y fallas estructurales principalmente hacia los sectores periféricos Sur y N-E poniendo en alto riesgo vidas humanas, la afectación de la vía denominada Calle de las Trampas que comunica a la diagonal 4ª con el parque principal, y la caída del Centro de Salud del municipio después de una fuerte precipitación. Por esta razón, deberán realizarse prioritariamente seguimientos en las edificaciones urbanas con el fin de evaluar

el grado de avance de los fenómenos o, por lo contrario, determinar que éstos no han continuado.

El municipio de Jesús María se encuentra localizado en una zona de amenaza sísmica INTERMEDIA⁵ constituyéndose en otro factor detonante para la situación de evidente riesgo que enfrenta la población. Cada zona según las condiciones del terreno tiene un coeficiente de aceleración, dada la susceptibilidad de riesgo sísmico; para el ente territorial, las estructuras de las edificaciones son susceptibles ante el evento de las ondas sísmicas en un rango de 0.04 de aceleración para daño y 0.20 de aceleración para diseño⁶ especialmente por las características de los materiales y los sistemas estructurales de construcción utilizados, lo que indica que entre más alto sea el coeficiente de aceleración, más alta será la susceptibilidad del terreno a la amenaza sísmica y más posibilidades tendrán las estructuras de las edificaciones de ser vulnerables ante el evento de las ondas sísmicas.

La interpretación de la ocurrencia futura de la situación planteada requiere la comprensión detallada de las condiciones y procesos que controlan los fenómenos de remoción en masa y/o deslizamientos que se presentan en la zona.

Los factores como la naturaleza de las rocas, la inclinación de las pendientes, los fenómenos particulares que ha presentado la zona (intervención antrópica por ejemplo) y el componente hidrológico (distribución espacial y temporal del nivel freático) constituyen los elementos necesarios mínimos para evaluar el problema.

El INGEOMINAS ha realizado estudios geológicos sobre la cabecera del municipio desde 1978, los cuales se encuentran a una escala 1:100.000. Adicional a esto, según referencia el EOT, existen planos de la zona rural del municipio a escala 1:25000 y del mapa de susceptibilidad a amenazas preliminar a escala 1:25000, sin embargo, no existe un mapa geológico de la zona urbana ni mapas de amenazas geológicas a escala 1:2000.

⁵ Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (Normas Colombianas de diseño y construcción Sismo Resistente NSR-98) estudios realizados para la determinación del grado de susceptibilidad de amenaza sísmica de las diferentes regiones del país. (Tabla 13).

⁶ Normas colombianas de diseño y construcción Sismo Resistente, NSR-98.

4. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

4.1. NACIONAL

Constitución Política de Colombia de 1991

Título I, Artículo 2 se establecen como fines del Estado servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución; facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación.

Título I, Artículo 79 referente al derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano en el Estado proteja la diversidad e integridad del medio ambiente y conservando las áreas de especial importancia ecológica.

Título XI, Artículo 311 hace referencia a la organización territorial, específicamente en el Régimen Municipal ya que el municipio como entidad fundamental de la división político – administrativa del Estado le corresponde prestar los servicios públicos que determine la ley, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo del territorio, promover la participación comunitaria, el mejoramiento social y cultural de sus habitantes

Título XII, Artículo 339 inciso 2º dispone que las entidades territoriales elaborarán y adoptarán de manera concertada entre ellas y el Gobierno Nacional, planes de desarrollo con el objeto de asegurar el uso eficiente de sus recursos y el desempeño adecuado de las funciones que les hayan sido asignadas por la Constitución y la Ley.

Ley 99 de 1993

Artículo 63 hace referencia a los Principios Normativos Generales en los cuales se legitime el derecho a asegurar el interés colectivo de un medio ambiente sano y

adecuadamente protegido, y garantizar el manejo armónico y la integridad del patrimonio natural regional y nacional. Los municipios, ejercerán sus funciones constitucionales y legales relacionadas con el medio ambiente físico y biótico del patrimonio natural de la Nación con el fin de manejarlos unificada, racional y coherentemente.

Título 1, Artículo 1, numeral 9 hace referencia a la importancia de la prevención de desastres por ser de interés colectivo y porque deben tomarse medidas para mitigar sus efectos nocivos.

Artículo 65 enuncia dentro de las funciones de los municipios la promoción, cofinanciación y ejecución de programas y políticas relacionadas con el control y la vigilancia del medio ambiente dentro de los límites establecidos por la ley, en el que se dicten reglamentos y disposiciones sobre normas de ordenamiento territorial del municipio y las regulaciones sobre usos del suelo para poder ejecutar obras y proyectos de recuperación de tierras, irrigación, drenaje, descontaminación de corrientes o depósitos de agua, defensa contra las inundaciones y regulación de cauces, entre otros.

Ley 388 de 1997

Capítulo 1, Artículo 1 numeral 2 hace referencia al establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de acciones urbanísticas eficientes.

Capítulo 1, Artículo 1 numeral 3 se garantiza que la utilización del suelo por parte de sus propietarios, se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y defensa del espacio público, así como por la protección de los recursos naturales renovables y la prevención de desastres.

Capítulo 1, Artículo 3 por el cual se presenta la función pública del urbanismo para el cumplimiento de fines como: la posibilidad, por parte de los habitantes, al acceso de espacios públicos haciendo efectivos los derechos a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios; a atender los procesos de cambio en el uso del suelo y adecuarlo en aras del interés común; propender por el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades, beneficios, la preservación del patrimonio cultural y mejorar la seguridad de los asentamientos ante riesgos naturales.

Capítulo II, Artículo 7 de acuerdo con las competencias legales de cada entidad, el ordenamiento del territorio debe plasmarse a nivel municipal, mediante el plan de ordenamiento territorial contemplado en la Ley; en el que deberá especificar el uso del suelo en áreas urbanas y de expansión, de acuerdo con las políticas nacionales y los planes departamentales.

Capítulo II, Artículo 17 por el cual se determina el uso del esquema de ordenamiento territorial, cuando el municipio tiene una población inferior a los 30000 habitantes, el cual debe contener estrategias a largo y mediano plazo para la ocupación y aprovechamiento del suelo, la determinación de las zonas de amenazas y riesgos naturales y las medidas de protección, las zonas de conservación y protección de los recursos naturales y ambientales y las normas urbanísticas requeridas para las actuaciones de parcelación, urbanización y construcción.

Artículo 20 en el que se reglamenta la obligatoriedad de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), ya que no podrán otorgarse licencias urbanísticas hasta que dicho Plan no sea adoptado. De igual forma, ningún agente público o privado podrá realizar actuaciones urbanísticas que no se consideren dentro de los contenidos de los POT.

Ley 373 de 1997

El **Artículo 1** y en general la norma, se refiere a la importancia de incorporar en todo plan ambiental regional y municipal, obligatoriamente un programa para el uso eficiente y el ahorro del agua, comprendiendo en éste, el conjunto de proyectos y acciones que deben

elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje y demás usuarios del recurso hídrico.

Decreto 879 de 1998

Capítulo III, Artículo 10 en el cual se especifican los componentes y contenidos de los planes de ordenamiento en lo que corresponde a la administración, localización y dimensionamiento del suelo urbano y de expansión, que permitan planear la infraestructura necesaria para los sistemas viales y servicios públicos que requiera la población. Se deben determinar áreas morfológicas homogéneas que definan características claves en cuanto a las topologías de edificación, además de elaborar estrategias de crecimiento y reordenamiento de la ciudad, comprendiendo los mecanismos para la reubicación de los asentamientos en zonas de alto riesgo.

Decreto 1504 de 1998

Complementando la ley 388 de 1997, este decreto reglamenta el manejo del espacio público en los planes de ordenamiento territorial, teniendo en cuenta que es deber del Estado, velar por la protección de la integridad del espacio público, considerando áreas naturales intervenidas o no, elementos artificiales o construidos, teniendo en cuenta que el municipio es el responsable de la planeación, diseño, construcción, mantenimiento, conservación, restitución, financiación y regularización del espacio público.

Decreto 1507 de 1998

En este decreto se reglamentan disposiciones referentes a planes parciales a manera de instrumento, que se desarrollan y complementan con las disposiciones de los planes de ordenamiento territorial para áreas urbana y de expansión por medio de unidades de actuación urbanística, que delimitan y destinan un área conformada por uno o varios inmuebles para que cumpla fines y usos públicos.

4.2. DEPARTAMENTAL

Resolución 1414 de 2003

Esta Resolución fue expedida por la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, por la cual se declara Concertado y Aprobado el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Jesús María. En este documento se hacen observaciones en aspectos relacionados con el componente físico-biológico, clasificación del suelo, cartografía, servicios públicos domiciliarios y áreas expuestas a amenazas y riesgos de la cabecera municipal, los cuales deberán ser ajustados y aclarados con el fin de completar la información del EOT aprobado.

Dentro de lo resuelto por la CAS, el **Artículo Quinto** justifica la ejecución del presente proyecto, ya que se solicita la elaboración de estudios geotécnicos que abarquen el desarrollo de las áreas representadas en la cartografía urbana y correspondientes a zonas con susceptibilidad de amenaza media por erosión y remoción en masa, conjugada con reptación y terracetos, incluyendo áreas o suelos de expansión propuestos en el esquema de ordenamiento territorial.

Ordenanza 014 de junio 15 de 2000

Por la cual se adopta para el Departamento de Santander los lineamientos y directrices para el ordenamiento territorial en varias partes que contengan el Marco Constitucional, Legal, Institucional y Conceptual así como, la organización interinstitucional, la visión prospectiva de Santander al año 2015 y demás directrices y lineamientos específicos.

4.3. MUNICIPAL

Acuerdo No. 026 de diciembre 10 de 2003

Por el cual el municipio de Jesús María adopta el Esquema de Ordenamiento Territorial.

5. JUSTIFICACIÓN

Debe entenderse que los fenómenos de inestabilidad son procesos que tienen una alta probabilidad de volver a ocurrir, debido a que son inherentes a la naturaleza del terreno y a las condiciones ambientales presentes en él. Además, la intervención del hombre introduce un factor adicional, permitiendo la pérdida de cobertura vegetal por el uso inadecuado del suelo, situaciones que, si no tienen un carácter planificado, por lo general, resultan acelerando este tipo de eventos que son desfavorables para el desarrollo socioeconómico de la región.

La interpretación de la ocurrencia de futuros desastres naturales en una zona, requiere de la comprensión de las condiciones y los procesos de orden natural que los rigen, para cuantificarlos y poder así controlar sus efectos. Por esta razón, se resalta la importancia de consignar esta problemática en un mapa de amenazas naturales, cuya elaboración se justifica además, porque constituirá la base para un estudio de vulnerabilidad de la infraestructura física, logrando de esta forma obtener una valiosa herramienta para la planificación de obras civiles y medidas correctivas necesarias que permitan mitigar este tipo de amenazas.

Para realizar una evaluación confiable de la susceptibilidad de los deslizamientos, la escala apropiada es 1:1000 por ser la más viable para los fines propuestos y las condiciones económicas propias del municipio, por lo que se debe contar con una cartografía a una escala adecuada con la extensión del casco urbano y una caracterización morfodinámica, morfométrica y geológica que identifique finalmente las amenazas que afectan a la región.

Partiendo de esta base, es necesario formular estrategias de acuerdo con los requerimientos del municipio, relacionados también con su impacto ambiental, funcionalidad y accesibilidad que permitan el desarrollo, crecimiento y reordenamiento de

la localidad, comprendiendo para casos críticos eventuales, mecanismos para la reubicación de los asentamientos en zonas de alto riesgo.

Una de estas estrategias corresponde a la clasificación del territorio del suelo urbano y de expansión urbana por medio de la cual se alcance un grado de conocimiento de las amenazas naturales y la vulnerabilidad de la zona especialmente en el área de infraestructura física, las cuales permiten determinar zonas de alto riesgo para la ubicación de asentamientos humanos.

Esta situación valida la aplicación certera de mecanismos de control, que permitan al municipio diseñar adecuadamente planes de desarrollo en lo referente a temas viales, de transporte, vivienda de interés social, planes maestros de servicios públicos, de manejo del espacio público, entre otros, los cuales propendan con su implementación, a la satisfacción de las necesidades básicas de la comunidad.

6. MARCO METODOLOGICO

6.1. IDENTIFICACIÓN

En el municipio de Jesús María, los problemas causados por la acción de fenómenos de remoción en masa han sido una constante, debido a la presencia de rocas arcillosas del Cretácico (Formaciones Paja) que se caracterizan por ser altamente impermeables. Además, las geoformas de topografía fuerte existentes y los suelos superficiales sobre los que se encuentra ubicada la cabecera municipal, aceleran procesos erosivos, que se ven afectados adicionalmente por las fuertes avenidas que se forman en épocas de lluvias, en donde las construcciones civiles son las mas afectadas, convirtiéndose éste en uno de los mayores obstáculos para el desarrollo municipal.

6.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Se han identificado las fuentes de información en fotografías aéreas, planchas topográficas y geológicas disponibles a escalas 1:10000 y 1:25000 respectivamente, investigaciones realizadas sobre los problemas de interés por parte del municipio en su Esquema de Ordenamiento Territorial y de entidades públicas como el INGEOMINAS y la Oficina de Atención y Prevención de Desastres de la Gobernación de Santander.

Esta investigación es la etapa posterior de una serie de estudios preliminares realizados por la Universidad Industrial de Santander en la División de Asesorías y Servicios Especializados, en conjunto con el Municipio de Jesús María, plasmados en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio. En este, existen mapas base que a nivel general, caracterizan la zona urbana e identifican los sectores dependiendo del grado alto, medio y bajo según la susceptibilidad de amenazas.

La metodología utilizada en esta oportunidad consiste en una recopilación bibliográfica, análisis de estudios realizados en la provincia de Vélez, interpretación de pares

estereoscópicos de fotografías aéreas del municipio de Jesús María, además, parte de la determinación y ubicación de las unidades litológicas, geomorfológicas y procesos morfodinámicos, se basa en la manipulación de información secundaria generada principalmente por entidades afines tales como la CAS, ECOPETROL, el IDEAM, el IGAC, INGEOMINAS, el HIMAT, MINERCOL y la UIS.

6.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La precisión y la objetividad del cálculo de la amenaza y la vulnerabilidad de la zona en estudio, dependen en gran parte, del método empleado para su evaluación y zonificación en una cartografía adecuada.

Las condiciones y los antecedentes existentes en la zona de estudio requieren de la aplicación de un método de tipo Explícito Empírico⁷ para estimar cuantitativamente la posibilidad de ocurrencia de movimientos en masa. Esta metodología analiza los parámetros detonantes que intervienen en estos procesos y los combina mediante el uso de puntajes ponderados dados por la asignación de valores a los componentes de cada factor para indicar el grado de contribución a la inestabilidad del terreno.

La suma de los puntajes da como resultado un mapa de valores numéricos, el cual se divide en rangos para definir zonas con distintos niveles de amenaza y vulnerabilidad relativa que permitan en conjunto, identificar el nivel del riesgo para la zona urbana expuesta y tomar las medidas correctivas más adecuadas.

Para este propósito, debe existir una planeación cronológica en la que se incluyan recorridos por la zona de estudio, la elaboración de la topografía del área urbana a una escala adecuada, la elección y toma de muestras de suelo de diferentes sectores específicos para su análisis en laboratorio, la realización de mosaicos con fotografías para identificar más fácilmente los problemas geológicos y civiles presentados, la caracterización de las estructuras locales por medio de una encuesta descriptiva,

⁷. CASTRO Marín Eduardo y Otros, Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en masa. Guía Metodológica. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá DC, 2001.

el diseño de una base de datos para el manejo y el análisis de la información recopilada y la elaboración de mapas temáticos que proporcionen la información necesaria para definir lineamientos que faciliten la planeación urbana.

6.4. ESQUEMA METODOLOGICO

El esquema a desarrollar comprende las fases de trabajo generales definidas desde su inicio, entre las que se incluyen la documentación preliminar, los estudios locales, los procesos y los mapas índices con los cuales se accede a la zonificación de la amenaza, la vulnerabilidad relativa y el riesgo indicativo.

El procedimiento geológico debe conducir a una cartografía de los factores detonantes de los fenómenos de remoción en masa incluyendo la geología, la morfometría del terreno, la morfodinámica de los procesos existentes, la caracterización de los tipos de suelo, la hidrología de la zona, la presencia de diaclasamientos y movimientos anteriores, etc. Tales factores relacionados mediante ponderaciones asignadas por la evaluación según las condiciones del terreno, permiten la generación del mapa de amenazas naturales en el que se indican diferentes rangos según los niveles de intensidad que presentan los procesos en la zona.

Adicional al aporte dado por los estudios geológicos de los fenómenos de inestabilidad presentados, se debe proseguir con el análisis del comportamiento de las estructuras ante la acción que ejercen las fuerzas naturales sobre ellas, de tal manera que se logre identificar el grado de afectación estructural. Con esta información, se abre paso al análisis de la vulnerabilidad relativa, por medio de la cual sea posible indicar los niveles de riesgo de la zona. Finalmente, como medida de prevención y control, de acuerdo con los resultados obtenidos, se planteará la implementación de obras geotécnicas que permitan atenuar los problemas localizados.

Es fundamental para este propósito, realizar un reconocimiento del área de trabajo con el objetivo principal de recopilar información secundaria disponible relacionada con la ubicación y descripción de las estructuras a estudiar.

En este contexto, se utilizará la guía metodológica elaborada por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, a través de la aplicación de una encuesta evaluativa modificada particularmente a la zona de estudio para la caracterización de las construcciones urbanas considerando la afectación de los elementos expuestos, los servicios y espacio público debido a los problemas relacionados con los Fenómenos de Remoción en Masa.

La AIS, ha realizado desde hace varios años investigaciones sobre el tema de evaluación de daños, especialmente, después de las devastadoras consecuencias que dejaron a su paso los sismos en los meses de febrero de 1995 y de enero de 1999 en la zona cafetera del país. Estos estudios incluyen guías y técnicas de valoración del daño, niveles de habitabilidad, registro adecuado de inmuebles afectados como propósito fundamental de seguridad pública, los cuales sirvieron de fundamento para la ejecución del proyecto “Preparación para la Evaluación de Edificaciones afectadas por el Sismo” en el año 2003, realizado por la Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres – OMPAD de Manizales, en su papel de Coordinadora del Plan de Emergencias.

La preparación de la encuesta, debe estar enfocada en la medición del nivel de daño de cada predio, identificando en ellos los que puedan tener un uso normal y los que deben restringirse por la presencia de daños severos que amenacen la vida de sus habitantes. La clasificación de la afectación de las construcciones y su habitabilidad, se basa en los resultados de la inspección sobre las condiciones que presente la construcción de manera global, los daños arquitectónicos y estructurales, y las condiciones geotécnicas de su entorno. La información obtenida por la encuesta se debe compilar en una base de datos que haga más sencilla su clasificación y la aplicación del método empírico explícito para el cálculo de la vulnerabilidad relativa y la indicación del riesgo.

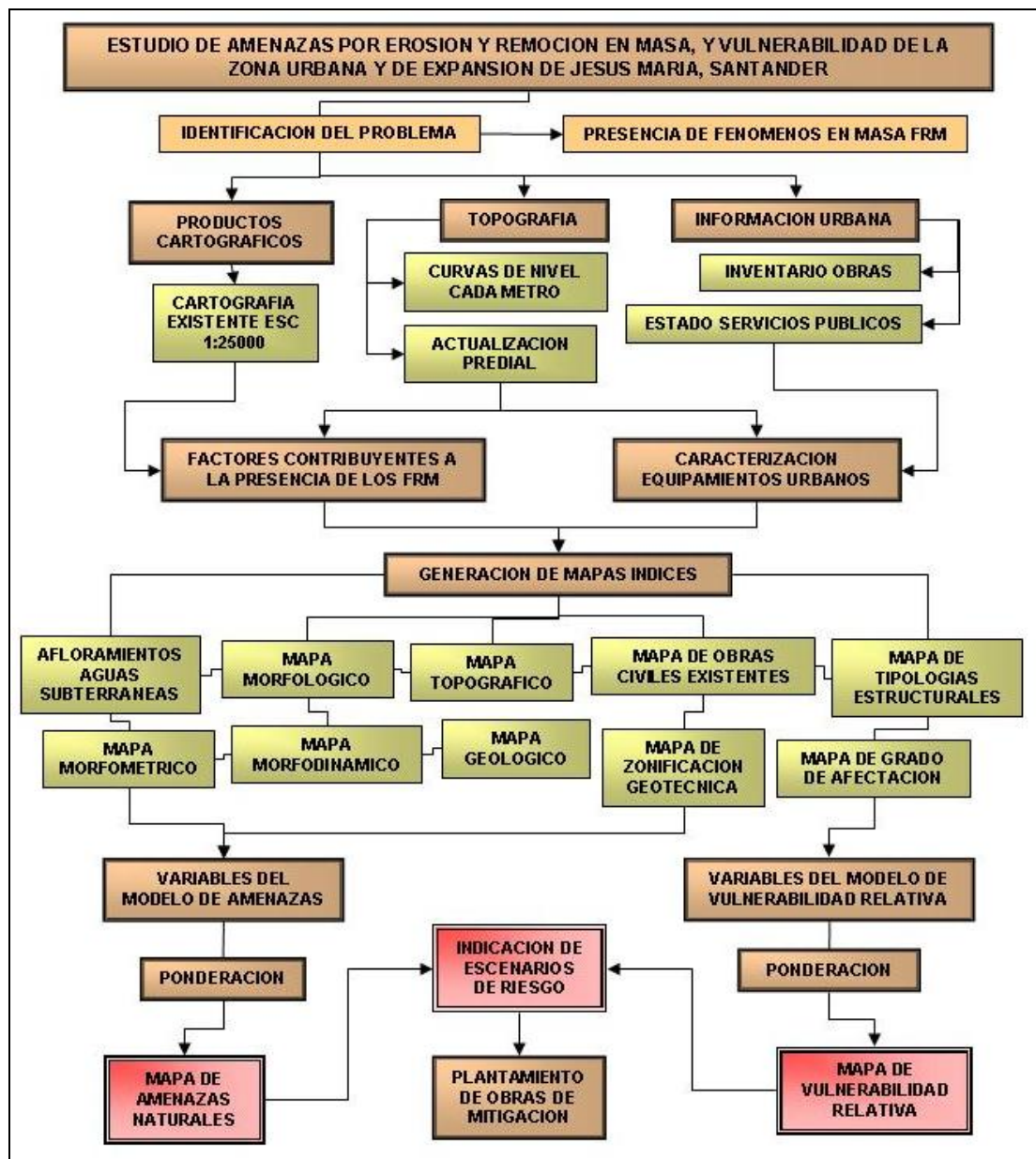


Figura 6. Diagrama Metodológico desarrollado para la identificación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo.
 Fuente: Modificado Guía Metodológica Evaluación de Riesgos por FRM, INGEOMINAS 2001.

7. CLIMATOLOGIA

Para comprender la dinámica del clima en el área urbana de Jesús María, es necesario estudiar cada uno de los componentes que lo afectan y las relaciones que existen entre ellos, por eso es importante conocer su comportamiento y la forma como se articulan sus variables con los problemas de geoinestabilidad.



Figura 7. Estación Pluviométrica del IDEAM en el municipio de Jesús María, Santander

Fuente: Autores de la Investigación, 2005.

Para elaborar la descripción de los procesos y la distribución espacio-temporal de los principales elementos climatológicos, se tomó como referencia la información multianual de precipitación de los últimos veinte años actualizada al año 2004 por la estación pluviométrica de Jesús María para la cuenca de la quebrada Portero. (Ver Figura 7).

La Temperatura se analizó partiendo de la información de la estación de Albania, ya que en Jesús María no toma este tipo de datos. Las estaciones utilizadas con sus respectivas características se encuentran en el Cuadro 4.

CODIGO	TIPO ESTACION	ESTACION	SUBCUENCA	MPIO	LT N	LG W	ELEV	FECHA INST.
2401021	PM	Jesús María	Q. Potrero	Jesús María	05°53	73°47	1920	1958-03
2312506	CP	Albania	Q Canutillo	Albania	05°45	73°55	1690	1974-03

Cuadro 4. Características principales de estaciones meteorológicas de trabajo.

Fuente: Información IDEAM, 2005

La comprensión de los procesos de orden natural se evidencia al estudiar cada variable por separado para identificar su comportamiento y su interacción con las demás variables. Todas estas herramientas permitieron elaborar una descripción climática de la zona basándose en el análisis de la temperatura media y el cálculo del Balance Hídrico, objetivo principal del presente capítulo.

7.1. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS DE LA ZONA

7.1.1. Temperatura

En el análisis espacial de la temperatura se usa la relación generalizada del gradiente térmico, entre la temperatura media mensual y la elevación sobre el nivel del mar, por este motivo y tomando como referencia el EOT del municipio de Jesús María se aplicó el estudio realizado por el IDEAM⁸, en el cual se establecieron ecuaciones de regresión lineal utilizando los datos de veinticuatro (24) años y veintiocho (28) estaciones climatológicas pertenecientes al área comprendida por el flanco occidental de la Cordillera

⁸. Estudio de la temperatura en el Departamento de Santander. Autor: Ing. Jaime Duarte del Área Operativa N°8 del IDEAM

Oriental y el Valle del Magdalena Medio Santandereano⁹ en donde Y es la temperatura y X es la elevación sobre el nivel del mar. (Ver Cuadro 5)

Las regresiones lineales entre las dos variables presentan un alto coeficiente de correlación y la desviación media, debida entre otras causas a los efectos microclimáticos en el sitio de emplazamiento de las estaciones meteorológicas que están alrededor de las tres décimas de grado centígrados; por lo cual son bastante confiables cuando se desea estimar la temperatura media anual o mensual empleando la elevación.

MESES	ECUACION	DESVIACION
ENERO	$Y = - 0.0062X + 29.4604$	- 0.974
FEBRERO	$Y = - 0.0062X + 29.6376$	- 0.975
MARZO	$Y = - 0.0061X + 29.6378$	- 0.974
ABRIL	$Y = - 0.0059X + 29.3214$	- 0.978
MAYO	$Y = - 0.0059X + 29.1435$	- 0.983
JUNIO	$Y = - 0.0060X + 29.2447$	- 0.985
JULIO	$Y = - 0.0062X + 29.3194$	- 0.984
AGOSTO	$Y = - 0.0061X + 29.3367$	- 0.985
SEPTIEMBRE	$Y = - 0.0059X + 29.9938$	- 0.983
OCTUBRE	$Y = - 0.0059X + 28.5934$	- 0.984
NOVIEMBRE	$Y = - 0.0059X + 28.6792$	- 0.981
DICIEMBRE	$Y = - 0.0060X + 29.0388$	- 0.977
ANUAL	$Y = - 0.0060X + 29.1890$	- 0.981

Cuadro 5. Ecuaciones por regresión lineal para el análisis de Temperatura Media Valle del Magdalena Medio Santandereano 1984-2004.

Fuente: Información IDEAM, 2005.

El gradiente de la temperatura media anual en toda la franja zonal del valle, piedemonte y flanco occidental de la Cordillera Oriental en donde se encuentra el municipio de Jesús María, es de 0.60 grados centígrados por cada 100 metros, valor obtenido de la ecuación de regresión correspondiente. Con base en este estudio también se concluyó que la

⁹. MOJICA Rodríguez, Edgar y otros. División de Asesoría y Estudios Especializados UIS. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Jesús María Santander. 2003.

oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, es decir, la diferencia entre los meses con la temperatura media más alta y más baja se sitúa alrededor de 1.0 grado centígrado. Para el presente análisis de la temperatura se cuenta con la información de la estación de Albania obtenida del IDEAM (todos los valores se encuentran en °C), según se observa a continuación en el Cuadro 6, por ser la más cercana a la zona de estudio que toma este tipo de datos, los cuales sirven de base para encontrar la temperatura media de la cabecera municipal según la metodología anteriormente comentada.

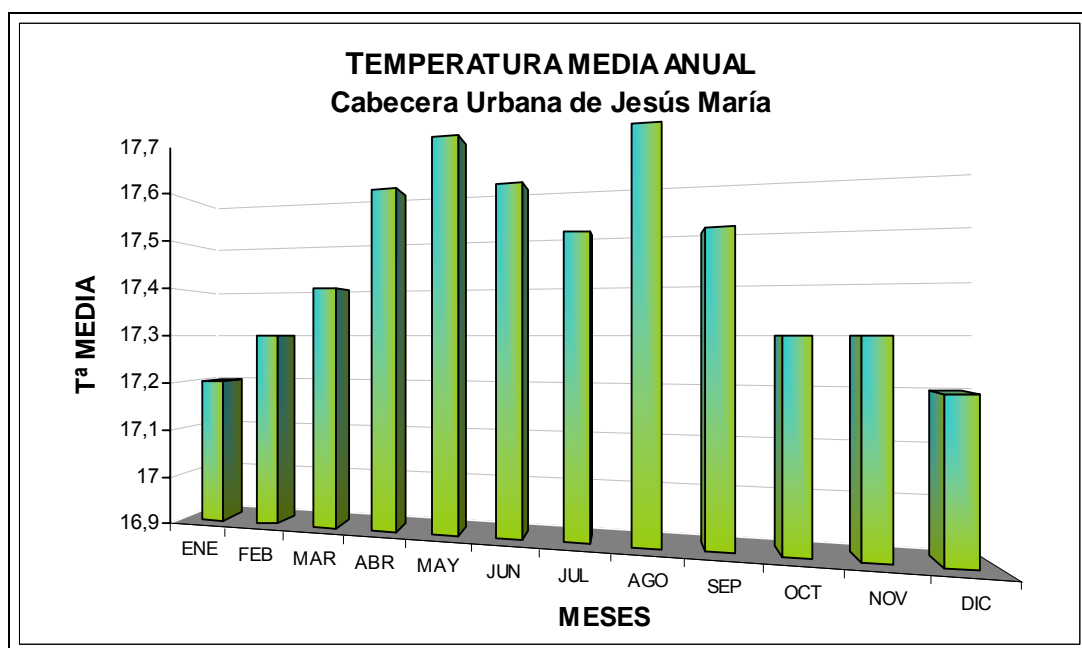
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1984	18,2	18,6	19,2	19,4	19	18,8	19	19,4	18,6	18,8	18,2	18,9
1985	18,2	19,3	19,3	19,1	19,3	19,7	19,2	19,1	19,6	19,3	18,7	18,7
1986	19,1	18,4	19	19,2	19	19,3	19,6	19,5	19,7	18,3	19	19
1987	19,3	20	19,8	19,7	19,8	19,4	19,5	19,8	19,6	19	19,6	19,8
1988	19,4	19	19,6	19,1	19,6	18,8	19,2	19	19	18,7	18,6	18,1
1989	18,5	17,8	17,9	19	17,9	18,6	19	19,2	18,8	18,3	18,7	18,4
1990	19,1	18,4	18,6	18,6	18,6	19,2	18,8	19,3	18,7	18,1	18,5	18,3
1991	18,7	18,5	18,4	18,4	18,4	19	18,7	18,8	19,4	18,3	18,4	18,2
1992	18,8	18,6	18,7	18,9	18,7	18,9	17,8	18,4	17,9	18,5	17,9	18,1
1993	18,1	18,2	18,1	18,5	18,1	19	18,6	18,5	17,8	18,2	18,1	18,3
1994	17,9	18,1	18,2	18,2	18,2	18	18,3	18,3	18,5	18,1	17,9	18
1995	18	18,1	18,3	18,6	18,3	17,9	17,5	17,8	18,1	17,6	17,7	17,7
1996	17,9											
1997	18	18,8	18,7	18,7	18,7	18,7	19,3	19,9	19,4	19,2	18,9	18,8
1998	19,3	19,1	19,7	19,6	19,7	18,8						
1999			17,8		17,8				17,6	17,9	17,6	17,2
2000	17,1	17,3	17,6	18,1	17,6	18,2	17,9	18,2	17,8	18,3	19	18
2001	17,6	17,9	17,8	18,4		18,5	18,3	19,1	18,6		18,2	18
2002	17,7	18,4	18,5	18,6		18,9				18,6	18,8	18,2
2003	18,4	18,7	18,8	19		18,9	19	19,1	19	18,8	18,9	19,2
2004		17,7	18,6	17,8			17,6	18,5	17,8			

Cuadro 6. Datos de Temperatura de la estación de Albania para los años 1984-2004.

Fuente: Información IDEAM, 2005.

Como las variables utilizadas son la temperatura y la elevación sobre el nivel del mar, se compara la temperatura obtenida por el IDEAM y se relaciona con la diferencia de nivel entre la estación Albania (1690 msnm) y el casco urbano de Jesús María (1890 msnm), teniendo en cuenta que el gradiente de temperatura varía 0.6 grados por cada 100 metros de diferencia en altura.

Ya que la variación del parámetro temperatura es inversamente proporcional a la altura, para el caso en estudio, al gradiente de 1.2 se le resta el valor de la temperatura de Albania (la diferencia de alturas entre una y otra es de 200 metros). De esta forma se obtiene que la temperatura media anual de la cabecera urbana es de 17.44 °C y que mes a mes su variación muestra un comportamiento monomodal ya que la separación de los picos mas altos no es representativa, según se observa a continuación en la Gráfica 1 y el Cuadro 7.



Gráfica 1. Temperatura media en la cabecera municipal de Jesús María, Santander.

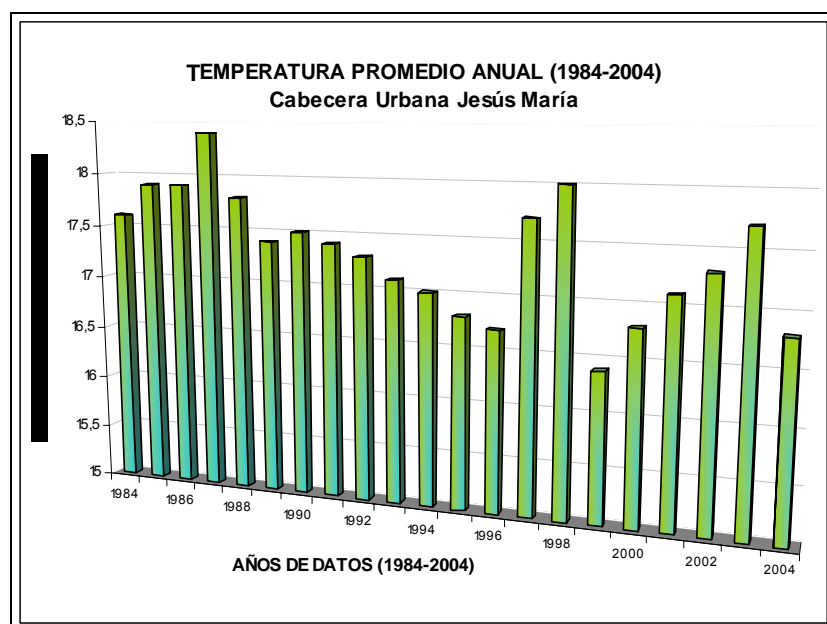
Fuente: Información IDEAM, 2005.

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T° media Estación Albania	18.4	18.5	18.6	18.8	18.9	18.8	18.7	18.9	18.7	18.5	18.5	18.4
T° media Jesús Ma. Grad 1.2	17.2	17.3	17.4	17.6	17.7	17.6	17.5	17.7	17.5	17.3	17.3	17.2

Cuadro 7. Datos de Temperatura de la estación de Albania y calculados para la cabecera Municipal de Jesús María, Santander.

Fuente: Información IDEAM, 2005.

De acuerdo con la serie de los últimos veinte años de datos, la variación de la temperatura en el tiempo muestra una tendencia a disminuir, lo que implicaría una evapotranspiración menor con el paso del tiempo como se muestra en la Gráfica 2. Esta es una situación crítica en el sentido que, el balance hídrico sea positivo, ya que se almacena humedad durante todo el año y la evapotranspiración tendría menor capacidad para extraerla.



Gráfica 2. Temperatura Promedio Anual (1984-2004) para el municipio de Jesús María.

Fuente: Información IDEAM, 2005.

7.1.2. Precipitación

La precipitación que cae sobre Jesús María se ve influenciada en gran medida por sistemas convectivos de gran desarrollo vertical que se forman en el valle del Magdalena Medio como consecuencia de la acumulación de humedad en el valle, su posterior ascenso debido a las altas temperaturas en la región y por la influencia a escala nacional de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), que es una franja a donde llegan las corrientes de aire cálido húmedo y frentes fríos provenientes de los grandes cinturones de alta presión, situados en la zona subtropical de los hemisferios norte y sur, dando origen a la formación de grandes masas nubosas y abundantes precipitaciones.

El desplazamiento de la ZCIT, sigue el movimiento aparente del Sol y lleva un retraso de uno a dos meses respecto de él; a comienzos del año se ubica cerca de los 6° de latitud sur sobre el continente y en julio o agosto, se halla ligeramente al norte de las costas colombianas.

Estos sistemas se desplazan hacia el Este en dirección del municipio en forma de precipitaciones orográficas, las cuales se originan cuando estas masas húmedas chocan contra el flanco Oeste de la Cordillera Oriental enfriándose, condensándose y posteriormente depositando parte de su humedad sobre dicho flanco.

Para el estudio de la precipitación se utilizó una estación pluviométrica en cercanías del perímetro urbano del municipio. La información relativa a la precipitación se consigna en tablas autorizadas por el IDEAM con registros de los últimos veinte años actualizados al año 2004 como lo muestra el Cuadro 8 (ver tablas originales Anexo A).

Estos datos permiten hacer comparaciones entre las diferentes series dadas, los años de datos, valores medios y anuales de precipitación, con los cuales es posible identificar patrones o eventos especiales que puedan dar una idea del régimen de lluvias de la zona y así comprender mucho más, la forma como el suelo puede comportarse ante factores de orden natural como es el caso de la precipitación, teniendo en cuenta que es una zona altamente pluviosa.

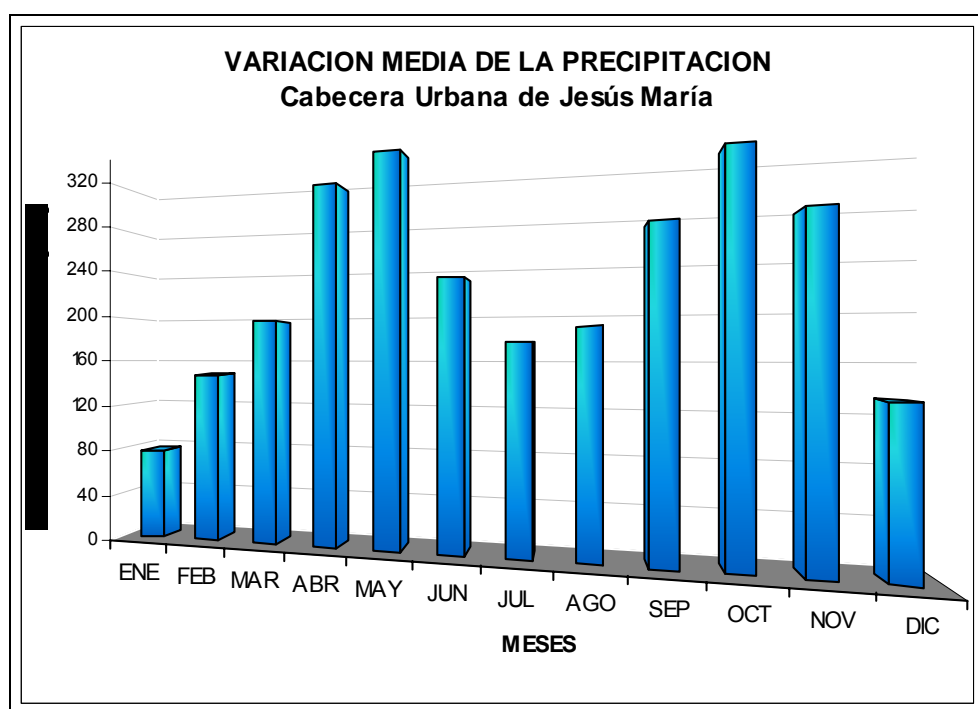
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1984	147,7	306,7	215,7	322,3	452,4	358,1	267,5	217,6	404,2	453,4	301,5	93,5
1985	42,2	172,4	220,2	257,8	282,8	148,5	207,2	275,8	317,3	258,7	211,1	97,8
1986	109,6	139,8	63,7	337,7	382	246,4	57,7	126,1	276,9	473,6	233,7	164,8
1987	89,3	31,8	158,3	360,4	343,5	151,5	443,4	176,9	255,7	369,1	190,1	77,2
1988	44,5	189,3	114,2	419,5	432,7	377,5	157,2	420	298,9	340,3	397	300,1
1989	175	156	187,1	315,9	223,1	290,8	102,8	178	340,5	334,2	219,4	75,2
1990	55,6	101,3	233,6	402,1	230	186,8	167,7	124,5	275,8	349,6	251,6	90,9
1991	20,2	158,9	183,1	218,1	399	232,4	130,7	100,3	286,6	251,8	399	102,4
1992	62,9	120,4	113,5	129,7	284,7	70,2	97,7	199,9	108,4	211,4	310,1	167
1993	153,9	71,5	250,1	374,3	291,9	113,8	166	126,1	251,8	449,8	416,1	212
1994	68	154,4	302,8	306,1	365,4	175,7	190	135,8	171,5	268,8	354,6	120
1995	35,5	47,6	160,6	254,6	231,7	366,4	271,7	369,6	133,5	300,3	291,5	180,9
1996	60,1	172,3	278,6	231,7	509,9	297,1	199,3	182,2	205,1	276,9	169,1	79,3
1997	73,6	300,6	150,8	303,7	360,7	258,9	26,1	98,3	254,8	236	247,4	10,9
1998	70,4	166,1	202,4	450,2	364,8	235,8	214,3	289,7	527,6	466,2	369,1	202,9
1999	194,1	311,1	206,5	304,1	240,1	309	128,8	202,2	305,5	251,3	197,9	250,7
2000	55,9	151	233,1	311,5	379,4	349,5	298,8	168,6	320,6	372,2	209	110,6
2001	48,1	58,5	296,8	211,2	293,3	201,8	189,1	59,6	367,4	353,1	219,7	81,1
2002	61,3	172,2	297,3	304,6	273,6	117,8	79	92,8	173,7	235,8	275,4	190,4
2003	2,6	85,9	134,1	309,7	354,7	242,1	130,3	299,9	156,5	257,1	272,9	77,3
2004	85,4	45,2	193,2	449,3	422,8	106,9	183,1	126	253,3	325,1	273,4	101
2005	103,3	143,8	100,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 8. Serie de datos de precipitación para el periodo 1984-2004, municipio de Jesús María, Santander
Fuente Información IDEAM, 2005.

Según los datos del IDEAM, los volúmenes de precipitación mensuales, tomando como referencia la estación Jesús María (2401021) tienen un valor promedio multianual de 2676.4 milímetros al año. La variación de los datos mes a mes se señala en el Cuadro 9 y en la Gráfica 3:

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Promedio Mensual Multianual de Precipitación	78.2	148	195.3	313.1	339	230.3	176.6	189	270.7	326.7	276.6	132.7

Cuadro 9. Volúmenes medios mensuales de precipitación para el municipio de Jesús María, Santander.
Fuente: Información IDEAM, 2005.

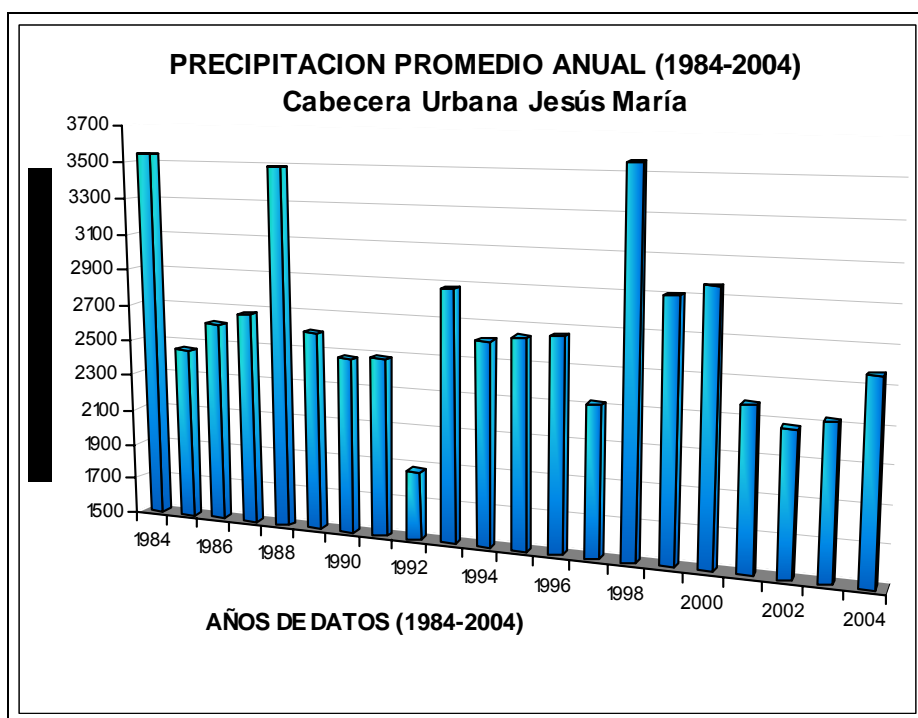


Gráfica 3. Volúmenes de la precipitación mensuales a lo largo del año.
Fuente: Información IDEAM 2005

La precipitación en el municipio de Jesús María se comporta de manera parecida a la mayor parte de la región Andina Colombiana y según lo ilustra la Gráfica 4 a lo largo del año, la precipitación no se distribuye uniformemente, conformándose un ciclo bimodal con dos períodos secos y dos húmedos, que se denominan época seca y época lluviosa; el ciclo inicia con un período seco en diciembre, enero y febrero, seguido por meses

lluviosos durante abril y mayo; posteriormente, se presenta un período seco que cubre parte de junio, julio y agosto y desde mediados de septiembre comienza el segundo período lluvioso del año que se extiende hasta finales de noviembre, presentándose en este punto sus picos máximos.

Las series de datos de precipitación obtenidos, muestran además que la lluvia en Jesús María no ha tenido un comportamiento cíclico en el tiempo, y que fenómenos atmosféricos adicionales como son el periodo de La Niña y El Niño han afectado el comportamiento de la precipitación, trayendo épocas de evidente sequía y en contraste épocas muy húmedas como se puede apreciar en la Gráfica 4 en la cual se observa que los años 1984, 1988 y 1998 han correspondido a períodos de alta lluviosidad y que en 1992 hay una notoria época seca. Estos datos coinciden con las referencias bibliográficas obtenidas en el IDEAM, en las que se corrobora que dichos períodos corresponden a La Niña y El Niño respectivamente.



Gráfica 4. Precipitación Promedio Anual (1984-2004) para Jesús María.

Fuente: Información IDEAM 2005

La notoria tendencia generalizada al aumento de los niveles de precipitación, hace necesaria la validación de los sistemas actuales para la recolección de las aguas lluvias locales, ya que deben abastecer adecuadamente los cambios en el régimen de lluvias sin afectar el bienestar y la calidad de vida de los pobladores de la zona. Estos cambios asociados con los fenómenos de sequía y lluviosidad, han afectado la dinámica y la distribución en el espacio y el tiempo de la oferta hídrica en las diferentes regiones del país, los cuales, en términos de precipitación han afectado la agricultura tradicional, los abastecimientos de agua potable, sistemas de riego, entre otros.

El daño, por la manifestación de estos fenómenos, es proporcional a la alta intensidad de lluvias y a la baja permeabilidad del suelo, encontrando situaciones extremas en las que el suelo responde con la tendencia del resquebrajamiento en condiciones de pérdida de humedad.

Ante la presencia de estas situaciones, municipios como Jesús María deben plantear y ejecutar programas dirigidos al conocimiento, prevención y control de tales sucesos en los que se pueda hacer una adecuada distribución del recurso, evitando de esta forma desastres que atenten directamente contra la integridad de los pobladores de la región.

7.2. BALANCE HÍDRICO GENERAL

El estudio del Balance Hídrico favorece la comprensión del problema de suelos que se presenta en la cabecera urbana municipal, ya que provee información sobre el volumen total de agua presente en cualquier época del año.

Como en todo balance, es necesario establecer las ganancias y las pérdidas traducidas en una serie de variables que definen el comportamiento del ciclo hidrológico. Estas variables determinan si existe déficit de humedad o si, por el contrario, predominan los excesos que hacen que el suelo que se encuentra en su capacidad máxima de almacenamiento pierda ciertas propiedades (como cohesión, resistencia, etc.) que lo hagan no apto para la ejecución de obras de carácter civil y geotécnico.

Para el caso del municipio de Jesús María, el análisis de los factores que intervienen en el Balance Hídrico se realizó conforme a la metodología propuesta por el HIMAT¹⁰ teniendo en cuenta que la cabecera municipal tiene un mayor porcentaje de áreas descubiertas disponibles para oficios del agro según lo expresa el Cuadro 10.

DISTRIBUCION DE AREAS URBANAS	
COBERTURA VEGETAL	77.79%
AREAS CONSTRUIDAS	22.21%

Cuadro 10. Distribución de áreas construidas y libres de la cabecera municipal de Jesús María, Santander
Fuente: Autores de la Investigación, 2005.

7.2.1. Variables a analizar para el Balance Hídrico

✦ Régimen de llluvias

Las ganancias u oferta hídrica (O) del balance están representadas por las precipitaciones recogidas en las estaciones meteorológicas, en forma de agua. Existen otras formas de ganancia que no suelen incluirse por desconocimiento de los valores que representan, que suelen ser muy escasos, como el rocío y, eventualmente, el riego; éstas pueden ser importantes, pero en la zona no hay datos que permitan evaluarlas.

✦ Escorrentía

En cuanto a las pérdidas o demandas (D) para el balance, la escorrentía superficial y las percolaciones a los mantos freáticos son factores determinantes que, aunque se estiman en un porcentaje de la lluvia, no suelen considerarse.

¹⁰ HURTADO, Gonzalo. SANTOS, Luís F., Agrometeorología Aplicada a la adecuación de tierras. Ministerio de Agricultura, Instituto de Hidrológica, Meteorología y adecuación de tierras HIMAT. Santa fe de Bogota, 1992.

✦ Evapotranspiración

Otra parte de las pérdidas o demandas (D) la conforman la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de las plantas, las cuales se evalúan en forma conjunta, mediante la evapotranspiración potencial. Esta sólo se lleva a cabo cuando el suelo dispone de bastante humedad para satisfacerla, de modo que en períodos secos el valor de la pérdida de humedad puede ser menos que el calculado, lo que se conoce como evapotranspiración real y se deduce del propio balance, como la suma de la precipitación en ese período y la reserva de agua del suelo al inicio del mismo.

Ya que la evapotranspiración potencial es la cuantificación de la máxima demanda de humedad en la zona, si no se poseen datos directos se debe elegir la fórmula que mejor se adapte a la zona. Es importante aclarar que la evapotranspiración calculada para este estudio es la potencial, ya que la estación Jesús María no cuenta con los equipamientos para realizar la medición de esta variable y por esta razón, los valores obtenidos serán el resultado de ecuaciones matemáticas entre variables conocidas.

Para el cálculo del balance hídrico se utilizan los promedios mensuales de ETP, su cálculo puede realizarse de varias formas dependiendo de la cantidad de parámetros con datos suficientes que se cuenten para ello.

La formula de H.L. Penman es la que mas parámetros climatológicos abarca (Temperatura, presión de vapor, radiación, velocidad del viento, etc.) pero, para el municipio de Jesús María, el único dato con el que se cuenta es el de la temperatura, por este motivo la metodología utilizada para evapotranspiración es la expresión matemática de C.W. Thornthwaite:

$$ETP = 0.53 \times \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

En donde:

ETP = Evapotranspiración Potencial media diaria sin ajustar

T = Temperatura media en grados centígrados

I = Índice calórico que se obtiene por la suma de los 12 índices calóricos mensuales; cada índice mensual (i) esta dado por

$$i = \left(\frac{T}{5}\right) \exp^{1.514}$$

También se puede calcular I con la siguiente expresión con un error probable del orden del 1%

$$I = 12 \times \left(\frac{T_{\text{anual}}}{5}\right) \exp^{1.514}$$

a = Un exponente, función de I dado por la formula

$$a = (675 \times 10^{-9})I^3 - (771 \times 10^{-7})I^2 + (179 \times 10^{-4})I + 0.492$$

Basados en los datos de temperatura de la estación Albania y según la metodología del IDEAM que relaciona el gradiente térmico, se evaluaron los datos de evapotranspiración media anual para el área urbana de Jesús María, los cuales se encuentran a continuación en el Cuadro 11:

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETP Jesús María (mm)	64.21	58.60	65.54	64.72	67.55	64.72	66.21	67.55	64.07	64.87	62.78	64.21

Cuadro 11. Datos de evapotranspiración para el área urbana de Jesús María, Santander.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

✦ Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

Es la máxima capacidad de agua que puede contener el suelo y que puede ser aprovechable por las plantas. Esta depende principalmente de la textura y la profundidad del suelo. Aunque en algunos casos se requieran análisis de retención de humedad

efectuados en laboratorio, para Jesús María puede analizarse por medio de la metodología propuesta por el HIMAT¹¹.

Para el análisis de esta variable se utilizó la condición promedia de la fracción volumétrica de agua aprovechable (FVAA) según la textura y profundidad efectiva (PS) de los suelos de la zona de estudio. La fracción volumétrica de agua aprovechable, esta dada por la diferencia entre el punto de marchitez permanente y la capacidad de campo de los suelos.

La marchitez es una medida del contenido de humedad existente en el suelo que no es potencialmente aprovechable por la planta, pero que debe existir para que se alimenten ya que la poca agua que la planta adquiere, se debe a altas tensiones de succión debido a las raíces. La capacidad de campo de los suelos y la máxima capacidad de agua que puede contener el suelo, también se puede definir como el grado de humedad de una muestra que ha perdido el agua que puede transitar por efecto de la gravedad.

Para establecer la condición media de FVAA, se recomienda el uso del promedio ponderado de las características físicas consideradas (textura promedio en la zona y PS promedio). La FVAA se calcula así:

$$FVAA = PS \times f.v.a.a$$

Donde:

FVAA = Fracción Volumétrica de Agua aprovechable en el perfil (mm)

PS = Profundidad efectiva del suelo

f.v.a.a = Fracción volumétrica de agua aprovechable unitaria (mm agua/cm suelo)

El *f.v.a.a* es la cantidad de agua aprovechable contenida en el suelo donde se implementará la siembra de diversas clases de cultivos según su textura. Está dada en milímetros de agua por centímetro de suelo, los valores para esta fracción se obtienen del triangulo de texturas según la Figura 8.

¹¹ HURTADO, Gonzalo. SANTOS, Luis F., Agrometeorología Aplicada a la adecuación de tierras. Ministerio de Agricultura, Instituto de Hidrológica, Meteorología y adecuación de tierras HIMAT. Santa fe de Bogota, 1992.

Para conocer las características de los suelos de la cabecera urbana se elabore una malla de muestreos necesaria para identificar los sectores que por la geología respondían a tipo de suelo diferentes. Se reconocieron seis (6) sectores y de cada uno se determinó la profundidad específica del estrato al que pertenecen (ver Cuadro 12), y se calculó la profundidad específica promedio de los suelos urbanos equivalente a 75 cm.

SECTORES DE MUESTRA	1	2	3	4	5	6	PS Promedio
PROFUNDIDAD CMS	70	80	70	90	70	70	75

Cuadro 12. Profundidades de los sectores de muestras tomadas en el área urbana de Jesús María, Santander
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Según la metodología propuesta, el cálculo de $f.v.a.a$ se hace interpolando valores en la Figura 8 en la que se relaciona la fracción volumétrica de agua aprovechable en el suelo y su textura.

De los estudios de suelos realizados en laboratorio correspondientes al capítulo 13, se obtuvo una clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), en la cual los sectores muestreados pertenecen a suelos de tipo limoso con características de suelos arcillosos; estos resultados son un indicativo de la textura de los suelos de la zona y este es uno de los datos que ingresa a la gráfica para obtener el valor de $f.v.a.a$

$$\begin{aligned} \text{Textura}_{\text{Suelo}} &= \text{Arcillo} - \text{Limoso} \\ \% \text{Limo} &= 55\% \quad \% \text{Arcilla} = 45\% \quad \% \text{Arena} = 0\% \\ f.v.a.a &= 2.3\text{mm} / \text{cm}_{\text{agua}} \end{aligned}$$

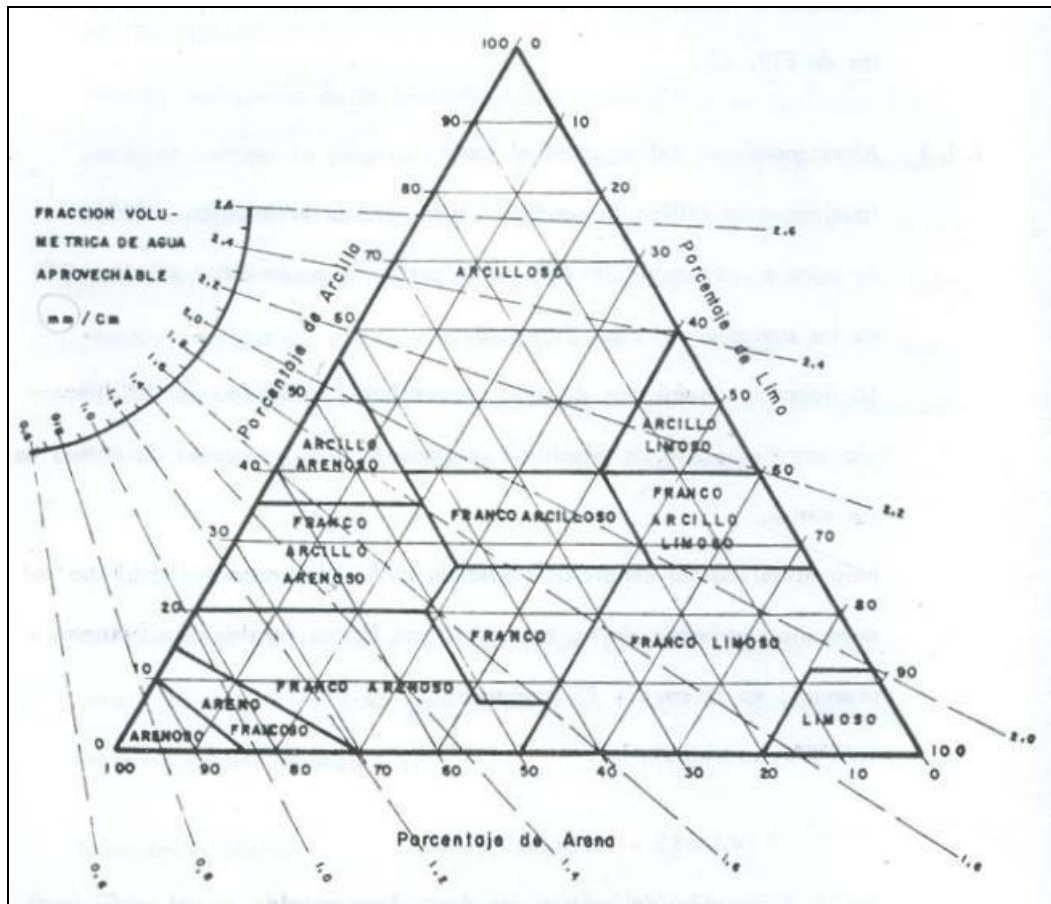


Figura 8. Relación entre la fracción volumétrica de agua aprovechable en el suelo y su textura.
 Fuente: Agrometeorología Aplicada a la adecuación de tierras. Instituto de Hidrología, Meteorología y adecuación de tierras HIMAT. Bogota, 1992, pág. 4.

Con estos datos es posible calcular la capacidad de almacenamiento de los suelos de Jesús María de la siguiente forma:

$$FVAA = PS \times f.v.a.a$$

$$F.V.A.A = 75cm \times 2.3mm \text{ _agua / cm _suelo}$$

$$F.V.A.A = 172.5mm$$

7.2.2. Cálculo del Balance Hídrico General

El balance hídrico es simplemente la formulación matemática de la ley de conservación de masa o de la ecuación de continuidad, aplicada al agua en un sistema considerado, no importa cual sea su tamaño; puede ser calculado para diferentes espacios de tiempo, tales como: un día, una década, un mes, un año o para un promedio de años. Para el municipio de Jesús María, se realizó un balance estimativo y representativo general, ya que los datos con los que se cuenta son pocos pero sirven para demostrar si es un balance positivo o negativo.

Los datos de la tabla de series de precipitación de los últimos veinte años se organizó por la Distribución de Probabilidad Normal la cual permite hallar la probabilidad de ocurrencia de un evento que en éste caso, es la lluvia, por medio de la siguiente expresión:

$$P_{\%} = \frac{2 \times N - 1}{2 \times n} \times 100$$

Donde:

$P_{\%}$ = Probabilidad de ocurrencia de un evento determinado

N = Número de orden de la serie de datos

n = Número de datos tomados

Los datos consignados en el Cuadro 13 representan la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones de determinada magnitud. Para el cálculo del balance hídrico se tomaron tres probabilidades de ocurrencia 25, 50 y 75% para analizar el comportamiento de las lluvias, dependiendo de la probabilidad que se presente y así comprender el efecto que produce en los suelos urbanos.

No Orden	PROB %	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SERIES ORGANIZADAS EN ORDEN DESCENDENTE													
1	2,38	194,1	311,1	302,8	450,2	509,9	377,5	443,4	420,0	527,6	473,6	416,1	300,1
2	7,14	175,0	306,7	297,3	449,3	452,4	366,4	298,8	369,6	404,2	466,2	399,0	250,7
3	11,90	153,9	300,6	296,8	419,5	432,7	358,1	271,7	299,9	367,4	453,4	397,0	212,0
4	16,67	147,7	189,3	278,6	402,1	422,8	349,5	267,5	289,7	340,5	449,8	369,1	202,9
5	21,43	109,6	172,4	250,1	374,3	399,0	309,0	214,3	275,8	320,6	372,2	354,6	190,4
6	26,19	103,3	172,3	172,3	360,4	382,0	297,1	207,2	217,6	317,3	369,1	310,1	180,9
7	30,95	89,3	172,2	233,1	337,7	379,4	290,8	199,3	202,2	305,5	353,1	301,5	167,0
8	35,71	85,4	166,1	220,2	322,3	365,4	258,9	190,0	199,9	298,9	349,6	291,5	164,8
9	40,48	73,6	158,9	215,7	315,9	364,8	246,4	189,1	182,2	286,6	340,3	275,4	120,0
10	45,24	70,4	156,0	206,5	311,5	360,7	242,1	183,1	178,0	276,9	334,2	273,4	110,6
11	50,00	68,0	154,4	202,4	309,7	354,7	235,8	167,7	176,9	275,8	325,1	272,9	102,4
12	54,76	62,9	151,0	193,2	306,1	343,5	232,4	166,0	168,6	255,7	300,3	251,6	101,0
13	59,52	61,3	143,8	187,1	304,6	293,3	201,8	157,2	135,8	254,8	276,9	247,4	97,8
14	64,29	60,1	139,8	183,1	304,1	291,9	186,8	130,7	126,1	253,3	268,8	233,7	93,5
15	69,05	55,9	120,4	160,6	303,7	284,7	175,7	130,3	126,1	251,8	258,7	219,7	90,9
16	73,81	55,6	101,3	158,3	257,8	282,8	151,5	128,8	126,0	205,1	257,1	219,4	81,1
17	78,57	48,1	85,9	150,8	254,6	273,6	148,5	102,8	124,5	173,7	251,8	211,1	79,3
18	83,33	44,5	71,5	134,1	231,7	240,1	117,8	97,7	100,3	171,5	251,3	209,0	77,3
19	88,10	42,2	58,5	114,2	218,1	231,7	113,8	79,0	98,3	156,5	236,0	197,9	77,2
20	92,86	35,5	47,6	113,5	211,2	230,0	106,9	57,7	92,8	133,5	235,8	190,1	75,2
21	97,62	20,2	45,2	63,7	129,7	223,1	70,2	26,1	59,6	108,4	211,4	169,1	10,9

Cuadro 13. Datos de precipitación con probabilidad de ocurrencia por distribución estadística Normal

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Con cada probabilidad escogida se calcula el balance hídrico, evaluando para cada una los excesos, almacenamientos y déficit que presentan; y graficando la relación entre la evapotranspiración vs Precipitación, la cual da un indicativo de la cantidad de precipitación que cae relacionada con el nivel de evapotranspiración dada por las condiciones de temperatura de la zona.

Recordando el concepto elemental del Balance hídrico, se establece la relación entre oferta y demanda de agua. La oferta de humedad (O) esta dada por los aportes de

precipitación y agua del suelo durante el período analizado. La demanda de humedad (D) está dada por la Evapotranspiración Potencial de la zona.

El déficit en el balance existe si la demanda de humedad es mayor que la oferta hídrica. El almacenamiento es la cantidad de agua que queda acumulada en el suelo después de que cae la lluvia de la serie de datos analizada, este valor no sobrepasa el de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, ya que se convertiría en excesos.

El cálculo de los excesos, en su magnitud y duración, es un parámetro de apoyo para la selección de las temporadas agrícolas.

Se considera que los excesos con una probabilidad de ocurrencia del 25% de ser igualados o superados marcan las necesidades máximas de drenaje en la zona estudiada¹².

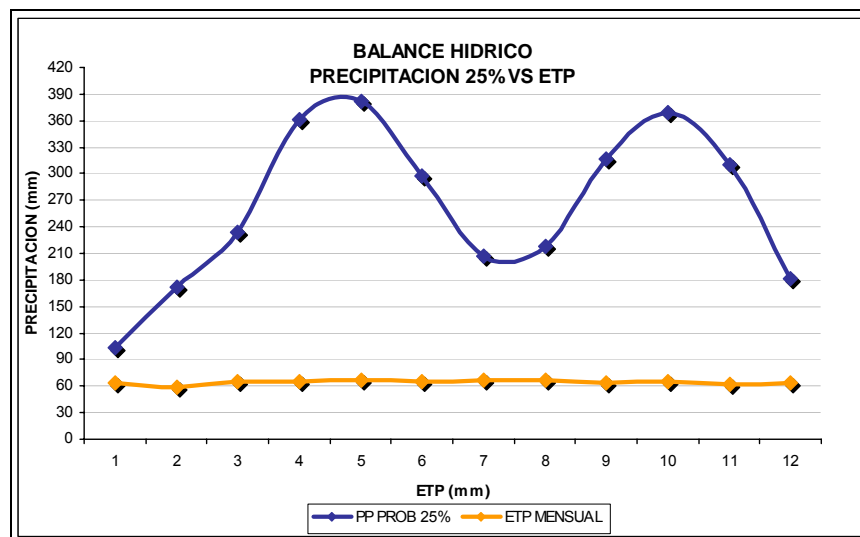
¹² HURTADO, Gonzalo. SANTOS, Luis F., Agrometeorología Aplicada a la adecuación de tierras. Ministerio de Agricultura, Instituto de Hidrológica, Meteorología y adecuación de tierras HIMAT. Santa fe de Bogota, 1992.

✦ Balance Hídrico para 25% Probabilidad

25%	T°	PP PROB 25% mm	ETP Mensual	PP-ETP	DEFICIT	ALMACE NAMIENTO	EXCESOS
ENE	17,2	103,3	64,21	39,09	0	39,09	0
FEB	17,3	172,3	58,60	113,70	0	152,79	0
MAR	17,4	233,6	65,54	168,06	0	172,50	148,35
ABR	17,6	360,4	64,72	295,68	0	172,50	295,68
MAY	17,7	382,0	67,55	314,45	0	172,50	314,45
JUN	17,6	297,1	64,72	232,38	0	172,50	232,38
JUL	17,5	207,2	66,21	140,99	0	172,50	140,99
AGO	17,7	217,6	67,55	150,05	0	172,50	150,05
SEP	17,5	317,3	64,07	253,23	0	172,50	253,23
OCT	17,3	369,1	64,87	304,23	0	172,50	304,23
NOV	17,3	310,1	62,78	247,32	0	172,50	247,32
DIC	17,2	180,9	64,21	116,69	0	172,50	116,69

Cuadro 14. Cálculo del Balance hídrico con precipitación del 25% de probabilidad de ocurrencia

Fuente: Investigación de los autores, 2005.



Gráfica 5. Relación anual entre Precipitación 25% de Probabilidad y Evapotranspiración para el área urbana.

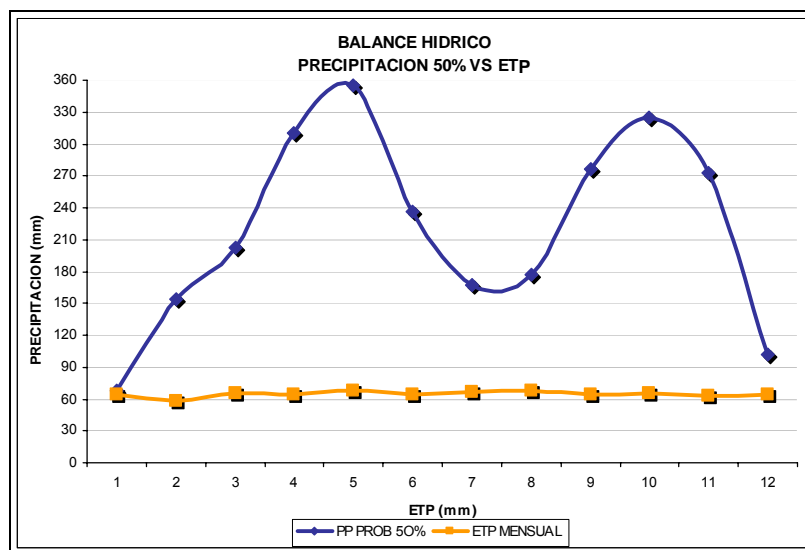
Fuente: Investigación de los autores, 2005

✦ **Balance Hídrico para 50% Probabilidad**

50%	T°	PP PROB 50%mm	ETP Mensual	PP-ETP	DEFICIT	ALMACE NAMIENTO	EXCESOS
ENE	17,2	68,0	64,21	3,79	0	3,79	0
FEB	17,3	154,4	58,60	95,80	0	99,59	0
MAR	17,4	202,4	65,54	136,86	0	172,50	63,95
ABR	17,6	309,7	64,72	244,98	0	172,50	244,98
MAY	17,7	354,7	67,55	287,15	0	172,50	287,15
JUN	17,6	235,8	64,72	171,08	0	172,50	171,08
JUL	17,5	167,7	66,21	101,49	0	172,50	101,49
AGO	17,7	176,9	67,55	109,35	0	172,50	109,35
SEP	17,5	275,8	64,07	211,73	0	172,50	211,73
OCT	17,3	325,1	64,87	260,23	0	172,50	260,23
NOV	17,3	272,9	62,78	210,12	0	172,50	210,12
DIC	17,2	102,4	64,21	38,19	0	172,50	38,19

Cuadro 15. Cálculo del Balance hídrico con precipitación del 50% de probabilidad de ocurrencia

Fuente: Investigación de los autores, 2005.



Gráfica 6. Relación anual entre Precipitación 50% de Probabilidad y Evapotranspiración para el área urbana.

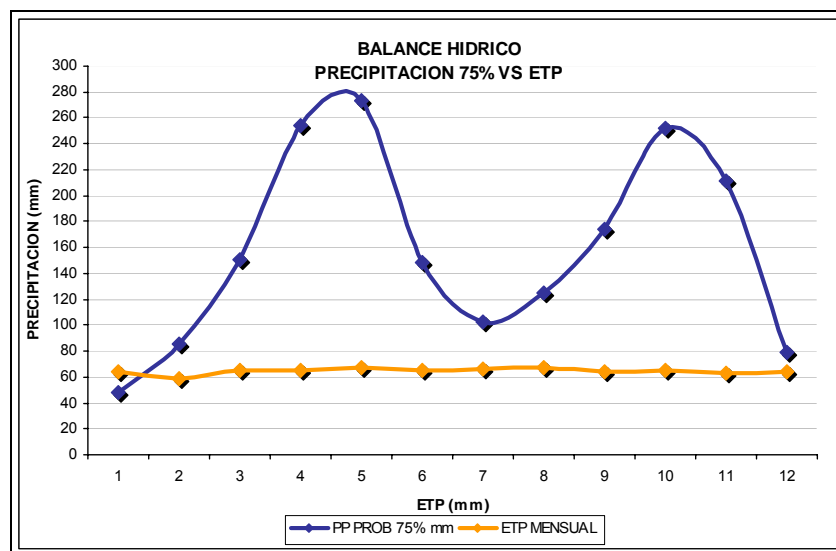
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

✦ **Balance Hídrico para 75% Probabilidad**

75%	Tº	PP PROB 75%mm	ETP Mensual	PP-ETP	DEFICIT	ALMACE NAMIENTO	EXCESOS
ENE	17,2	48,1	64,21	-16,11	-16,11	0	0
FEB	17,3	85,9	58,60	27,30	0	27,30	0
MAR	17,4	150,8	65,54	85,26	0	112,56	0
ABR	17,6	254,6	64,72	189,88	0	172,50	129,94
MAY	17,7	273,6	67,55	206,05	0	172,50	206,05
JUN	17,6	148,5	64,72	83,78	0	172,50	83,78
JUL	17,5	102,8	66,21	36,59	0	172,50	36,59
AGO	17,7	124,5	67,55	56,95	0	172,50	56,95
SEP	17,5	173,7	64,07	109,63	0	172,50	109,63
OCT	17,3	251,8	64,87	186,93	0	172,50	186,93
NOV	17,3	211,1	62,78	148,32	0	172,50	148,32
DIC	17,2	79,3	64,21	15,09	0	172,50	15,09

Cuadro 16. Cálculo del Balance hídrico con precipitación del 75% de probabilidad de ocurrencia

Fuente: Investigación de los autores, 2005.



Gráfica 7. Relación anual entre Precipitación 75% de Probabilidad y Evapotranspiración para el área urbana.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Según los resultados obtenidos, los balances hídricos concluyen que en la cabecera municipal de Jesús María, el almacenamiento de agua en el suelo es una constante durante la mayor parte del año. Aunque se hayan calculado los balances para diferentes probabilidades de intensidad de lluvia, y a pesar de que la precipitación no es continua durante todo el año, es evidente el exceso de agua que debe ser controlada mediante efectivos sistemas de drenaje para controlar y prevenir futuros problemas generados por los FRM.

7.2.3. Clasificación climática según Thornthwaite

El índice de humedad de C.W. Thornthwaite tiene gran utilidad desde el punto de vista de la caracterización agroclimática de grandes zonas, ya que cuantifica la proporción de excesos y deficiencias que presenta el suelo de acuerdo con los datos calculados por el balance hídrico.

El Índice de humedad es independiente de los índices relacionados con la fisonomía vegetal, se basa en los elementos del clima, lo cual representa una diferencia y una ventaja respecto a otros sistemas de clasificación climática. Además de la evapotranspiración potencial (ETP), tiene en cuenta la precipitación (P), definiendo con estos dos elementos una serie de índices cuyos valores se utilizan para determinar los tipos climáticos.

■ Índice de Humedad (I)

Está dado por la relación entre el exceso de agua anual (E) y la evapotranspiración potencial anual, en porcentaje.

$$I = \frac{100E - 60D}{ETP}$$

En donde,

I = Índice de humedad

E = Suma total de excesos durante el año

D = Suma total de déficit durante el año

ETP = Evapotranspiración potencial total anual

Para efectos de clasificación del clima, el índice se divide en los siguientes rangos según el valor que tome:

$I > 100$	CLIMA SUPERHUMEDO
$60 < I < 100$	CLIMA HUMEDO
$20 < I < 60$	CLIMA SEMIHUMEDO
$0 < I < 20$	CLIMA SUBHUMEDO
$-20 < I < 0$	CLIMA SECO
$-40 < I < -20$	CLIMA SEMIARIDO
$I < -40$	CLIMA ARIDO

■ **Calculo del índice de humedad**

Para Balance hídrico para 25% probabilidad

$$E = 2203,37$$

$$D = 0$$

$$ETP = 775,03$$

$$Indice_Humedad_{25\%} = 284,295$$

Para Balance hídrico para 50% probabilidad

$$E = 1698,27$$

$$D = 0$$

$$ETP = 775,03$$

$$\text{Indice_Humedad}_{50\%} = 219,123$$

Para Balance hídrico para 75% probabilidad

$$E = 973,28$$

$$D = -16,11$$

$$ETP = 775,03$$

$$\text{Indice_Humedad}_{75\%} = 126,827$$

Aunque el índice de humedad según el balance hídrico del 75% de probabilidad de ocurrencia es el menor de los tres calculados, todos los valores se encuentran sobre 100 esto significa que el clima en la cabecera municipal es *SUPERHUMEDO* con poca o ninguna deficiencia de agua durante todo un año según los índices dados por la precipitación conforme a la metodología del HIMAT¹³.

En cuanto a la altura sobre el nivel del mar existe una clasificación de los pisos térmicos para el departamento de Santander elaborada por el Centro de estudios Regionales UIS-IDEAM recopilada en el plan de acción Trienal 2004-2006 de la CAS, en esta, existen cuatro pisos térmicos según los rangos de altitud sobre el nivel del mar como se observa en el cuadro 17. Para la zona urbana Jesús María posee un *CLIMA MEDIO* por estar localizada a los 1890 msnm.

¹³ HURTADO, Gonzalo. SANTOS, Luis F., Agrometeorología Aplicada a la adecuación de tierras. Ministerio de Agricultura, Instituto de Hidrológica, Meteorología y adecuación de tierras HIMAT. Santa fe de Bogota, 1992.

PISO TERMICO	RANGOS DE ALTITUD m.s.n.m.
PARAMO	3000 – 4500
FRIO	2000 – 3000
MEDIO	1000 – 2000
CALIDO	100 – 1000

Cuadro 17. Clasificación de los pisos térmicos para Santander.

Fuente: Centro de estudios Regionales UIS-IDEAM, 2004.

7.2.4. Zonas de vida según Holdridge

Para el propósito de conocer la capacidad colonizadora de las especies vegetales se clasifico a la zona de estudio de acuerdo al sistema propuesto por Holdridge (1967). Las zonas de vida en la que esta incluida el área de estudio se definieron estableciendo los límites del promedio de precipitación anual y del promedio de la temperatura. La Figura 9 presenta un esquema del sistema de Holdridge para el trópico.

De acuerdo al sistema de Holdridge y la temperatura y precipitación promedio (precipitación promedio: 2674.4 mm, temperatura promedio: 17.44°C) obtenida en la zona de estudio se encontró que pertenece al *BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO BAJO*.

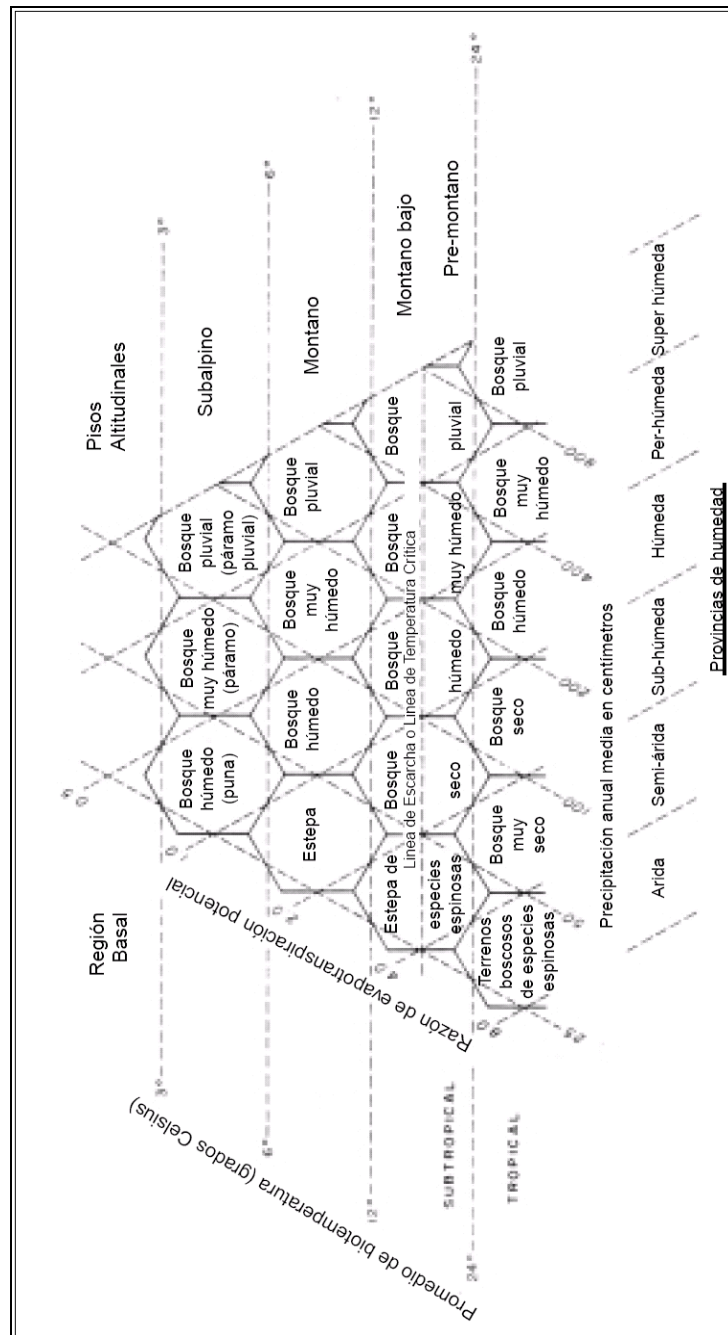


Figura 9. Sistema de zonas de vida de Holdridge para el trópico.

Fuente: www.fs.fed.us/research/publications/producci%F3n_forestal_para_am%E9rica_tropical/ap%E9n.b.pdf

8. HIDROGRAFIA

8.1. CUENCAS Y SUBCUENCAS HIDROGRAFICAS DEL MUNICIPIO

Los principales ríos que conforman la red hidrográfica de la zona son el Suárez y el Minero, los cuales pertenecen a la Gran Cuenca del Magdalena.

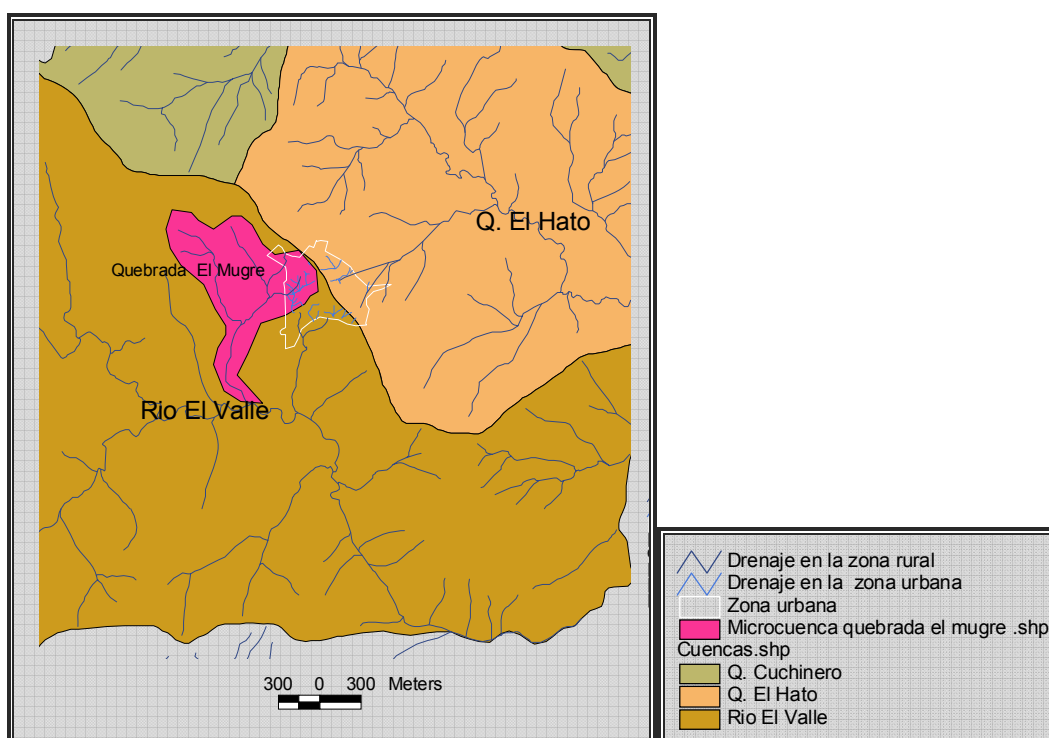


Figura 10. Esquema que representa la ubicación de las microcuencas del municipio.

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial e investigación de los autores, 2005

La mayor parte del territorio incluida la zona urbana del municipio de Jesús María se encuentra ubicada en las microcuencas de la Quebrada El Mugre y La Quebrada El Hato, que corresponden a las subcuencas del Río El Valle y la Subcuenca de la Quebrada Cuchinero respectivamente. La parte central del municipio corresponde a una divisoria de

aguas sobre la que se ubica la mayoría del casco urbano. A continuación se describen las microcuencas anteriormente mencionadas

8.1.1. Subcuenca del Río El Valle

Microcuenca de la Quebrada El Mugre

Nace a la altura de los 1876 m.s.n.m, su recorrido es de aproximadamente S30W y desemboca en el río El Valle, cuenca a la que esta quebrada pertenece. Esta microcuenca tiene forma de ovalo alargado, y sus características se muestran a continuación en Cuadro 18

CARACTERÍSTICAS MICROCUENCA	DIMENSION
Longitud	1.341 Km
Área	6,660779 Km ²
Perímetro	3.88 Km
Densidad de drenaje	0.5 Km./Km ²
Tipo de drenaje	Dendrítico Subparalelo

Cuadro 18 Características de la microcuenca El Mugre en el municipio de Jesús María, Santander.

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial, municipio de Jesús María, 2003.

8.1.2. Subcuenca de la Quebrada Cuchinero

Microcuenca de la Quebrada El Hato

Nace a una altura de 1900 m.s.n.m. para desembocar en la quebrada Cuchinero a 1650 m.s.n.m.; lleva un rumbo sur-oriente pasando por el costado oriental del casco urbano; dentro de sus afluentes se destacan las quebradas Potreros Caros, El Hoyo, El Guadual, las cañadas Lagunita y Tierra Negra, y la zanja la Gacha. Su paisaje característico es de

Montaña, con un subpaisaje de lomas en clima medio húmedo. Sobre esta fuente hídrica se realiza el vertimiento de parte de las aguas residuales que genera el casco urbano causando contaminación a su cauce. Esta microcuenca es de forma ovalada, y sus características se muestran a continuación en Cuadro 19

CARACTERÍSTICAS MICROCUENCA	DIMENSION
Longitud	4.33 Km.
Área	8.8305 Km ²
Perímetro	14.54 Km.
Densidad de drenaje	3.20 Km./Km ²
Tipo de drenaje	Dendrítico Subparalelo

Cuadro 19. Características de la microcuenca El Hato, municipio de Jesús María, Santander.

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial, municipio de Jesús María, 2003.

8.1.3. Afloramientos de agua subterránea

En el Anexo E se muestra el mapa de afloramientos de Agua Subterránea para el área de trabajo de la cabecera municipal de Jesús María. Se deben caracterizar la dinámica de esos afloramientos por medio de un estudio minucioso de hidrogeología.

8.2. CARACTERÍSTICAS HIDROLOGICAS DE LAS SUBCUENCAS DE LA ZONA

La caracterización de las anteriores microcuencas se realizó en base a los siguientes parámetros que permitieron dar apreciaciones cuantitativas sobre su comportamiento.

8.2.1 Morfometría

Esta forma de caracterización de cuencas está relacionada con la disposición de los cauces de corrientes fluviales y redes de drenaje por medio de índices numéricos que se

consideran constantes. Los parámetros que se tienen en cuenta para la caracterización de las principales corrientes que drenan el municipio de Jesús María son: área de la cuenca, factor forma, orden de Horton, cota aproximada de nacimiento y desembocadura, longitud del cauce principal, perímetro de la cuenca, coeficiente de compacidad y tiempo de concentración.

Factor de Forma (Kf)

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial (distancia entre los puntos más distantes de la corriente) de la cuenca o entre la relación del área de ésta y su longitud a la segunda potencia. Con este parámetro se determina la geometría de la subcuenca, con el fin de conocer su torrencialidad y capacidad de regulación de los caudales pico, en función de la longitud de la corriente principal.

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde,

A = Área de la cuenca, en km^2

L = Longitud de la corriente, en km.

Una cuenca con factor de forma bajo, está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma.

Coeficiente de Compacidad

Es la relación entre el perímetro o longitud de la línea divisoria de aguas de la cuenca hidrográfica y la longitud de la circunferencia correspondiente a un círculo de área igual a la cuenca.

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde

P = Es el perímetro de la cuenca en Km.

A = Área de la cuenca e km^2 .

Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca tipo circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que éste número sea próximo a la unidad.

Tiempo de Concentración (T_c)

Es el tiempo desde el inicio del aguacero hasta el momento en llegar al sitio de interés. Hay una gran variedad de formulaciones empíricas. Una de las más conocidas para hallar el tiempo de concentración, es la ecuación de Kirpich (Handbook Of Applied Hidrology. VT. Chow, 1964):

$$T_c = 0.000325 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde,

T_c = Es el tiempo de concentración

L = Es la longitud del cauce principal

S = Es la pendiente media del cauce principal

Valores altos de densidad de drenaje sumado con valores grandes de pendientes indican torrencialidad de las aguas.

Orden de Corrientes

Se determina a partir del método de Horton, el cual se basa en el número de afluentes que fluyen a una corriente; una corriente de orden uno (1) es un tributario sin ramificaciones, una de orden dos (2) tiene sólo dos tributarios de primer orden, dos corrientes de orden dos (2) forman una de orden tres (3) y así sucesivamente.

MICRO CUENCA	Q EL MUGRE	Q EL HATO
COTA NACIMIENTO (MSNM)	1900	1850
COTA DESEMBO CADURA (MSNM)	1745	1780
LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (KM)	1.341	0.877
PERÍMETRO CUENCA (KM)	3.88002	3468.15
PENDIENTE MEDIA CAUCE PRINCIPAL (%)	50	24
FACTOR FORMA KF	0,3368	0.839
COEFICIENTE DE COMPACIDAD KC	1.39	1.2
TIEMPO DE CONCEN TRACIÓN (H)	0.0009	0.0007

*Cuadro 20. Características de las microcuencas hidrográficas de la zona urbana del municipio de Jesús María
Fuente: Esquema de Ordenamiento territorial, municipio de Jesús María, 2003*

De la tabla anterior se puede ver que el factor de forma de ambas microcuencas es bajo y por lo tanto no están sujetas a crecientes. De otra parte el coeficiente de compacidad es bajo para ambas cuencas y por lo tanto su irregularidad no es significativa y no están sujetas a crecientes. El tiempo de concentración es muy bajo debido a que las pendientes están lo suficientemente inclinadas para permitir cualquier concentración de las aguas. De acuerdo a lo que se pudo evidenciar en campo estas microcuencas nunca han presentado crecientes que puedan afectar el municipio en su zona urbana.

El tipo de drenaje dendrítico subparalelo corresponde a la litología presente en la zona y se encontraron algunas relaciones entre éste y las estructuras geológicas presentes. El drenaje se encuentra alineado en dirección perpendicular a la de los esfuerzos (Ver Anexo E, Mapa Geológico N°2) y por lo tanto es un indicador de las fracturas presentes en el terreno.

Los afloramientos de agua en superficie se atribuyen a que las fuentes de recarga encuentran la estratificación de las capas muy favorables para el flujo subterráneo, sumado esto a la permeabilidad secundaria causada por el alto diaclasamiento que presentan algunas capas del Nivel Kip1 de la Formación Paja. La influencia del flujo subterráneo en los Fenómenos de remoción en masa se considerara con detalle en el capítulo 10.

9. TOPOGRAFIA

El casco urbano de Jesús María está asentado en la parte alta por un conjunto de lomas bajas y medias divergentes en forma de estrella, donde cada una de las entradas viales, desde Puente Nacional, Sucre y Florián, son puntas de esta estructura.

Las pendientes y formas del relieve del lugar de asiento de la cabecera municipal inciden de manera directa en el desarrollo espacial y la estructura urbanística, ya que constituye además, la línea divisoria de aguas de la microcuenca de la Quebrada Lajita y el Río Valle, sitio de recarga hídrica y nacimiento de la Quebrada Hato, caño Tequendama, la Cañada Canoitas y cauces innominados.

La génesis de los rasgos geomorfológicos se asocia a la influencia del Sinclinal de Jesús María responsable directo del Relieve. Estas características influyen en el uso de la superficie, la articulación espacial, la edificabilidad y la accesibilidad.

El trazado de la cabecera municipal obedece a un desarrollo espontáneo a lo largo de los ejes viales de conectividad regional. Las calles y construcciones se adaptan a las condiciones particulares de la topografía del terreno en forma aterrazada, tanto en planimetría como en altimetría, produciendo una morfología urbana irregular, agrupados y organizados en las 16 manzanas irregulares que se encuentran circundadas por vías de tipo vehicular y uso público.

Como parte inicial del trabajo en campo, para el presente estudio se realizó la topografía de la zona de estudio a una escala adecuada al área escogida, en la que la labor diera resultados con mayor detalle y con la mayor precisión posible. La escala escogida fue 1:1000, la cual permitió identificar procesos geológicos y todo tipo de infraestructura urbana necesaria para obtener información primaria. (Anexo E, Mapa Topográfico N°1)

En primer lugar, se realizó una visita de reconocimiento en la que se confrontaron los informes consultados, y basados en el Esquema de Ordenamiento Territorial municipal, se

asignaron los lugares de mayor interés que sirvieran como deltas para obtener una buena información topográfica de la zona de estudio.

9.1. TECNICA UTILIZADA

Según el Convenio Interadministrativo número 38/2005 celebrado entre el Departamento de Santander, el Municipio de Jesús María y la Universidad Industrial de Santander, el levantamiento topográfico y de georeferenciación realizado de la zona urbana y de expansión, hace parte integral de los aportes en especie realizados al proyecto por parte de la Alcaldía Municipal y en la que se tuvieron en cuenta los siguientes alcances estipulados en los términos de referencia elaborados para tal fin:

- Levantamiento topográfico de perímetros de las manzanas del casco urbano, andenes, pozos de alcantarillado, postes de electrificación, árboles significativos y detalles significativos.
- Georeferenciación con GPS y teodolito con una precisión al centímetro y su amarre a las coordenadas planas del IGAC.
- Nivelación cada metro.
- Escala presentada 1:1000
- Actualización y levantamiento del plano catastral en el que se incluyen los predios de las diferentes manzanas de la cabecera municipal.
- Digitalización del plano final en el que se incluye topografía y actualización predial

El plano topográfico actualizado al año 2005, se amarró a las coordenadas con origen en Bogota, las cuales coinciden con los planos de Esquema de Ordenamiento Territorial Municipales.

Las curvas de nivel que en los planos anteriores se separaban cada 12 o 13 metros, fueron ampliadas en la zona urbana y de expansión cada metro para facilitar detalles en el estudio realizado.

La parte predial fue ampliada y actualizada con datos de propietarios y direcciones con distinción entre zonas construidas y patios o solares de cada predio. Se realizó la distinción de la localización entre predios públicos y privados permitiendo así relacionar la morfometría de donde se encuentra el predio con la información de los propietarios responsables de su ubicación.

Se verificó y complementó la identificación de pozos, sumideros, válvulas, hidrantes y postes en el plano topográfico, los cuales servirán para ampliar la cobertura de la información al elaborar esquemas de servicios públicos y/o reformas de los actuales.

Al momento de realizar la topografía se tuvo en cuenta la información existente; éste levantamiento permitió confirmar los límites determinados por el EOT en lo referente al perímetro urbano y a la distribución de los lotes urbanos.

El perímetro urbano corresponde al delimitado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en los planos y cartas catastrales (Escala 1:500). Los límites que determinan el suelo urbano se presentan en el mapa topográfico y van desde el norte en el Caño Charco Tequendama en línea recta hasta encontrar el camino a la Vereda Santa Rosa; al occidente a partir del cruce de la vía a Sucre o Carrera 4ª; al sur desde la calle 6ª en línea irregular hasta encontrar la vía a Puente Nacional o Calle 3ª y de allí a interceptar el camino real Antiguo, y por ultimo, al oriente siguiendo el camino real antiguo a la carrera 6ª vía Alto Grande en línea irregular por la vía al cementerio y de allí hasta encontrar el punto de inicio en el Caño Charco Tequendama.

La distribución interior de cada manzana es a través de loteo, efectuada en forma autónoma por los propietarios. Los lotes son desarrollados mediante edificaciones individuales, contiguas, en hilera, con aislamientos posteriores, dando como resultado una arquitectura heterogénea que se caracteriza por su variedad en área, forma y dimensiones de frente y fondo, incidiendo en el planeamiento urbanístico y estructurando en forma directa de las manzanas; es además notoria la presencia de lotes que van de un costado a otro de la manzana.

10. GEOLOGIA

10.1. GEOLOGIA REGIONAL

El origen de la Cordillera Oriental se remonta a la trasgresión que se dio a finales del cretácico o principios del cretácico cuando se inició la formación del gran Geosinclinal del este de los Andes, el que alcanzó su máxima profundidad a mediados del Cretáceo inferior. Después alcanzó el proceso de relleno que culminó en algunos lugares, hasta llegar a la zona litoral donde se formaron las areniscas de la base de la serie Guadalupe.

Durante una parte del cretáceo inferior hubo subsidencia que terminó a mediados del Cretáceo, cuando se inició un nuevo levantamiento que se prolongó hasta el paleoceno (terciario inferior), época en la que había ocurrido la trasgresión marina casi en su totalidad.

Del Eoceno en adelante casi todas las Formaciones son continentales. Los periodos de Oligoceno, Mioceno y parte del Plioceno son de una intensa sedimentación. Hacia el final del Plioceno (finales del Terciario) empieza el gran levantamiento de la Cordillera Oriental acompañado de fuertes plegamientos y fallas paralelas y transversales a los plegamientos.

Según Schucher, durante el pleistoceno (comienzos del Cuaternario) ocurrió un gran levantamiento de la Cordillera Oriental, que alcanzó alturas superiores a los 3200 m.s.n.m.

El proceso de levantamiento diferencial es muy importante desde el punto de vista de erosión ocurrida. Donde la cordillera tenía mayor altura la erosión fue más acentuada, dejando al descubierto los estratos inferiores. Se puede decir que en general los estratos terciarios fueron removidos, en gran parte, en las regiones de la cordillera, encontrándose principalmente sobre los flancos de ésta.

10.1.1. Unidades Litológicas

En la zona de estudio la superficie del municipio de Jesús María se caracteriza por presentar rocas de edad cretácica inferior conformada por las Formaciones Rosablanca, Paja y Tablazo y una unidad Cuaternaria que esta compuesta por depósitos aluviales y de abanicos; las estructuras mayores presentes son: El Anticlinal y Sinclinal de Jesús María que dominan la zona N - E del municipio, que ejerce un control estructural sobre la formación Paja.

Formación Rosa Blanca (Kir)

Descrita originalmente por Wheeler (1929) y estudiada en detalle por Cardozo y Ramírez (1985) en la región de Villa de Leiva (Boyacá) y Gámbita (Santander). Se encuentra ampliamente distribuida en el Departamento de Santander. Está compuesta en su parte inferior por capas de caliza y yeso con oolitos, ostrácodos y dolomías; hacia la parte superior consta de areniscas y lodolitas calcáreas. En la parte inferior presenta depósitos evaporíticos como yeso y polialita que indican una hipersalinidad y tranquilidad en las condiciones de depositación; el resto de la secuencia se depositó en un medio marino somero en condiciones neríticas. El espesor varía de 150 a 425 metros.

Las relaciones estratigráficas de esta unidad con la infrayacente Formación Cumbre y la suprayacente Formación Paja son concordantes. La edad comprende el intervalo Valanginiano - Hauteriviano inferior (ETAYO, 1968; ETAYO y RODRIGUEZ, 1985). Litológicamente es comparable con la Formación Tibú - Mercedes del Catatumbo - Maracaibo. Se localiza en la vereda Agua Fría al N – W en límites con los municipios de Sucre y La Belleza. En esta unidad sedimentaria se encuentran evidencias de procesos de fenómenos karstico, como es la cueva de San Jerónimo.

Formación Paja (Kip)

Es la formación sedimentaria de mayor extensión en el municipio, se encuentra dominada por las estructuras del Anticlinal y Sinclinal de Jesús María. Su afloramiento tipo se

encuentra principalmente sobre la vía que comunica al casco urbano con el municipio de Puente Nacional y Sucre, donde se observan shales gris oscuros, con intercalaciones de areniscas y nódulos piritosos.

Inicialmente descrita por O.C. Wheeler (en MORALES, L. et al., 1958) y su localidad tipo es la Quebrada La Paja situada entre Bucaramanga y San Vicente de Chucurí. Esta unidad está constituida por lutitas y shales gris oscuros a azulosos, fosilífera, con intercalaciones de areniscas gris amarillentas, de grano fino, con algunas intercalaciones de shales grises localmente arenosas, calcáreas, fosilíferos localmente limosos a arenosos; con intercalaciones de areniscas gris amarillentas, de grano fino, también pequeñas intercalaciones de calizas grises, localmente arenosas, fosilíferas.

Etayo (1958) en su estudio en la región de Villa de Leyva la divide en tres unidades.

- Ⓢ **Lutitas negras inferiores.** Su espesor varía entre 340 y 380 m. De base a techo se compone de shales o arcillolitas negras con algunas intercalaciones arenosas, luego la constituyen shales negros arenosos con intercalaciones de areniscas arcillosas. La parte superior esta constituida por shales o arcillolitas negras o rojizas por oxidación. Se considera bioestratigráficamente estas capas como Hauteviriano superior.
- Ⓢ **Arcillolitas abigarradas.** Su espesor es de aproximadamente 480 m. Se diferencian dos segmentos; el inferior, aproximadamente con 57 m de espesor, presenta numerosas intercalaciones arcilloso- arenosas. En el segmento superior las intercalaciones pasan a calcáreas y tiene un promedio cada uno de 25 cm. de espesor. Siguiendo hacia el tope se presentan interestratificaciones de yeso. Bioestratigráficamente esta unidad abarca desde el Barremiano inferior hasta el Aptiano superior.
- Ⓢ **Arcillolitas con nódulos huecos.** Arcillolitas grises abigarradas de rojo a amarillo, con numerosos nódulos elipsoidales huecos hasta de 20 cm. De diámetro máximo y abundantes nódulos arcillosos macizos, de hasta 5 cm. de diámetro máximo. Bioestratigráficamente esta unidad representa el Aptiano superior.

El límite estratigráfico de esta unidad con la suprayacente Formación Tablazo es concordante.

Formación Tablazo (Kit)

Descrita por O.C. Wheeler (en MORALES, L. et al., 1958) y la localidad tipo está en el sitio Tablazo, en el puente del cruce del Río Sogamoso de la vía Bucaramanga - San Vicente. La secuencia de esta unidad consiste de calizas gris a negras, fosilíferas, localmente glauconíticas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de arenisca grises, grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas. El ambiente de depósito parece corresponder a condiciones neríticas, pocas profundas. El espesor varía entre 150 y 325 m.

La Formación Tablazo se encuentra en contactos concordantes con la infrayacente Formación Paja y la suprayacente Formación Simití. Su edad es considerada del Aptiano superior-Albiano inferior. Esta unidad en parte es cronoestratigráficamente correlacionable con las formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente.

Se localiza en el extremo S – W como una franja alargada en las veredas Cabrera Alta y Baja y límites con el municipio de Albania y área de influencia de la quebrada El Chiflón.

Cuaternario

Esta unidad corresponde a la acumulación de sedimentos generados por la caída de bloques y escombros acumulados al pie de los escarpes y parte baja de las laderas dando a la formación de cuaternarios de derrubio.

Esta unidad cuaternaria en épocas de precipitación alta es susceptible a sufrir amenaza media y baja por inundación, la torrencialidad y erosión lateral se presenta principalmente en la quebrada Cabrera, poniendo en peligro a la población asentada en estas áreas.

La composición de los materiales es muy heterogénea y abundante, esta formada principalmente por: capas y lentes de cantos rodados, guijarros, gravas, arenas y arcillas en los depósitos aluviales y fragmentos rocosos angulares de diferente tamaño en los derrubios.

10.1.2. Geología estructural

El marco tectónico del área es la resultante de una orogenia pre-Girón que facilito los depósitos molásicos del Girón. Después se produce la acumulación de los estratos del Arcabuco que sufren plegamientos y hundimientos, permitiendo de esta manera la posterior sedimentación marina y discordancia del Cretáceo. Por último la Orogenia Andina levanta la cordillera Oriental, afectando todo el conjunto, originando pliegues (anticlinales y sinclinales) y fallas longitudinales y transversales en la región. A continuación se describe algunas de las estructuras principales:

Anticlinal de Jesús María

Es una estructura simétrica, amplia, cuyo eje tiene una dirección aproximada N20°E en una longitud de unos 40 Km., prolongándose hacia el Sur dentro del Departamento de Boyacá. En general este anticlinal está conformado por sedimentos cretácicos de la Formación Paja. Es una estructura abierta simétrica, cuyo eje al Norte está desplazado por la Falla de Landázuri de dirección NW-SE.

Sinclinal de Jesús María

Se encuentra localizado al Occidente del anticlinal del mismo nombre, es ligeramente asimétrico, con su flanco oriental más inclinado que el occidental. Su eje tiene una dirección N20°E y se extiende por una longitud cercana a los 50 Km., continuándose hacia el Sur en la Plancha 170, dentro del Departamento de Boyacá. El núcleo de este sinclinal lo constituyen sedimentos cretácicos correspondientes a las formaciones La Luna y Umir.

10.2. GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

En el área de estudio aflora la Formación Paja (Kip), que a la escala de trabajo presenta dos subniveles que corresponden al miembro inferior, de acuerdo a la clasificación de Etayo (1958). Los espesores de cada uno de los niveles se estimaron por medio de la columna estratigráfica.

10.2.1. Unidades litológicas

Formación Paja, Nivel 1 (Kip1)

Se presenta como el nivel estratigráficamente inferior. Tiene en la zona un espesor aproximado de 320 metros. Esta conformada por shales negros piritosos carbonáceos, altamente físilos, con una laminación plano-paralela de 3 a 4 mm de espesor, intercalados con capas masivas de igual composición de 40 a 60 cm. de espesor, los cuales se hacen mas predominantes hacia el tope, en el cual además se presentan los nódulos huecos (Ver figura 11) y se incrementa el contenido de pirita presentándose cristales paralelos a la estratificación y que continúan por varios metros.



Figura 11. Nódulos huecos hacia el tope del nivel Kip 1 de la Formación Paja localizado vía a Florián en el área urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005

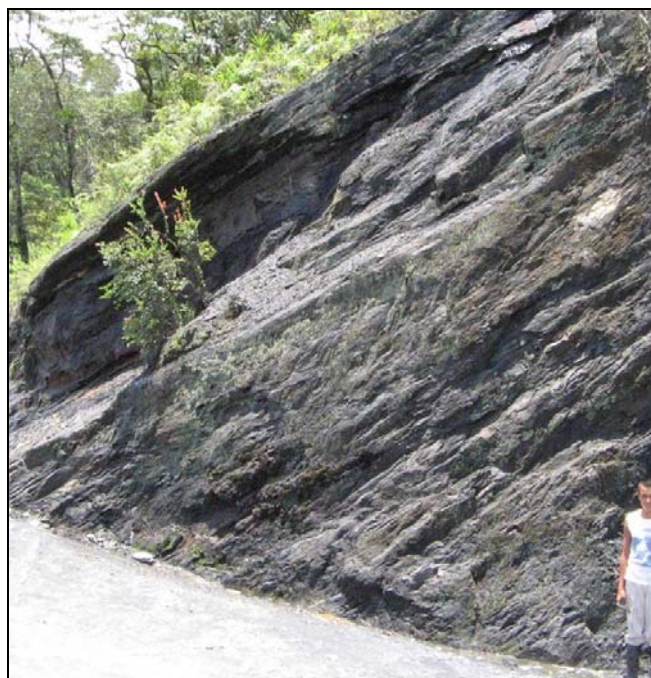


Figura 12. Nivel 1 de la Formación Paja, vía salida a Puente Nacional. Se observa de forma clara la laminación de los shales y la inclinación de las capas.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005

Este nivel presenta una perfla de meteorización que varía de 30 a 90 cm. desarrollando suelos arcillosos de color marrón con una textura grumosa y que se comporta anisotrópicamente siendo muy duros verticalmente y de manera horizontal exhiben un comportamiento muy plástico y blando (ver Figura 12)



Figura 13. Afloramiento del nivel Kip1 donde se muestra el grado de diaclasamiento que ha sufrido este nivel debido a los esfuerzos regionales y los nódulos piritos (señalados por la flecha) que fueron empleados como marcadores estratigráficos. Localizado en la salida a Arciniegas.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005



Figura 14. Vista en detalle de los nódulos piritosos presentes en el nivel Kip1. Localizados en la salida vía a Arciniegas.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005



Figura 15. Capa masiva del nivel Kip1 de la Formación Paja. Los niveles masivos son más piritosos que los laminados y se repiten con más frecuencia hacia el tope.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005

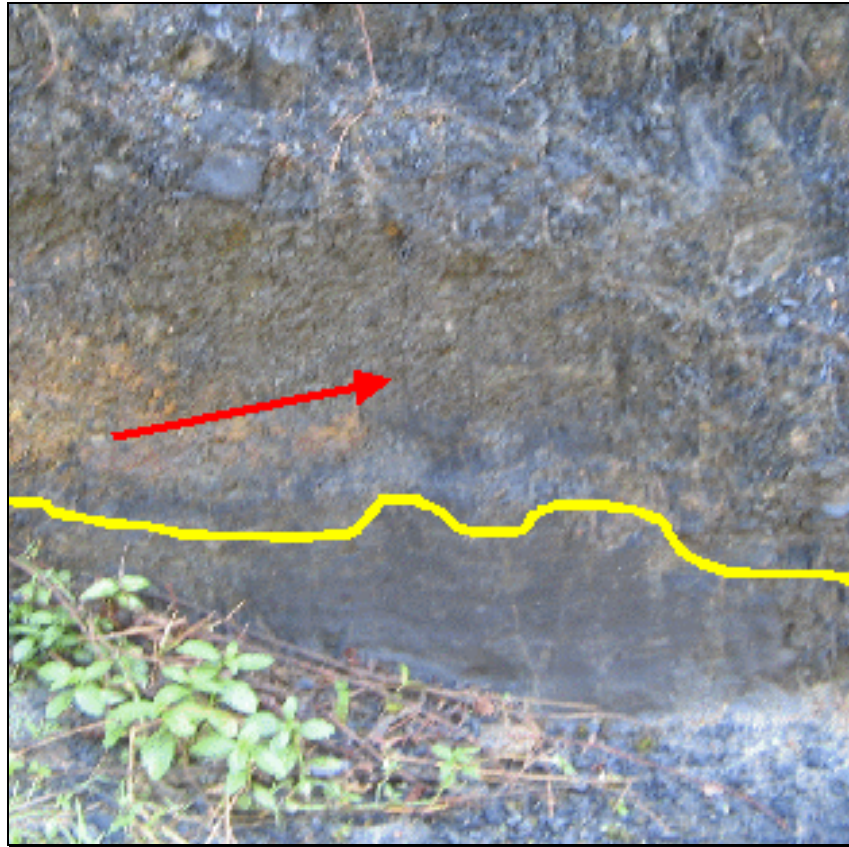


Figura 16. Formación de suelos residuales en el nivel Kip1 de la Formación Paja.

Fuente: Autores 2005

Formación Paja, Nivel 2 (Kip 2)

Esta constituido por arcillolitas abigarradas fosilíferas con laminación plano-paralela, muy físis. El nivel se diferencia del anterior por su laminación de menor espesor, su color y su posición estratigráfica. Este nivel mantiene su laminación y no presenta niveles masivos como su nivel subyacente, se encuentra menos diaclasado y localmente presenta variaciones de color y tonalidad yendo desde el marrón claro hasta el rosa claro. Se presenta hacia la parte norte del municipio y tiene un espesor de 210 metros aproximadamente. En el lugar conocido localmente como Hato Grande, el nivel se encuentra altamente diaclasado.



Figura 17. Afloramiento del nivel Kip2 encontrado en la vía hacia Arciniegas.

Fuente: Autores 2005

■ Cuaternario de coluvión. (QCol1)

Corresponden a depósitos acumulados que provienen del desprendimiento de materiales de laderas adyacentes comprendidas en el nivel Kip2 de la Formación Paja. Son depósitos de color amarillo terroso y marrón rojizos en el que los cantos subangulares y angulares se encuentran en una proporción del 60% embebidos en una matriz arcillosa (40%), que hace en su conjunto un material de una erodabilidad muy alta.

10.2.2. Geología estructural

La zona de estudios se caracteriza por presentar unas estructuras propias de un marco tectónico compresivo que dan origen a sinclinales, anticlinales y microplegamientos que afectan la zona en su conjunto dando lugar a sistemas de fracturas en una dirección preferencial que le confieren características particulares a la zona. Se encontraron en la zona urbana del Municipio una estructura anticlinal y dos sinclinales que se detectaron como estructuras principales en la escala estudiada. (ver Figura 18) A continuación se describen las estructuras encontradas:

Anticlinal de Casas Viejas

Recibe su nombre de la Quebrada Casas Viejas que se encuentra ubicada muy cercana en la parte Este del Anticlinal. Este se encuentra ubicado sobre la parte central de la zona urbana, comprende los dos niveles encontrados Kip1 y Kip2 y esta relacionado con los principales fenómenos de remoción en masa presentes en el casco urbano, debido principalmente a la fracturación que causa en la litología. Es asimétrico su flanco este tiene una inclinación de 15° y su Flanco oeste una inclinación de 25° (ver corte geológico, Figura 18)

Sinclinal del Hato

Recibe su nombre de la vereda del mismo nombre que se encuentra en cercanías del sinclinal en la parte este de la zona urbana. Su flanco Este tiene una inclinación de 30° y su flanco Oeste una inclinación de 15°. Comprende las rocas del nivel Kip1 y presenta algunos fenómenos de remoción en masa en sus flancos

Sinclinal de Arciniegas

Recibe su nombre de la Vereda Arciniegas que se encuentra en la parte Oeste de la zona de estudio. El sinclinal se localiza en la parte occidental de la zona urbana y comprende las rocas del nivel Kip2. Su flanco Este tiene una inclinación de 30° mientras que su flanco

Oeste buza 25°. Adyacente a sus flancos se encuentra material transportado o coluvión.
(Ver Anexo E, Mapa Geológico N°2)

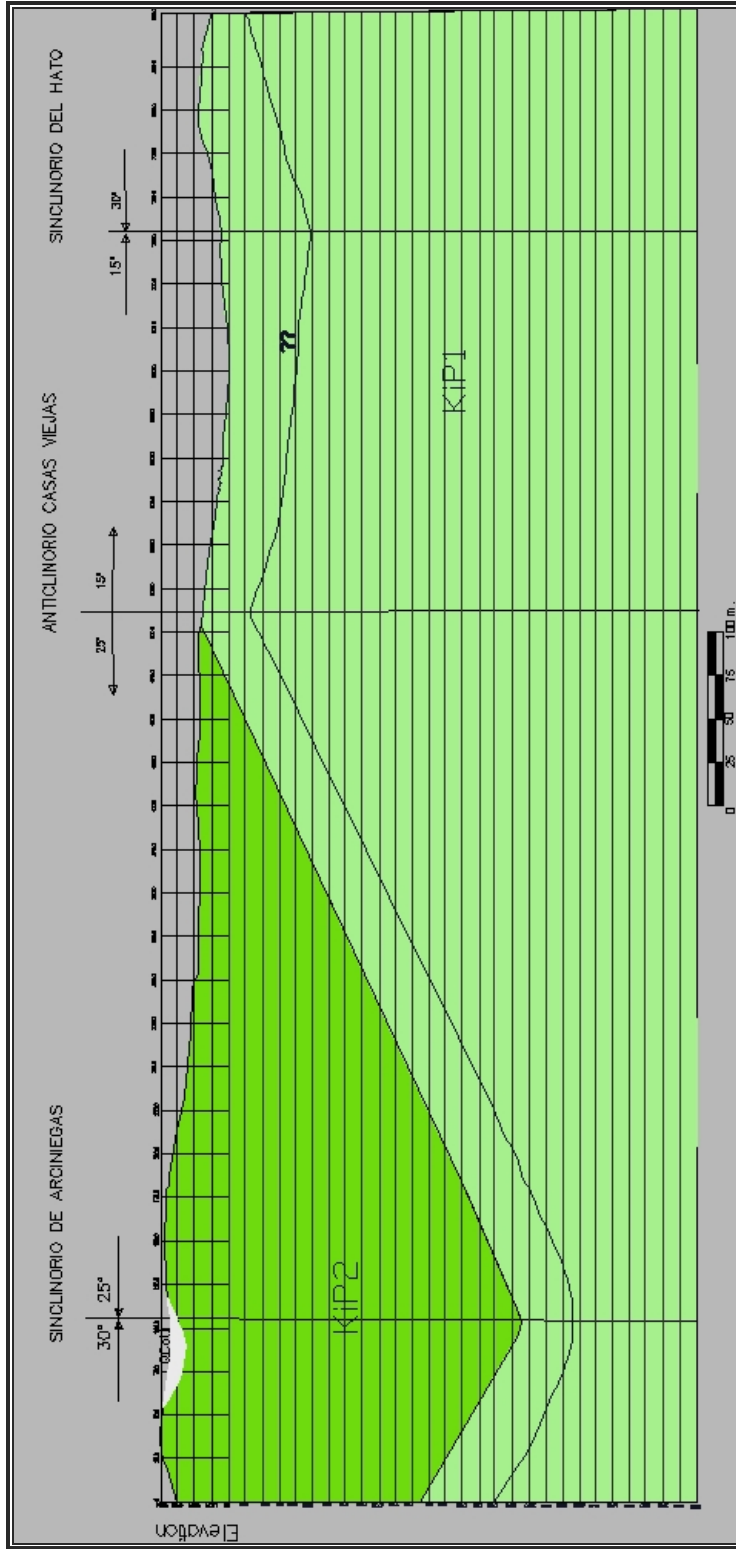


Figura 18. Corte geológico de la zona de estudio donde se muestran las principales estructuras encontradas en el área de trabajo Jesús María, Santander

Fuente: Investigación de los Autores. 2005.

11. GEOMORFOLOGIA

La geomorfología estudia y define las formas del terreno y sus procesos de desarrollo e investiga la relación entre estas formas, los procesos y su arreglo espacial en el tiempo. (Van Zuidam, R.A & Cancelado, F.I 1979). Las diferentes geoformas del paisaje presentes en el área de estudio son el resultado de la interacción de factores de tipo geológico (litológicos y tectónicos), hidrológicos y procesos tanto antiguos como actuales de erosión enmarcados en una variable tiempo. Otros factores como el clima y la cobertura vegetal inciden en el modelamiento del relieve.

En este capítulo se describen y se caracterizan las unidades geomorfológicas, presentándose el análisis desde el punto de vista cualitativo (forma del relieve) y cuantitativo (inclinación de las laderas), teniendo en cuenta los procesos dinámicos que influyeron en su origen y modelamiento. Por medio del análisis geomorfológico se pueden evaluar aspectos tan importantes como la génesis y evolución de los suelos y en general tener un conocimiento acerca de los procesos erosivos que actualmente afectan la región estudiada.

La morfometría seguida para el estudio geomorfológico está basada en tres aspectos básicos: morfometría (inclinación y forma de la pendiente), morfogénesis (unidades morfogenéticas) y morfodinámica (procesos erosivos y de remoción en masa).

11.1. MORFOMETRÍA

La morfometría es la rama de la geomorfología que se ocupa de la descripción cuantitativa de las características o formas del terreno como longitud, inclinación de las pendientes y altura de las laderas. Al establecer y cuantificar la morfometría de las geoformas del terreno es posible hacer la evaluación de los procesos morfodinámicos

11.1.1. Caracterización de las pendientes del terreno

Para la elaboración del mapa morfométrico (Anexo E, Mapa Morfométrico N°3) se utilizó una base topográfica digital escala 1:1000 a partir del cual se generó el modelo digital del terreno aplicando el software ARCVIEW 3.1 en el que se definieron cinco (5) intervalos de pendientes según el cuadro 21.

PENDIENTES SEGÚN LA INCLINACIÓN			
TIPO	CLASIFICACION	ÁREA m²	PORCENTAJE
PLANA	0 - 5	57558.59	18.97%
LEVEMENTE INCLINADA	5 - 10	90572.26	29.86%
INCLINADA	10 - 20	120136.04	39.60%
MODERADAMENTE ABRUPTO	20 - 30	25146.35	8.29%
ABRUPTO	30 - 40	6167.70	2.03%
ESCARPADO	40 - 90	3792.81	1.25%
AREA TOTAL		303373.75	100%

Cuadro 21. Clasificación morfométrica de la pendiente según su inclinación.

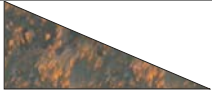


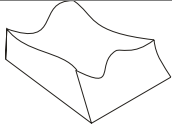
Fuente: Tomado y modificado Esquema de Ordenamiento Territorial, municipio de Jesús María, 2005.

Se elaboró además un mapa de formas de pendiente con el fin de observar la relación entre esta y las variables que intervienen como factores detonantes en los deslizamientos. Para la elaboración de este mapa se empleó la clasificación de Van Zuidam (1979). (Ver Cuadro 22 y Anexo E, Mapa Formas de la pendiente)

Los mapas de inclinación de la pendiente y forma de la pendiente constituyen un factor importante para el análisis de los procesos erosivos y de remoción en masa, y constituyen la base para la creación del mapa geomorfológico.

El mapa de pendientes se elaboró generado mediante el software ARCVIEW 3.1. Anexo 4. Se modificaron los rangos de pendientes propuestos por la clasificación del ITC de

Holanda y se partió de una unidad mínima de mapeo de 5 m² acorde con la escala trabajada de 1:1000. Los siguientes porcentajes de áreas se obtuvieron a partir del mapa de las pendientes según su forma.

PENDIENTES SEGÚN SU FORMA		AREAS M ²	PORCENTAJE %
RECTA		30424.83	10.03%
CÓNCAVA		78990.00	26.04%
CONVEXA		88160.74	29.06%
ONDULADA		105840.23	34.89%
ÁREA TOTAL		303373.75	100%

Cuadro 22. Clasificación de la pendiente según su forma.
Fuente: Tomado y modificado de Van Zuidam, 1979.

11.2. MORFOLOGÍA

Las geoformas del paisaje son el resultado de la interacción de factores de tipo geológico, hidrológicos y proceso presentes y antiguos de erosión y remoción enmarcados en la variable tiempo.

11.2.1. Unidades morfogenéticas presentes

Corresponden a las formas del terreno por sus cualidades morfogenéticas litológicas y morfométricas. Las unidades morfológicas presentes en el área de estudio se agruparon según su génesis y el modelado presente en su dominio.

Se observaron tres tipos de modelado según la forma de transporte que predomina el denudativo, torrencial, estructural y antropogénico los cuales se muestran en el cuadro 23.

ORIGEN	CARACTERISTICAS
DENUDACIONAL	Geoformas Asociadas a desgastes, efectos litológicos no mayores. Geoformas influenciadas por la litología y la erosión fluvial linear y asociadas con proceso denudativos específicos de desgaste de masas
TORRENCIAL	Corresponde a aquellos sectores donde predomina el transporte lento de depósitos no consolidados debido al movimiento de gravedad de masas de tierra cuando se encuentran sobresaturadas de humedad. Las unidades geomorfológicas más comunes derivadas de este proceso se denomina coluvios, depósitos torrenciales, flujos de escombros y conos, unidades en donde ocurren los mismos procesos morfodinámicos.
ESTRUCTURAL	Geoformas asociadas con las capas de roca estratificadas o estructuralmente controladas relacionadas con plegamientos levantamientos y fallamiento.
ANTROPOGÉNICO	Aquellas formas del relieve que son el producto de modificaciones causadas por la intervención del hombre.

Cuadro 23. Clasificación del origen de las unidades geomorfológicas presentes en la zona de estudio.

Fuente: Tomado y modificado de CORPES, 1991.

UNIDAD MORFOGENETICA	SIMBOLO	ÁREA M ²	PORCENTAJE %
RELLENO	A1	6.227	2.05
EXPLANACIÓN	A2	2.028	0.67
COLINA DENUDACIONAL	DC	1.530	0.50
DEPRESIÓN ESTRUCTURAL	DE	21.289	7.02
LOMO DENUDACIONAL	DL	25.582	8.43
PENDIENTE DENUDACIONAL	DP	11.689	3.85
PLANO DENUDACIONAL	DP	56.817	18.73
COLINA ESTRUCTURAL	EC	1.136	0.37
DEPOSITO TECTÓNICO COLUVIAL	EC	12.503	4.12
ESCARPE	EE	59.145	19.50
PENDIENTE IRREGULAR	EI	41.257	13.60
LOMO TECTÓNICO	EL	19.229	6.34
PENDIENTE ESTRUCTURAL	EP	11.550	3.81
PENDIENTE ESTRUCTURAL	EP	21.321	7.03
COLUVIO SOBRE FRENTE MASIVO	T1	12.073	3.98
ÁREA TOTAL		303373.75	100%

Cuadro 24. Unidades Morfogenéticas presentes en la zona de estudio.

Fuente: Tomado y modificado ITC Holanda, 1969.

Formas de origen denudacional

Geoformas Asociadas a desgastes, efectos litológicos no mayores. Geoformas influenciadas por la litología y la erosión fluvial linear y asociadas con proceso denudativos específicos de desgaste de masas

Lomo Denudacional (DL)

Esta geoforma comprende un lomo localizado en la parte media de la zona de estudio y que se encuentra subyaciendo la mayor parte de la zona urbana. Se caracteriza por

presentar pendientes planas y rectas que oscilan entre los 0 y los 10°. Comprende el nivel Kip1 de la Formación Paja. Su extensión es de 25582.158 m². Su origen se atribuye los procesos tectónicos de levantamiento de la Cordillera Oriental. Se considera que en la actualidad esta sometido a procesos de tipo denudativo como erosión laminar, no se observó una afectación directa por aporte de las estructuras presentes en la zona. (Ver Anexo E, Mapa Morfodinámico N°4). No se encuentra vegetación sobre esta geoforma debido a los procesos de urbanización que se dieron sobre esta.

■ **Pendiente Denudacional (DP)**

Corresponde a pendientes ubicadas en la parte norte de la zona de estudio, comprenden el nivel Kip2 de la Formación Paja, con pendientes planas, cóncavas y convexas que oscilan entre los 20 y los 40°. Tienen un grado de disección medio. Su origen se atribuye a procesos tectónicos que dieron origen al levantamiento de la cordillera. Su extensión total es de 11688.84 m². En el presente se encuentra sometida a procesos morfodinámicos activos. (Ver sección Morfodinámica 11.3.). La vegetación presente en la zona corresponde a arbustos y árboles nativos.

■ **Plano Denudacional (DP)**

Comprende las geoformas de mayor extensión de pendientes planas y rectas con una inclinación que oscila entre los 5 y los 15° ubicadas en la parte Sureste y Suroeste de la zona de estudio. Abarca un área total de 56816.69 m². Se encuentran ubicados sobre el nivel Kip1 de la Formación Paja tienen un grado de disección bajo y en surcos.

La vegetación presente es su origen se atribuye a los procesos erosivos presentes en la zona. En el presente se encuentra afectada por procesos de tipo erosivo laminar y de tipo arbustiva y de pastos y se encuentra localizada en un área menor debido a los procesos urbanísticos que afectan la zona.

Formas de origen torrencial

Corresponde a aquellos sectores donde predomina el transporte lento de depósitos no consolidados debido al movimiento de gravedad de masas de tierra cuando se encuentran sobresaturadas de humedad. Las unidades geomorfológicas más comunes derivadas de este proceso se denominan coluvios, depósitos torrenciales, flujos de escombros y conos, unidades en donde ocurren los mismos procesos morfodinámicos.

Coluvio sobre frente masivo (T1)

Geoforma que corresponde a un lomo originado por los procesos torrenciales como flujos y deslizamientos presentes en la zona (ver sección Morfodinámica 11.3) Se encuentran ubicado en la parte Sureste de la zona de estudio, se caracteriza por presentar pendientes rectas y planas que oscilan entre los 15° y los 30°. Comprende un depósito coluvial caracterizado por gravas angulares sumidas en una matriz limo-arcillosa cuyo origen se atribuye al nivel Kip2 de la Formación Paja. Abarca un área de 12080.65 m².

Se considera que en este momento los procesos que controlan esta geoforma son de tipo torrencial con procesos morfodinámicos que actúan de manera constante y extensiva sobre la geoforma. El tipo de vegetación presente corresponde a árboles, arbustos y pastos propios del orobioma de selva subandino.

Formas de origen estructural

Geoformas asociadas con las capas de roca estratificadas o estructuralmente controladas relacionadas con plegamientos levantamientos y fallamiento.

Colina Estructural (EC)

Corresponde a una columna de pendientes suaves y convexas que oscilan entre los 30° y los 40°. Se ubica en la parte norte de la zona de estudio y comprende una extensión de 1135.96 m². Se encuentra suprayaciendo el nivel Kip2 de la Formación paja. Su origen

se atribuye principalmente la modelado de tipo torrencial presente en la zona favorecido e influenciado fuertemente por la estratificación que en esa zona esta a favor de la pendiente. En el presente esta sometida a procesos de tipo erosivo influenciados por la dirección de la estratificación.

■ **Deposito tectónico coluvial (EC)**

Geoforma que corresponde a depósitos originados por los procesos que afectan al dinámica de las estructuras presentes en la zona. Se encuentra ubicado en la parte Noreste de la zona de estudio, se caracteriza por presentar pendientes convexas que oscilan entre los 30 y los 40°. Comprende un deposito coluvial caracterizado por gravas angulares sumidas en una matriz limo-arcillosa cuyo origen se atribuye al nivel Kip2 de la Formación Paja. Abarca un área de 12503.35 m². Su origen se atribuye a los procesos tectónicos de levantamiento presentes en al zona así como también a los procesos erosivos que se vieron favorecidos por las diaclasas que se constituyeron un factor que favoreció el desgaste y abrasión de los materiales. Se considera que en este momento los procesos que controlan esta geoforma son de tipo estructural y denudacional. El tipo de vegetación presente corresponde a árboles, arbustos y pastos propios del orobioma de selva subandino.

■ **Lomo Tectónico (EL)**

Geoforma que corresponde a un lomo originado por el levantamiento del Anticlinal Casa Viejas. Se encuentran ubicados en la parte Central de la zona de estudio, se caracteriza por presentar pendientes cóncavas y planas que oscilan entre los 0 y los 10°. Comprende el nivel Kip1 de la Formación Paja. Abarca un área de 19228.73 m². Se considera que en este momento los procesos que controlan esta geoforma son de tipo estructural y denudacional. El tipo de vegetación presente corresponde a árboles, arbustos y pastos propios del orobioma de selva subandino.

Pendiente Estructural (EP)

Corresponde a pendientes ubicadas en la parte Este y Oeste de la zona de estudio, comprenden el nivel Kip1 de la Formación Paja, con pendientes planas y rectas que oscilan entre los 25 y los 40°. Tienen un grado de disección bajo. Su origen se atribuye a los procesos tectónicos que dieron origen al levantamiento de la cordillera y al establecimiento de las estructuras presentes en la zona. Su extensión total es de 16404,8 m². En el presente se encuentra sometida a procesos morfodinámicos activos. Como flujos y deslizamientos (ver sesión Morfodinámica 11.3.). La vegetación presente en la zona corresponde a arbustos y árboles nativos.

Escarpe (EE)

Corresponde a pendientes ubicadas en la parte Sur y Oeste de la zona de estudio, comprenden el nivel Kip1 y Kip2 de la Formación Paja, con pendientes cóncavas y convexas que oscilan entre los 20 y los 40°. Tienen un grado de disección bajo. Su origen se atribuye a los procesos tectónicos que dieron origen al levantamiento de la cordillera y al establecimiento de las estructuras presentes en la zona, así como también a los procesos de modelado denudativo y torrencial que se dieron en su formación. Su extensión total es de 59144.95 m². En el presente se encuentra sometida a procesos morfodinámicos activos como flujos y deslizamientos (ver sesión Morfodinámica 11.3.). La vegetación presente en la zona corresponde a arbustos y árboles nativos.

Formas de origen antropogénico

Aquellas formas del relieve que son el producto de modificaciones causadas por la intervención del hombre.

Relleno Compactado (A1)

Unidad caracterizada por presentar una morfometría plana y recta con disección nula. Se ubica en la parte Noreste de la zona de estudio y tiene una extensión de 6226.91 m². Su

génesis se debe a un relleno compactado de material limo-arcilloso que fue realizado en el sitio como una obra correspondiente a la cancha municipal. En el momento de la observación de campo se determinó que estaba sometida a un proceso de reptación lenta que se evidenciaban por el daño en las estructuras de contención y soporte que fueron diseñadas para la estabilización del movimiento presente. (Ver detalle del proceso en la sección Morfodinámica 11.3.). La vegetación presente en esta geoforma es herbácea y comprende principalmente pastos y malezas.

■ Explanación (A2)

Corresponde a la vía principal que conduce a Puente Nacional, se caracteriza por presentar una pendiente plana y recta, no mayor de 10°. Comprende el nivel Kip1 de la Formación Paja. No se observa disección considerándose nula. Se encuentra ubicada en la parte sureste de la zona de estudio, y comprende un área de 2027.83 m² su origen se atribuye a las obras civiles que dieron lugar a esta vía.

Se clasifica dentro de las unidades antrópicas por el tipo de procesos que controlan y moldean su evolución y desarrollo como las obras de mantenimiento y el constante tráfico que influye de alguna manera en su aspecto. Esta unidad esta afectada por los procesos antrópicos de mantenimiento y tráfico en la vía, así como los procesos naturales de caídas y flujos de escombros sobre la vía producto de los proceso morfodinámicos que afectan la unidad adyacente y topográficamente superior. Esta geoforma se encuentra afectada sobremanera por los niveles freáticos superficiales que se encuentran aflorando en la vía siendo un factor de activación de procesos morfodinámicos localizados como flujos de escombros y hundimientos en la vía. La vegetación sobre esta unidad es nula por los procesos a los que esta sometida.

11.3. MORFODINAMICA

Corresponde al estudio de los procesos morfodinámicos presentes y pasados, es decir todos aquellos procesos erosivos y de remoción en masa que modifican el relieve.

11.3.1. Procesos erosivos

Corresponden a proceso de remoción, transporte y acumulación de las capas más superficiales del suelo por la acción de la escorrentía y gotas de lluvia (erosión hídrica), viento (erosión eólica) y movimiento de masas de hielo (erosión glacial), generalmente ayudadas por la acción del hombre.

Estos procesos constituyen la etapa inicial de muchos fenómenos de remoción en masa, debido a que las laderas pierden su cobertura vegetal y suelos, quedando expuestas a la acción de los agentes climáticos.

En consecuencia la erosión empieza a desarrollarse donde interviene la combinación del clima y la geología, siendo los suelos y la vegetación dependientes de ellos y relacionados mutuamente. Las formas de erosión presentes en la zona corresponden a laminar, surcos y cárcavas como se muestra en el cuadro 27 con sus respectivas áreas de afectación en el área urbana de Jesús María y los tipos de intensidad de erosión se definieron de acuerdo a Van Zuidam (1978) en los cuadros 25 y 26 a continuación:

TIPO	CANALES DE DRENAJE
EROSIÓN LAMINAR (SHEET EROSIÓN)	Ausentes
EROSIÓN EN SURCOS (RILL EROSIÓN)	Menores de 50 cm. de profundidad
EROSIÓN EN CÁRCAVAS (GULLY EROSIÓN)	Entre 50 y 500 cm. de profundidad

Cuadro 25. Tipos de erosión según Van Zuidam.

Fuente: <http://geography.sierra.cc.ca.us/> 2005

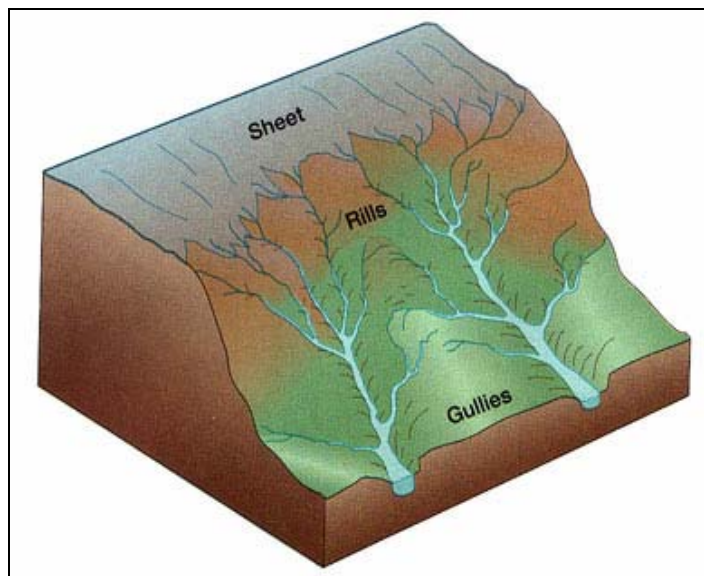


Figura 19. Caracterización de los tipos de erosión encontradas en la zona de estudio.

Fuente: <http://geography.sierra.cc.ca.us/> 2005

Para efectos de este estudio se efectuaron las formas de erosión hídrica. En el proceso de cartografía de la erosión se empleó la metodología del ITC de Holanda (1979), determinando erosión laminar y en surcos.

- **Laminar.** Tipo de erosión que se sucede mediante desplazamientos cortos de partículas, de suelo o en algunos casos mediante la formación de pequeños surcos temporales. En él intervienen dos procesos fundamentales:
 - a) El desprendimiento de pequeñas partículas de suelo.
 - b) El desplazamiento de dichas partículas
- **Surcos.** Este tipo de erosión se desarrolla a partir del escurrimiento difuso, cuando la remoción del suelo ocurre en mayor cantidad a lo largo de pequeños canales formados por la concentración de la esorrentía.

TIPO Y PROFUNDIDAD (CM)	ESPACIAMIENTO					
	5	5-15	15-50	50-150	150-500	>500
SURCOS	Severa	Moderada	Baja			
CARCAVAS	Severa	Severa	Moderada	Baja		
50-150						
150-500	Severa	Severa	Severa	Moderada	Baja	

Cuadro 26. Intensidad de las formas de erosión según su espaciamento según Van Zuidam.

Fuente: <http://geography.sierra.cc.ca.us/> 2005

El tipo de erosión que se presenta en mayor escala es el laminar que se distribuye a lo largo de toda la zona de estudio, con predominio de intensidad baja. El tipo de erosión en surcos se presenta en el costado Oeste del pueblo en el nacimiento de la Quebrada El Mugre.

PROCESO MORFODINAMICO	SIMBOLO	AREA	PORCENTAJE %
LAMINAR	L	172255.62	56.78
SURCOS	S	19309.74	6.37
CARCAVAS	Ca	227.53	0.075
FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	Des	49753.30	16.4
ÁREA CONSTRUIDA - AUSENTE	C	61827.57	20.38
ÁREA TOTAL		303373.75	100%

Cuadro 27. Procesos Morfodinámicos encontrados en la zona de estudio.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005

11.3.2. Fenómenos de remoción en masa

Son movimientos caracterizados por desarrollar una superficie de rotura, una zona de desplazamiento y zona de acumulación de material desplazado bien definida. Ocurren sobre laderas de pendientes suaves a escarpadas, sobre todo tipo de materiales litológicos, a diferentes velocidades y en este proceso pueden operar indistintamente uno

o varios agentes detonantes de movimiento. También generan diferentes mecanismos de rupturas y diferentes clasificaciones.

Tipos de movimientos en masa

Deslizamiento rotacional

En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo en movimiento. Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento.

En muchos deslizamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de “cuchara”. Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a ser semivertical, lo cual facilita la ocurrencia de movimientos retrogresivos.

El movimiento aunque es curvilíneo no es necesariamente circular, lo cual es común en materiales residuales donde la resistencia al corte de los materiales aumenta con la profundidad. En la cabeza del movimiento, el desplazamiento es aparentemente semivertical y tiene muy poca rotación, sin embargo se puede observar que generalmente, la superficie original del terreno gira en dirección de la corona del talud, aunque otros bloques giren en la dirección opuesta.

Dentro del deslizamiento comúnmente, ocurren otros desplazamientos curvos que forman escarpes secundarios y ocasionalmente ocurren varios deslizamientos sucesivos en su origen pero que conforman una zona de deslizamientos rotacionales independientes. (Suárez 1998).

■ Deslizamiento translacional

En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. La diferencia importante entre los movimientos de rotación y traslación está principalmente, en la aplicabilidad o no de los diversos sistemas de estabilización.

Sin embargo, un movimiento de rotación trata de auto-estabilizarse, mientras uno de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo. Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies de debilidad tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación y zonas de cambio de estado de meteorización que corresponden en términos cuantitativos a cambios en la resistencia al corte de los materiales o por el contacto entre la roca y materiales blandos o coluviones. (Suárez 1998).

■ Flujos

En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos (Figura 19), así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra.

Los flujos muy lentos o extremadamente lentos pueden asimilarse en ocasiones, a los fenómenos de reptación y la diferencia consiste en que en los flujos existe una superficie fácilmente identificable de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras en la reptación la velocidad del movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura.

La ocurrencia de flujos está generalmente, relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación conduce a la formación de un flujo. (Suárez 1998).

11.3.3. Inventario de movimientos en masa

Fenómeno de remoción en masa 1

Localización

Escuela municipal, zona noreste adyacente a la cancha de fútbol, zona escolar.



Figura 20. Vista general del movimiento presente en el costado noreste de cancha de fútbol de la zona escolar municipal.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005

Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo flujo de detritos con un desplazamiento relativo lento y una velocidad de movimiento lento, el material desplazado esta compuesto principalmente de

suelo residual y fragmentos de roca meteorizada, con una matriz del 75% arcilla limosa y los fragmentos se componen de gravas angulares de arcillosita en un 25%. El Movimiento se encuentra sobre roca sedimentaria de tipo arcillolita abigarrada medianamente meteorizada, se considera que es un movimiento activo intermitente donde periodos de inactividad se siguen a periodos de avance progresivo, con la lluvia como primer factor detonante.

La edad del movimiento se considera reciente por las evidencias encontradas como el material desplazado y los árboles caídos. Se considera que está desarrollado y su avance es retrogresivo lo que puede llegar a afectar la vía que conduce al municipio de Sucre. El mecanismo de ruptura es rotacional y la posición del plano de falla es suelo residual sobre roca meteorizada. La geometría del depósito es alargado y su forma es de lengua. Se encuentran elementos geomorfológicos visibles como:

Cabeza: Tiene una corona bien definida, fisuras de coronación y escarpe principal.

Cuerpo: Se encuentran bien definidos los flancos izquierdo y derecho, no presenta fisuras longitudinales.

Pata: A parte de algunos lóbulos de material desplazado no se presenta ningún elemento geomorfológico.

Se consideran como factores contribuyentes el fracturamiento y la meteorización y como factores detonantes evidentes la lluvia y la infiltración de las aguas. No se observa una causa evidente para este movimiento a parte de unos árboles muy pesados que en el momento de la captura de los datos se encontraba con las raíces levantadas.

Fenómeno de remoción en masa 2

Localización

Colegio Lorenzo de Salazar, zona norte adyacente a la cancha de fútbol.



Figura 21. Vista general del movimiento presente en la cancha de fútbol del colegio municipal.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005

■ Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo reptación con un desplazamiento relativo lento y una velocidad de movimiento muy lenta, se evidencia por el abombamiento que sufre el muro de gaviones que se encuentra adyacente a la cancha de Fútbol.

No hay material desplazado pero se considera su actividad por lo anteriormente mencionado. El material sobre el que se encuentra es un relleno que se realizó sobre la cancha y que superficialmente esta compuesto de un material limo arcilloso en un 100%. Se considera que es un movimiento activo progresivo. La edad del movimiento se considera reciente como es evidente por sus características. Se considera que esta desarrollado y su avance es lateral por lo que puede llegar afectar completamente la estructura que se realizó como obra de contención. El mecanismo de ruptura no es evidente por las características presentadas: relleno compactado y la posición del plano de falla no es evidente, se considera por el entorno que es un relleno sobre roca

medianamente meteorizada. La geometría del depósito es irregular y su delimitación no es evidente, debido a esto no fue posible la realización de un perfil esquemático del fenómeno que se considera que opera principalmente sobre el relleno. No se encuentran elementos geomorfológicos visibles como: cabeza cuerpo o pata.

Se consideran como factores contribuyentes la saturación del relleno. Y como factores detonantes evidentes la lluvia y la infiltración de las aguas. La causa principal para este movimiento se considera estriba en la saturación del terreno y la compactación deficiente.

Fenómeno de remoción en masa 3

Localización

Colegio Lorenzo de Salazar y Escuela Manuela Beltrán, zona norte adyacente a la cancha de fútbol.



Figura 22. Vista general del FRM presente en la parte Norte del Colegio Lorenzo de Salazar.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005

Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo reptación con un desplazamiento relativo lento y una velocidad de movimiento muy lenta, se evidencia por el abombamiento que sufre el muro de gaviones que se encuentra como obra de contención para la estabilización del mismo. No hay material desplazado pero se considera su actividad por el anteriormente mencionado.

El material sobre el que se encuentra se compone de arcillositas abigarradas con sus planos de estratificación orientados en dirección de la pendiente. Se considera que es un movimiento activo progresivo. La edad del movimiento se considera reciente como es evidente por sus características. Se considera que está desarrollado y su avance es lateral por lo que puede llegar a afectar completamente la estructura que se realizó como obra de contención. El mecanismo de ruptura es planar por las características presentadas: planos de estratificación en dirección de la pendiente y la posición del plano de falla es roca medianamente meteorizada sobre roca fresca. La geometría del depósito es elongada y se considera que su perímetro de afectación se encuentra delimitado por la obra de contención existente. No se encuentran elementos geomorfológicos visibles como: cabeza, cuerpo o pata debido a esto no fue posible la realización de un perfil esquemático del fenómeno.

Se consideran como factores contribuyentes la sobrecarga por el peso de las edificaciones y la estratificación en dirección de la pendiente y como factores detonantes evidentes la lluvia y la infiltración de las aguas. La causa principal para este movimiento se considera estriba en la saturación del terreno y la sobrecarga por la edificación.

Fenómeno de remoción en masa 4

Localización

Sector G, adyacente a la zona donde se establecen las Escuelas y El Colegio Lorenzo de Salazar.



*Figura 23. Detalle de las terracetas presentes en el cuerpo del movimiento ubicado. Parte Este zona escolar
Fuente: Investigación de los Autores, 2005.*

Descripción del movimiento

Es un movimiento complejo que combina los fenómenos de reptación y flujo de acuerdo a las condiciones generales del entorno, comportándose como flujo rápido en los periodos de alto nivel de precipitación y como reptación a lo largo del tiempo en que no se encuentran las condiciones de saturación del terreno necesarias para el flujo. Se observa un desplazamiento relativo lento y rápido alternados al igual que la velocidad de movimiento, el material desplazado está compuesto principalmente de suelo residual y fragmentos de roca fresca con una matriz del 60% arcilla y los fragmentos se componen de gravas angulares, cantos y bloques de hasta un (1) metro.

El Movimiento se encuentra sobre roca sedimentaria de tipo arcillolita abigarrada medianamente meteorizada, se considera que es un movimiento activo intermitente donde periodos activos decrecientes se siguen a periodos de activos continuos. La edad del

movimiento se considera reciente por las evidencias encontradas como el material desplazado y los árboles caídos. Se considera que esta desarrollado y su avance es lateral. El mecanismo de ruptura es planar y la posición del plano de falla es suelo residual sobre roca medianamente meteorizada. La geometría del depósito es elongado y su forma es de lengua. Se encuentran elementos geomorfológicos visibles como:

Cabeza: No muestra una corona bien definida, ni fisuras de coronación pero exhibe un escarpe principal.

Cuerpo: Se encuentran bien definidos los flancos izquierdo y derecho, no presenta fisuras longitudinales. Se presentan terracetas distribuidas por todo el cuerpo.

Frente: Es donde se encuentran las principales evidencias, se presenta abombamientos a lo largo de todo el movimiento.

Pata: A parte de algunos lóbulos de material desplazado no se presenta ningún elemento geomorfológico

Se consideran como factores contribuyentes el fracturamiento y la meteorización, y la carga de escombros que fueron arrojados sobre este lugar. Según reporte de los pobladores el sitio fue por algún tiempo el lugar donde se arrojaba el material arcilloso que se extraía de la explotación de los sitios adyacentes. Como factores detonantes evidentes la lluvia y la infiltración de las aguas. Se considera como causa evidente la sobrecarga por escombros y la saturación del terreno.

Fenómeno de remoción en masa 5

Localización

Carrera 4, Calle de las trampas



Figura 24. Muro de Contención localizado en la Calle de las Trampas

Fuente: Investigación de los Autores, 2005.

■ Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo flujo de detritos con un desplazamiento relativo lento y una velocidad de movimiento lento, el material desplazado está compuesto principalmente de suelo residual, con una matriz del 85% de arcilla limosa y los fragmentos se componen de cantos angulares de aproximadamente 30 cm de diámetro. El movimiento se encuentra sobre roca sedimentaria de tipo arcillolita abigarrada medianamente meteorizada, y sobre los shales negros piritosos que corresponden a los niveles Kip 2 y Kip1 respectivamente.

Se considera que es un movimiento activo intermitente donde largos periodos de inactividad se siguen a periodos de avance progresivo, con la lluvia como primer factor detonante. La edad del movimiento se considera reciente por las evidencias encontradas como el material desplazado y los árboles desplazados. Se considera que esta

desarrollado y su avance es retrogresivo lo que puede llegar a afectar la calle de las trampas y al obra de contención que se realizo con fines de estabilización. El mecanismo de ruptura es rotacional y la posición del plano de falla es suelo residual sobre roca meteorizada. La geometría del deposito es alargado y su forma es de lengua. Se encuentran elementos geomorfológicos visibles como:

Cabeza: Tiene una corona definida que se encuentra enmascarada por las obras que se han hecho sobre este como lo son un muro de contención de aproximadamente 7 m de largo por tres de alto y un relleno de material pétreo gravoso que se ha hecho sobre la vía. En periodos de invierno se aprecia una sutura de coronación que evidencia la actividad del movimiento fisuras de coronación y escarpe principal.

Cuerpo: Se encuentran bien definidos los flancos izquierdo y derecho, no presenta fisuras longitudinales.

Pata: Se encuentran lóbulos de material desplazado y árboles caídos.

Se consideran como factores contribuyentes el fracturamiento y la meteorización y como factores detonantes evidentes la lluvia y la infiltración de las aguas. La principal causa que se asume para este movimiento es la descarga de aguas que se hace sobre el sitio, tanto de manera antrópica como natural ya que es un drenaje de este tipo.

Fenómeno de remoción en masa 6

Localización

Viviendas ubicadas en el Sector H de la cabecera urbana, Jesús María.



Figura 25. Vista general de la ubicación del movimiento en el sector H.

Fuente: investigación de los autores, 2005.

■ Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo reptación. Se observa un desplazamiento relativo lento y rápido alternados al igual que la velocidad de movimiento, el material desplazado está compuesto principalmente de suelo residual con una matriz del 95% arcilla y los fragmentos de gravas angulares, se considera que el terreno se encuentra fuertemente influenciado por la acción antrópica y debido a esto se encuentran rellenos en ciertas partes del área de influencia del movimiento.



Figura 26. Daño a edificación por causa del movimiento en masa presente en el lugar.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005.

El fenómeno se presenta sobre suelos residuales del nivel Kip2 que tienen un color marrón, una textura arcillosa y una estructura masiva plástica. Se considera que es un movimiento activo intermitente donde periodos activos se siguen a periodos de inactividad. La actividad del movimiento no es tan evidente por la velocidad del mismo pero se evidencia en los daños a estructuras civiles (Figura 26) y por el fototropismo de los árboles. La edad del movimiento se considera reciente por las evidencias encontradas mencionadas anteriormente. Se considera que esta desarrollado y su avance es lateral. El mecanismo de ruptura no es evidente y la posición del plano de falla es suelo residual sobre roca medianamente meteorizada. La geometría del depósito es elongado y su forma es de lengua. Se encuentran elementos geomorfológicos visibles como:

Cuerpo: Se presentan lóbulos de deformación distribuidos por todo el cuerpo.

Se consideran como factores contribuyentes el fracturamiento, la meteorización. Se consideran como factores detonantes la precipitación y la descarga de aguas que se hace sobre el terreno contribuyendo a la saturación y movimiento del terreno. Se considera como causa evidente la sobrecarga por las construcciones y la saturación del terreno por el mal drenado de las aguas.

Fenómeno de remoción en masa 7

Localización

Sector J, en el sector La primavera en la vía que conduce a Florián.



*Figura 27. Vista general del hospital antiguo que se ubica sobre un movimiento de tipo reptación
Fuente: Investigación de los Autores, 2005.*

■ Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo reptación. Se observa un desplazamiento relativo lento al igual que la velocidad de movimiento, el material desplazado está compuesto principalmente de suelo residual y escombros: material de construcción que se compone principalmente de gravas y bloques de ladrillos y concreto; y suelo residual compuesto principalmente de arcilla en un 100%.

El Movimiento se encuentra sobre roca sedimentaria de tipo shale carbonaceo piritoso que corresponde al nivel Kip1, se considera que es un movimiento activo constante. La edad del movimiento se considera reciente por las evidencias encontradas anteriormente descritas. Se considera que está desarrollado y su avance es de forma lateral. El mecanismo de ruptura no es evidente y la posición del plano de falla es suelo residual sobre roca fresca. La geometría del depósito es elongado y su forma de lengua. Se encuentran elementos geomorfológicos visibles como:

Cuerpo: Se aprecia la deformación del terreno debido a los daños en estructuras civiles (hospital antiguo) y la curvatura adquirida por una calle a lo largo de diez años de acuerdo al reporte de los pobladores.



Figura 28. Vista donde se muestra los elementos geomorfológicos presentes en el cuerpo del movimiento. Obsérvese la disposición en escalones debido a la intervención antrópica. Las flechas en naranja indican las zonas de empozamiento que se encontraron en el sitio.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005.

Se consideran como factores contribuyentes la saturación del terreno y la carga de escombros que fueron arrojados sobre este lugar. El sitio se encuentra utilizado hasta la fecha de la visita de campo como un lugar para la disposición de los escombros de construcción. Como factores detonantes se consideran la sobrecarga por los escombros y la saturación del terreno por la lluvia, se pudo apreciar en la visita de campo que después de la una lluvia moderada existía una lamina de agua de cinco (5) cm. sobre la parte plana del lugar. Se considera como causa evidente la sobrecarga y la saturación del terreno



Figura 29. Fotografía del centro de salud antiguo que muestra el daño debido al fenómeno de remoción en masa presente en el sitio.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.



Figura 30. Fotografía que muestra el daño al antiguo hospital debido al fenómeno de remoción en masa presente en el sitio.

Fuente: Investigación de los Autores, 2005.

Fenómeno de remoción en masa 8

Localización

Parque infantil ubicado en el sector B.



Figura 31. Vista general del movimiento presentado en el parque infantil. En rojo se aprecia la fisura que maraca el hundimiento presente en el sitio.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo complejo, que evidencia un comportamiento de flujo en su parte inferior y como reptación en la parte superior. Para la caracterización de este movimiento se debe considerar que existe un nivel freático superficial en su dominio. Se considera que tiene un desplazamiento relativo lento y una velocidad de movimiento lento, el material desplazado esta compuesto principalmente de suelo residual de color negro, textura arcillosa y estructura grumosa. El movimiento se encuentra sobre roca sedimentaria de tipo shale carbonaceo negro que corresponde al nivel Kip1, Se considera que es un movimiento activo intermitente con los periodos de mayor actividad en épocas de lluvias. La edad del movimiento se considera reciente por las evidencias encontradas.

Se considera que está desarrollado y su avance es retrogresivo lo que puede llegar a afectar las construcciones que se encuentran adyacentes al movimiento. El mecanismo de ruptura es rotacional y la posición del plano de falla es suelo residual sobre roca meteorizada. La geometría del depósito es elongado y su forma es de lengua. Se encuentran elementos geomorfológicos visibles como:

Cabeza: Tiene una corona bien definida, fisuras de coronación y escarpe principal.

Cuerpo: Se encuentran bien definidos los flancos izquierdo y derecho, presenta una fisura longitudinal en dirección noroeste. En su flanco derecho presenta una cárcava producto de la erosión interna y hundimiento que sufre el terreno debido a la acción de las aguas subterráneas, de acuerdo a los pobladores el hundimiento inició hace diez años lo que da una rata de hundimiento de 15cm/año

Pata: Se encuentran lóbulos de material desplazado

El sitio cuenta con un drenaje inadecuado y se encuentra saturado al mayor parte del año. Se consideran como factores contribuyentes la meteorización de la roca y la profundidad del nivel freático. Como factores detonantes evidentes la lluvia y la infiltración de las aguas.

Fenómeno de remoción en masa 9

Localización

Vía Salida a Florián cerca de la estación del Gasoducto.



Figura 32. Movimiento de remoción en masa presente en la salida a Florián. Se observa la corona bien definida y como este afecta la vía.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

■ Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo flujo de detritos con un desplazamiento relativo lento y una velocidad de movimiento lento, el material desplazado esta compuesto principalmente de suelo residual y fragmentos de roca meteorizada, con una matriz del 75% limo-arcillosa y los fragmentos se componen de gravas angulares de arcillolita en un 25%.

El Movimiento se encuentra sobre roca sedimentaria de tipo shale carbonaceo que corresponde al nivel Kip1. Se considera que es un movimiento activo intermitente donde periodos de inactividad se siguen a periodos de avance progresivo, con la lluvia como primer factor detonante. La edad del movimiento se considera reciente por las evidencias encontradas como el material desplazado y los elementos geomorfológicos presentes. Se considera que esta desarrollado y su avance es retrogresivo lo que puede llegar a afectar la vía que conduce al municipio de Florián. El mecanismo de ruptura es rotacional y la posición del plano de falla es suelo residual sobre roca fresca. La geometría del depósito es elongado y su forma es de lengua. Se encuentran elementos geomorfológicos visibles como:

Cabeza: Tiene una corona bien definida y fisuras de coronación.

Cuerpo: Se encuentran bien definidos los flancos izquierdo y derecho, no presenta fisuras longitudinales.

Pata: Lóbulos de material desplazado.

Se consideran como factores contribuyentes el fracturamiento y la meteorización y como factores detonantes evidentes la lluvia y la infiltración de las aguas. No se observa una causa evidente para este movimiento.

Fenómeno de remoción en masa 10

Localización

Sector la Carrerita, vía que conduce a Florián.



Figura 33. Movimiento de remoción en masa presente en la salida a Florián. Obsérvese que se encuentran sus flancos y su corona bien definidos. La cerca se encuentra afectada indicando que su actividad.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

■ Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo flujo de detritos con un desplazamiento relativo lento y una velocidad de movimiento lento, el material desplazado está compuesto principalmente de suelo residual y fragmentos de roca meteorizada, con una matriz del 75% limo arcillosa y los fragmentos se componen de gravas angulares de arcillolita en un 25%.

El movimiento se encuentra sobre roca sedimentaria de tipo shale carbonaceo que corresponde al nivel Kip1. Se considera que es un movimiento de actividad intermitente donde a periodos de estabilidad le siguen periodos de reactivación al volver a estar presentes los factores detonantes. En el momento de la visita se encontró poblado por

vegetación menor: pastos y malezas. La edad del movimiento se considera reciente por las evidencias encontradas como el material desplazado y los elementos geomorfológicos presentes. Se considera que esta desarrollado y su avance es retrogresivo lo que afecta de manera progresiva la vía a Florián. El mecanismo de ruptura es rotacional y la posición del plano de falla es suelo residual sobre roca fresca. La geometría del depósito es elongado y su forma es de lengua. Se encuentran elementos geomorfológicos visibles como:

Cabeza: Tiene una corona bien definida, fisuras de coronación y escarpe principal.

Cuerpo: Se encuentran bien definidos los flancos izquierdo y derecho, no presenta fisuras longitudinales.

Pata: Lóbulos de material desplazado ya cubiertos por vegetación.

Se consideran como factores contribuyentes el fracturamiento y la meteorización y como factores detonantes evidentes la lluvia y la infiltración de las aguas. No se observa una causa evidente para este movimiento. Se asume el corte de los taludes.

Fenómeno de remoción en masa 11

Localización

Salida a Puente Nacional



Figura 34. Vista general del movimiento ubicado en la salida a Puente Nacional. Se observa en la fotografía las suturas en los flancos bien definidas y las terracetas en el cuerpo del deslizamiento.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

■ Descripción del movimiento

Es un movimiento de tipo flujo de detritos con un desplazamiento relativo lento y una velocidad de movimiento lento, el material desplazado está compuesto principalmente de suelo residual, compuesto en su totalidad por arcilla.

El movimiento se encuentra sobre roca sedimentaria de tipo shale carbonaceo negro piritoso con buzamiento en dirección de la pendiente. Se considera que es un movimiento activo intermitente donde periodos de inactividad se siguen a periodos de avance progresivo, con la lluvia como primer factor detonante. La edad del movimiento se considera reciente por las evidencias encontradas como el material desplazado y los árboles caídos. Se considera que está desarrollado y su avance es retrogresivo lo que

puede llegar a afectar la vía que conduce al municipio de Puente Nacional. El mecanismo de ruptura es rotacional y la posición del plano de falla es suelo residual sobre roca fresca. La geometría del depósito es alargado y su forma es de lengua. Se encuentran elementos geomorfológicos visibles como:

Cabeza: Tiene una corona bien definida, fisuras de coronación y escarpe principal.

Cuerpo: Se encuentran bien definidos los flancos izquierdo y derecho, no presenta fisuras longitudinales. Se aprecian terracetas en todo el cuerpo.

Pata: Se presentan lóbulos de material desplazado.

Se consideran como factores contribuyentes la estratificación a favor de la pendiente. Y como factores detonantes evidentes la lluvia y la saturación del terreno. Se asume que la causa que da origen a este movimiento es el buzamiento en dirección de la pendiente. Los procesos morfodinámicos encontrados en área de trabajo abarcan el 16,4% del total, de acuerdo con el cuadro 28 a continuación:

LOCALIZACIÓN FENÓMENO DE REMOCIÓN EN MASA (FRM)	TIPO	ESTADO	AREA (M ²)	PORCENTAJE
FRM1 Escuela municipal	Flujo	Activo intermitente	407,88	0,13%
FRM2 Colegio Cancha de Fútbol, Zona Este.	Reptación	Activo progresivo	839,19	0,27%
FRM 3 Colegio Cancha de Fútbol, Zona Norte.	Reptación	Activo progresivo	980,897	0,32%
FRM 4 Colegio, Zona Sureste	Complejo	Activo intermitente	16847,373	5,55%
FRM 5 Calle de las trampas	Flujo de detritos	Activo intermitente	720,401	0,24%
FRM 6 Sector H	Reptación	Activo intermitente	2869,363	0,94%
FRM 7 Casa de la Cultura	Reptación	Activo intermitente	3607,84	1,18%

LOCALIZACIÓN FENÓMENO DE REMOCIÓN EN MASA (FRM)	TIPO	ESTADO	AREA (M²)	PORCENTAJE
FRM 8 Hospital antiguo Sector J	Reptación	Activo constante	5846,415	1,92%
FRM 9 Parque infantil, Sector B	Complejo	Activo intermitente	4603,099	1,51%
FRM 10 Salida a Florián. Estación del gasoducto	Flujo de detritos	Activo intermitente	5502,429	1,81%
FRM 11 Salida a Florián.	Flujo de detritos	Activo intermitente	7519,024	2,47%
ÁREA AFECTADA POR FRM EN LA ZONA URBANA			49743,921	16,4%
ÁREA TOTAL			303373,75	100%

Cuadro 28. Relación de los deslizamientos encontrados y sus respectivo tipo, estado y área.

Fuente: Tomado y Modificado de Vargas, 1999.

12. CARACTERIZACION GEOTECNICA Y DE SUELOS

Después de analizar los factores naturales que intervienen en la acción de los procesos por movimientos de remoción en masa, corresponde en este capítulo, analizar los suelos superficiales de la localidad, conocer sus características, comportamiento, ubicación y dimensión dentro del área estudiada, para finalmente relacionarlos con los factores naturales y determinar los diferentes niveles de amenaza que afectan la zona urbana de Jesús María.

12.1. MALLA DE MUESTREO

Para iniciar la caracterización geotécnica se elaboró una malla de muestreo de suelos dividiendo el área en sectores escogidos por la evaluación geológica realizada en los recorridos y según los planes de expansión urbana proyectados en los próximos años, en la que se identificaron los tipos de suelos encontrados, precisando el espesor de cada capa y su posible continuidad en algún otro sector.

MUESTRA	SECTOR	PROFUNDIDAD ESPECIFICA (cm.)	PROFUNDIDAD APIQUE (cm.)
1	Entrada vía Puente Nacional	70	65
2	Parque Infantil	80	40
3	Matadero Municipal	70	50
4	Colegio Lorenzo de Salazar	90	80
5	Calle de las Trampas	70	60
6	El Hato vía a Alto Grande	70	70
7	Calle de las Trampas	Superficial	Superficial

Cuadro 29 Sectores de apiques para sondeos de suelo, cabecera municipal Jesús María

Fuente: Investigación de los Autores, 2005.

Es de anotar que la profundidad específica mencionada se tomó a partir de la base de la capa vegetal hasta el contacto con la roca fresca. La mayor parte del área urbana se encuentra localizada sobre suelos residuales producto de la meteorización de la roca original. Estos suelos forman perfiles que tienen profundidades menores de un (1) metro distribuidos en toda la cabecera municipal excluyendo el sector de la Carrerita, vía a Florián, y el sector de El Centro, en donde las viviendas están construidas directamente sobre el estrato de roca fracturada, por esta razón, como se puede ver en el Cuadro 26 los apiques se realizaron entre los 40 y los 80 cm. de profundidad. La información de cada sector de apique que se muestra a continuación puede verse en detalle en el Capítulo 10 en el que se analizó la geología de la zona de estudio.

Entrada vía Puente Nacional



Figura 35. Sector de muestra 1. Entrada desde Puente Nacional

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

En este sector se observan problemas en los suelos por fenómenos de remoción en masa presentes en el lugar reconociendo principalmente signos de reptación.

Parque Infantil



Figura 36. Sector de muestra 2. Sector B ubicado en el Parque Infantil

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

En el parque infantil se presentan en forma evidente, movimientos de remoción en masa con presencia de niveles freáticos superficiales, erosión interna, alta meteorización y alta densidad de diaclasamiento.

Matadero Municipal



Figura 37. Sector de muestra 3. Sector D en el Matadero

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

La elección de este lugar como punto de sondeo es la eventual planeación del sector como zona de construcción para proyectos urbanísticos que contribuirán a la expansión urbana. La muestra fue tomada en una parte donde, el relleno que soporta las estructuras de las caballerizas, plaza de ferias, expendio de carne y el matadero de aproximadamente 1.5 metros, no interfiriera en los resultados obtenidos. La litología de este lugar corresponde a arcillolitas abigarradas que según se observó en campo, presenta menos problemas de estabilidad que los shales negros carbonáceos.

Colegio Lorenzo de Salazar



Figura 38. Sector de muestra 4. Escuela y Colegio Municipal, Lorenzo de Salazar

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

En la caracterización realizada en los recorridos por la zona, este sector presenta suelos semejantes a los encontrados en la zona Oeste adyacente al Matadero municipal. Los suelos presentan texturas muy orgánicas que lo hacen no apto como zona de reserva urbanística.



Figura 39. Sector de muestra 4. Escuela y Colegio Municipal, Lorenzo de Salazar

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Calle de las Trampas



Figura 40. Sector de muestra 5 ubicada en el Sector H en la Calle de Las Trampas

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Este sector está ubicado sobre una zona de relleno en la que hay evidencias de reptación en la que la pendiente y la presencia de agua en la superficie por fugas en los servicios de acueducto y alcantarillado favorecen los procesos de inestabilidad.



Figura 41. Sector de muestra 5 ubicada en el Sector H en la Calle de Las Trampas

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

El Hato



Figura 42. Sector de muestra 6. Vía a Alto Grande, Kilómetro 2.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Sobre este sector existen planes de expansión urbana, pero en la identificación preliminar se encontraron evidencias de deslizamientos con potencial de reactivación probable (Ver Capítulo 10), debido a esto se hizo importante conocer las propiedades mecánicas de los suelos de esta zona localizada en el sureste de la zona urbana a dos (2) kilómetros de la cabecera municipal en la vía que comunica a Alto Grande.

Calle de las Trampas (Muestra de Roca)

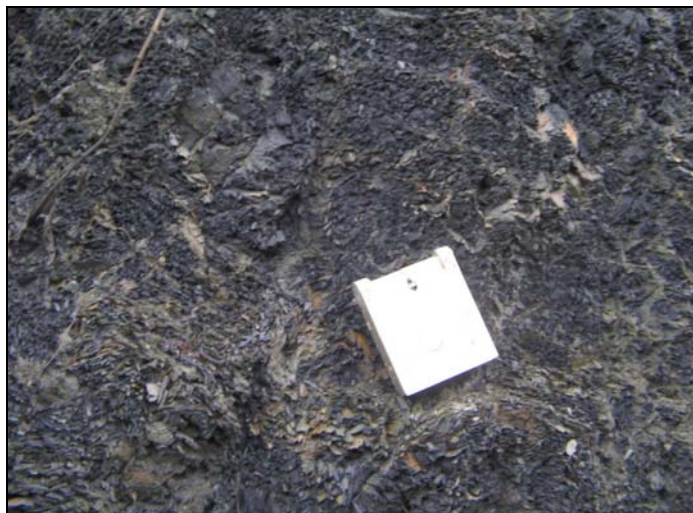


Figura 43. Sector de muestra 5. Carrera 4 Calle de las Trampas

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

En el sector de la Calle de las Trampas, así llamada a la carrera 4ª, se tomó una muestra de Shales negros carbonáceos de la Formación Paja Nivel Kip1, en la que se observan microplegamientos que evidencian esfuerzos de compresión a los que está sometida la Formación Paja que causan de forma directa un diaclasamiento que acelera en la roca los procesos de meteorización. La roca fresca presente es semejante a la encontrada en la salida vía a Florián y en el sector de El Centro, sitios en los cuales a pesar de encontrar las mismas evidencias comentadas, no muestra problemas de estabilidad.

12.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para obtener los parámetros de clasificación, resistencia, humedad y expansión de los suelos urbanos de Jesús María, se realizaron ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades mecánicas y físicas, para esto, se analizaron muestras inalteradas y alteradas de cada uno de los sectores nombrados anteriormente.



Figura 44. Muestras de los 6 sectores preparadas para los ensayos

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Antes de comenzar, se prepararon las muestras de cada apique para ser ensayadas por los métodos propuestos por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, excepto la del sector No.7 ya que es una roca altamente fracturada debido a los esfuerzos de compresión y

tensión que ha sufrido el suelo. Los formatos entregados por el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Ingeniería Civil en las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander, se encuentran como Anexo B al final de este libro. Los siguientes ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Suelos en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander para cada una de las muestras llevadas:

ENSAYO	TIPO DE MUESTRA	SECTORES ENSAYADOS	NORMA APLICADA	TOTAL ENSAYOS
GRANULOMETRIA	Alterada	1 al 6	INV E-123	6
HUMEDAD	Alterada	1 al 6	INV E-122	6
LIMITES	Alterada	1 al 6	INV E-125-126-127	18
CORTE DIRECTO	Inalterada	1 al 6	INV E-154	6
PRESION DE EXPANSION	Inalterada	1 al 6		6
CONSOLIDACION	Inalterada	Sector 3	INV E-151	1
ENSAYOS TOTALES				43

Cuadro 30. Total de ensayos realizados para el estudio Geotécnico y de suelos
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

12.2.1. Ensayo de humedad

Este método cubre la determinación de laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo por peso. El contenido de agua del material se define según la norma INV E-122, como el porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o agua libre, en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material. El ensayo de humedad consiste en pesar la muestra inicialmente, introducirla en un horno durante dieciséis (16) horas aproximadamente (tiempo que tarda su masa en ser constante, es decir, en no disminuir de peso), pesar luego la muestra seca y hallar el tanto por ciento de agua que ha perdido y así obtener la humedad con que ha entrado.



Figura 45. Horno para el secado de las muestras. Laboratorio de Suelos, Escuela de Ingeniería Civil – UIS
 Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Los datos obtenidos para cada uno de los apiques según los sectores asignados y el resultado de la humedad en % esta en el cuadro 31

MUESTRA	% HUMEDAD	COLOR DE LA MUESTRA
1	41.51	Beige - Café Claro
2	56.65	Gris - Negro
3	41.82	Café Claro
4	133.18	Café Oscuro
5	58.88	Gris con Motas Naranja
6	49.53	Gris – Rojizo

Cuadro 31. Valores de Humedad para las 6 muestras tomadas
 Fuente: Resultados de ensayos de laboratorio. Escuela de Ingeniería Civil, UIS, 2005.

12.2.2. Ensayo de límites de Atterberg

El método de los Límites de Atterberg, permite determinar cuantitativamente el efecto de la variación del contenido de humedad en la plasticidad, permeabilidad, tenacidad, resistencia y consistencia de los suelos, comprendiendo esta como la cualidad de un

suelo a la mayor o menor facilidad con que puede fluir, deformarse o romperse¹⁴ teniendo en cuenta que un suelo fino, ya sea limo o arcilla, puede comportarse según el contenido de agua como un líquido, un plástico o un sólido.

Los ensayos se hacen con una porción del suelo mas fino que 0.42 mm (tamiz 40) y variando la humedad, el suelo pasa del estado liquido al estado plástico por el límite liquido, al estado semisólido por el límite plástico y al estado sólido por el límite retracción o encogimiento.



*Figura 46. Implementos para laboratorio de Límites de Atterberg, Escuela de Ingeniería Civil, UIS
Fuente: Investigación de los autores, 2005.*

A partir de los límites de Atterberg se define además el índice de plasticidad IP que expresa la amplitud del rango de humedad dentro de las cuales el suelo se comporta como plástico. Este es el más importante de los índices derivados de los límites de consistencia ya que permite indicar si un suelo es cohesivo o plástico.

En el cuadro 32 se observan los resultados obtenidos en los que se relaciona el número de golpes con la humedad que recibe la muestra a medida que se agrega agua. Las gráficas a las que se hace referencia se encuentran en los formatos originales como Anexo B.

¹⁴. MARQUEZ Cárdenas, Gabriel. Propiedades Ingenieriles de los suelos. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. Facultad de Minas, Medellín, 1983

MUESTRA	% LL LIMITE LIQUIDO	% LP LIMITE PLASTICO	% IP INDICE PLASTICIDAD
1	62	37	25
2	88	56	32
3	90	66	24
4	143	111	32
5	77	51	26
6	73	39	34

*Cuadro 32. Clasificación de los suelos del área urbana de Jesús María según Atterberg
Fuente: Resultados de ensayos de laboratorio. Escuela de Ingeniería Civil, UIS, 2005.*

12.2.3. Ensayo de granulometría

Se llama análisis granulométrico al proceso de determinación de la proporción en que entran los distintos tamaños de granos presentes en un suelo dado¹⁵. Por medio de este ensayo se obtiene la clasificación de la muestra en función del tamaño de los granos del suelo llamada gradación y con esta se construye una curva granulométrica que determinará a que tipo de suelo corresponde.

Las seis muestras tomadas a simple vista se catalogan como material fino, por esta razón, la metodología utilizada para clasificarlos con mayor detalle, consistió en lavar cada muestra en el tamiz No.200 de abertura 0.074 mm, para posteriormente secarlas al horno y luego tamizarlas en las diferentes mallas desde el No.4 hasta el No.200.

De la curva de distribución de tamaños se obtienen los porcentajes en peso de la grava, arena y partículas finas las cuales permiten clasificar el suelo. La metodología escogida es el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos, también designado como USC (de las iniciales Unified Soil Classification) que utiliza el análisis granulométrico y los resultados de los límites de Atterberg para realizar la clasificación.

¹⁵ MARQUEZ Cárdenas, Gabriel. Propiedades Ingenieriles de los suelos. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. Facultad de Minas, Medellín, 1983



*Figuras 47 y 48. Muestras lavadas en el tamiz No200. Se observa que los suelos son altamente finos
Fuente: Investigación de los autores, 2005.*



*Figura 49. RO-TAP (para tamizado mecánico) con un Juego de Tamices
Fuente: Investigación de los autores, 2005.*

La metodología utilizada permite ubicar cada uno de los suelos dentro de alguno de los 15 grupos existentes en la clasificación USC como se observa en la tabla 33. Los resultados obtenidos indican que los suelos de los seis apiques se encuentran en el límite entre

arcillas y limos con más inclinación por estos últimos aunque pueden compartir igual composición química con las arcillas.

MUESTRA	% GRAVAS	% ARENAS	% FINOS	CLASIFICACION SUCS	OBSERVACIONES
1	1.07	5.84	93.10	MH	Limo Inorgánico Alta Compresibilidad
2	0.62	4.88	94.50	MH	Limo Inorgánico Alta Compresibilidad
3	15.37	11.92	72.72	MH	Limo Inorgánico Alta Compresibilidad
4	2.61	33.58	63.81	OH	Limo o Arcilla Orgánico Alta Plasticidad
5	0.95	3.37	95.69	MH	Limo Inorgánico Alta Compresibilidad
6	0.00	0.31	99.69	MH	Limo Inorgánico Alta Plasticidad

Cuadro 33. Clasificación de los suelos del área urbana de Jesús María por la metodología SUCS.

Fuente: Resultados de ensayos de laboratorio. Escuela de Ingeniería Civil, UIS, 2005.

La muestra tomada en el sector No.4 se clasificó como orgánica debido al color, olor y al comparar el límite líquido y el límite plástico del suelo.

12.2.4. Ensayo de límite de contracción

Este ensayo indica el límite de agua establecido como arbitrario entre los estados semi-sólido y sólido de un suelo, también es la máxima cantidad de humedad de un suelo para el cual una reducción de la humedad no causa disminución de volumen de suelo.



Figuras 50 y 51. Procedimientos para el cálculo del Índice de Contracción
 Fuente: Investigación de los autores, 2005.

El cálculo del Límite de Contracción se efectúa al relacionar los volúmenes de las cápsulas utilizadas con la humedad contenida en el suelo ensayado. Los resultados se muestran en la cuadro 34 para todas las muestras ensayadas:

MUESTRA	LIMITE DE CONTRACCION % LC
1	14.64
2	11.98
3	43.07
4	78.04
5	21.86
6	54.16

Cuadro 34. Resultados del Límite de Contracción para las seis muestras ensayadas
 Fuente: Resultados de ensayos de laboratorio. Escuela de Ingeniería Civil, UIS, 2005.

12.2.5. Ensayo de corte directo

Cuando una estructura se apoya en la tierra, transmite los esfuerzos al suelo de fundación. Estos esfuerzos producen deformaciones que pueden ocurrir por deformación elástica de las partículas, por cambio de volumen en el suelo como consecuencia de la

evacuación del líquido existente en los huecos entre las partículas o por deslizamiento de las mismas, que pueden conducir al desplazamiento de una gran masa de suelo.

El primer caso es despreciable para la mayoría de los suelos, en los niveles de esfuerzo que ocurren en la práctica. El segundo caso corresponde al fenómeno de la consolidación. El tercer caso, corresponde a fallas del tipo catastrófico y para evitarla se debe hacer un análisis de estabilidad, que requiere del conocimiento de la resistencia al corte de suelo. El análisis debe asegurar, que los esfuerzos de corte solicitantes sean menores que la resistencia al corte, con un margen adecuado, de modo que la obra siendo segura, sea económicamente factible de llevar a cabo.

Para este laboratorio se realizó el sistema de esfuerzo controlado ya que se aumenta gradualmente la carga que induce el esfuerzo hasta que se produzca la falla.

Por medio de la relación entre el esfuerzo cortante y el esfuerzo normal dados por el ensayo, se conocen los parámetros ángulo de fricción interna y cohesión, que son de mucha utilidad en la verificación de la capacidad portante de los suelos en estudio. Los resultados obtenidos son los siguientes:

MUESTRA	% HUMEDAD DE ENSAYO	PENDIENTE	ANGULO FRICCIÓN	COHESION Kg/m ²
1	33.74	0.7318	36	3348
2	47.5	0.2612	15	11413
3	47.29	0.7625	37	6039
4	123.78	0.1411	8	5933
5	55.1	0.5045	27	2220
6	43.5	0.5478	29	4378

Cuadro 35. Resultados del ensayo de Corte Directo para las seis muestras ensayadas.

Fuente: Resultados de ensayos de laboratorio. Escuela de Ingeniería Civil, UIS, 2005.

12.2.6. Ensayo de presión de expansión

El termino suelo expansivo indica no sólo la tendencia a aumentar el volumen por absorción de agua, sino también a presentar retracción al secarse. Es conveniente distinguir entre el potencial de expansión del suelo y la expansión real que puede tener en un caso determinado el cual depende de la magnitud de su variación en el contenido de agua. Cuando el hinchamiento del material es coartado por cargas de confinamiento, el resultado es una presión que el suelo ejerce hacia arriba, que puede ser del orden de varios kg/cm^2 . El entumecimiento de una arcilla produce no solo empujes verticales sobre una estructura cimentada, sino también en sentido horizontal, tales fuerzas ocasionan daños en muros y pisos de edificaciones así como en tuberías enterradas.

El ensayo de presión de expansión se realizó con una maquina de consolidación. Los parámetros a tener en cuenta fueron la carga del anillo, el esfuerzo normal en Kg/m^2 y el área. La carga se determinó a partir del diámetro de los anillos y el esfuerzo normal con los pesos de los mismos. Se tomaron las lecturas respectivas para cada muestra de suelo de la presión en Mpa que iba ejerciendo cada una en un determinado periodo de tiempo, para el caso particular se consideraron tres días con lecturas cada 6 horas. Los datos se integraron para dar como resultado la presión de expansión total.



*Figura 52. Maquina utilizada para medir la presión de expansión. Escuela de Ingeniería Civil, UIS
Fuente: Investigación de los autores, 2005.*

MUESTRA	PRESION DE EXPANSION (Mpa)
1	0.035
2	0.029
3	0.007
4	0.005
5	0.025
6	0.017

*Cuadro 36. Resultados del ensayo de presión de expansión para las seis muestras ensayadas.
Fuente: Resultados de ensayos de laboratorio. Escuela de Ingeniería Civil, UIS, 2005.*

12.2.7. Ensayo de consolidación

La consolidación es pues, la reducción gradual de volumen que experimenta un suelo al expulsar agua de sus poros cuando se aplica una carga sobre él. El objetivo de una prueba de tipo unidimensional como la desarrollada en este caso, es determinar la disminución de volumen y la velocidad con que esta se produce en una muestra de suelo, confinada lateralmente y sujeta a una carga axial, determinando las características de asentamiento de suelo en el tiempo.

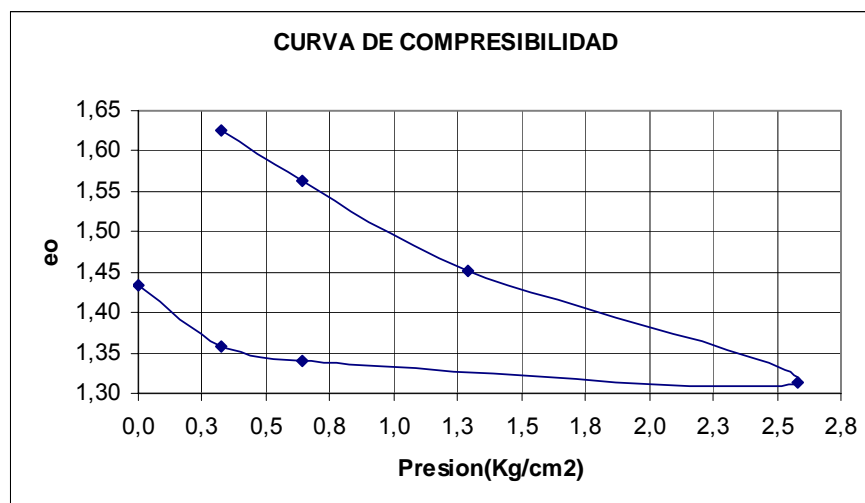


*Figura 53. Consolidómetro donde se realiza el ensayo de Consolidación Unidimensional
Fuente: Investigación de los autores, 2005.*

Experimentalmente se ha observado que, cuando el contenido natural de humedad de una arcilla es mayor que el L_p , dicha arcilla es normalmente consolidada. Si por el contrario, su contenido natural de humedad es menor que el L_p , la arcilla es preconsolidada.

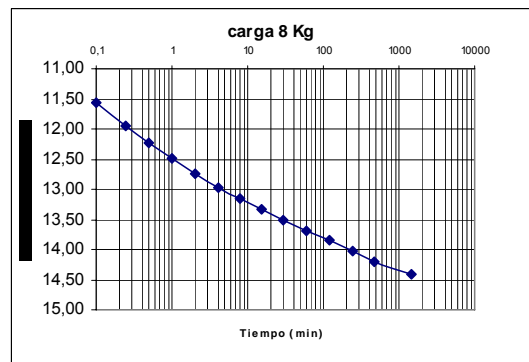
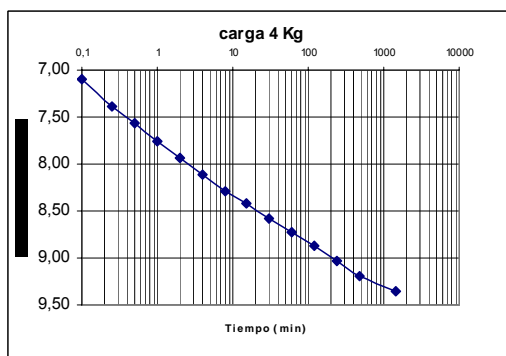
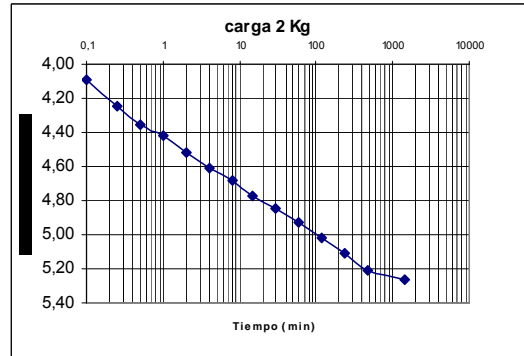
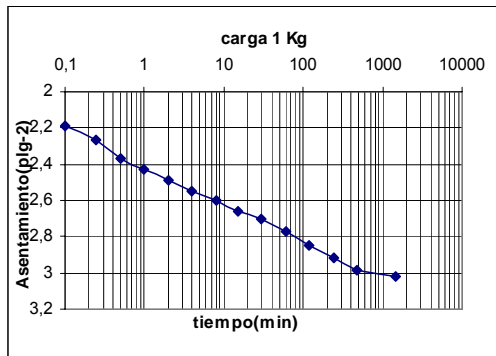
De las curvas y datos obtenidos en el ensayo se obtienen los coeficientes que expresan el grado de compresibilidad de un suelo es decir, la disminución en relación de vacíos por unidad de aumento de presión, la variación volumétrica, de consolidación y el coeficiente de permeabilidad del suelo.

El ensayo se realizó únicamente con la muestra tres (3) proveniente del sector del matadero, ya que el tipo de suelo de los demás sectores resultó con la misma clasificación MH. Además, es importante tener en cuenta las características que se obtienen de este ensayo en el aspecto geotécnico en caso de desarrollarse planes de expansión con la construcción de viviendas para la población del área urbana.



Grafica 8. Curva de compresibilidad, Laboratorio de Consolidación

Fuente: Resultados de ensayos de laboratorio. Escuela de Ingeniería Civil, UIS, 2005.



Graficas de 9 a 12. Resultados del Laboratorio de Consolidación

Fuente: Laboratorio de suelos, Escuela de Ingeniería Civil, UIS, 2005.

12.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El hecho de que el contenido de humedad natural de un material fino sea menor que el límite plástico, puede ser un indicativo de que ésta ha soportado en épocas anteriores cargas más altas que las que sobrelleva en la actualidad. Este caso se presenta en el sector No.3, donde la humedad natural es de 41.86% y el límite plástico es de 66%, en este caso se puede decir que la muestra es “preconsolidada”.

Según la clasificación de Atterberg, las características de plasticidad y cohesión de acuerdo con el índice de plasticidad de los suelos analizados, permite deducir que son altamente plásticos y cohesivos ya que el IP es mayor que 17 en todos los casos según el cuadro 37

IP	CARACTERÍSTICAS DE PLASTICIDAD	TIPO DE SUELOS	CARACTERÍSTICAS DE COHESION
0	No Plástico	Arena	No Cohesión
< 7	Poco Plástico	Limo	Parcialmente Cohesivo
7 – 17	Medianamente Plástico	Limo arcilloso o Arcilla limosa	Cohesivo
> 17	Altamente Plástico	Arcilla	Cohesivo

Cuadro 37. Características de Plasticidad y Cohesión según Atterberg

Fuente: Gabriel Márquez Cárdenas, *Propiedades Ingenieriles de los suelos*, 1983.

Los resultados obtenidos en los límites, reflejan que ambos tienen valores muy altos a los que normalmente se esperaría de estos tipos de suelo¹⁶, ya que para límite líquido los valores más frecuentes están comprendidos entre 40 y 60% para arcillas y para limos entre 25 y 50%, y para límite plástico los valores deben situarse entre 5 y 30% ya sea para limos o arcillas. Debido a estos resultados, puede decirse que los suelos estudiados son altamente compresibles y bajos en permeabilidad y por esto no se consideran útiles para fines ingenieriles. Los suelos de la zona según la granulometría son limos MH y OH con tendencia a comportarse como arcillas. Según la Clasificación Unificada de las características ingenieriles de los suelos, los resultados se muestran en el cuadro 38.

USO INGENIERIL DE LOS SUELOS			
GRUPO	CAPACIDAD DE SOPORTE	USO COMO FUNDACION	USO EN TERRAPLENES
MH	Deficiente	Malo	Estabilidad deficiente. No deseable en construcción de llenos compactados
OH	Muy Deficiente	Malo a muy malo	No indicado para terraplenes

Cuadro 38. Características ingenieriles de los suelos encontrados en la zona urbana de Jesús María.

Fuente: Gabriel Márquez Cárdenas. *Propiedades Ingenieriles de los suelos*, 1983

¹⁶ MARQUEZ Cárdenas, Gabriel. *Propiedades Ingenieriles de los suelos*. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. Facultad de Minas, Medellín, 1983

12.4. ZONIFICACION GEOTECNICA Y DE SUELOS

Según los resultados de los ensayos de laboratorio y los recorridos por la zona, se elaboró una caracterización geotécnica, en la que el casco urbano municipal se dividió según el tipo de suelos que posee cada sector muestreado, complementando la clasificación con la información geológica analizada anteriormente que puede ser detallada en el Capítulo 10. El mapa generado se encuentra como Anexo E, Mapa de Zonificación Geotécnica.

La zonificación se realizó de acuerdo al cuadro 39 en la que incluyen las unidades geotécnicas presentes. Se puede apreciar claramente los niveles de meteorización para los diferentes materiales de la zona.

MATERIAL TRANSPORTADO	TERMINO DESCRIPTIVO	GRADO	CARACTERISTICAS GENERALES	SÍMBOLO
SUELO IN SITU	SUELO RESIDUAL	VI	Textura original de la roca no reconocible, aparece completamente destruida. Puede ser desmenuzada con las manos. Las capas superficiales pueden contener materia orgánica y raíces.	S-in
	COMPLETAMENTE DESCOMPUESTO	V	Textura original de la roca preservada, ligeramente reconocible. Completamente decolorado comparado con el original. Puede ser desmenuzada con las manos. Se destruye fácilmente con martillo. Se hidrata fácilmente cuando se sumerge en agua.	S-in

MATERIAL TRANSPORTADO	TERMINO DESCRIPTIVO	GRADO	CARACTERISTICAS GENERALES	SÍMBOLO
MATERIAL INTERMEDIO	ALTAMENTE DESCOMPUESTO	IV	Completamente decolorado comparado con el original. Puede ser roto con las manos en piezas muy pequeñas. Se destruye fácilmente con el martillo. No se hidrata fácilmente cuando se sumerge en agua.	Min
	MODERADAMENTE DESCOMPUESTO	III	Completamente manchado por todas partes. Usualmente no puede ser roto con las manos en pedazos grandes. No se destruye fácilmente con el martillo.	Min
ROCA FRESCA	LIGERAMENTE DESCOMPUESTO	II	Los colores de la roca se conservan pero con manchas cerca de las superficies de unión, evidenciándose muestras de descomposición. No se destruye fácilmente con martillo.	Rfr
	SIN DESCOMPOSICIÓN	I	No hay decoloración. No se destruye fácilmente con martillo.	Rfr

Cuadro 39. Unidades geotécnicas encontradas en la zona urbana de Jesús María

Fuente: Tomado y Modificado de Geotechnical Office, 1988

- © **Unidades de roca.** Las unidades de roca fresca se evaluaron a partir de las características litológicas y texturales.

- ® **Roca fresca tipo 1 (Rf₁).** Rocas sedimentarias de tipo arcillolitas y shales que son las únicas que se encuentran en la zona de estudio. Estas rocas son compactas y muy fisiles.

- ® **Unidades de material intermedio (Min).** Corresponden a aquellas unidades que poseen menos del 70% de matriz según Ramírez y Gonzáles, 1989 (en Vargas 1999). Dentro de este parámetro se evaluaron las características principales como textura, composición litológica y condiciones de estabilidad.

- ® **Unidades de suelo.** Este parámetro se definió bajo la consideración ingenieril de que un suelo es todo material que contiene más de un 30% en matriz según Ramírez y Gonzáles, 1989 (en Vargas 1999). Dentro de este contexto se obtuvieron dos (2) tipos de unidades, formaciones de origen aloctono y autóctono.

- ® **Suelos in situ.** Corresponde a formaciones superficiales autóctonas, donde la descomposición y disgregación ocurre directamente en el substrato y sus productos permanecen "in situ"

- ® **Suelos transportados.** Se definen como formaciones superficiales alóctonas de masa incoherente de materiales sueltos y heterogéneos, derivados de fenómenos de transporte. Las unidades de suelo transportados se describieron a partir de observación visual y organoléptica.

- ® **Suelos Coluviales (Sco).** Corresponden a depósitos acumulados que provienen del desprendimiento de materiales de laderas adyacentes y por acción de la fuerza de la gravedad.

Son depósitos de color amarillo terrosos y marrón rojizos en el que los cantos subangulares y angulares se encuentran en una proporción del 60% embebidos en una matriz arcillosa (40%), que hace en su conjunto un material de una erodabilidad muy alta.

La relación de las áreas y el porcentaje encontrado para cada una de las unidades geotécnicas identificadas se resume en el cuadro 40.

El perfil de la Figura 54 define que define la unidad geotécnica mencionada como suelo residual (voluminoso y delgado) La unidad geotécnica denominada suelo orgánico corresponde al nivel más superior de este perfil. La unidad suelo residual delgado corresponde al segundo nivel en profanidad del anterior perfil. Los suelos residuales voluminosos presentan las mismas características pero varían en espesor como se especifica en el mapa de zonificación geotécnica.

El perfil de la Figura 55 define las unidades conocidas como material intermedio altamente y medianamente descompuesto. Se diferencia el último del primero por no tener el nivel más superior del anterior perfil.

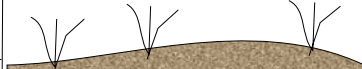

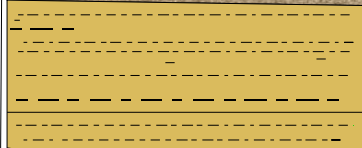
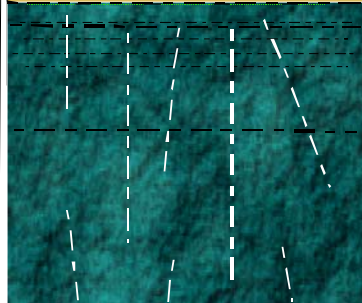
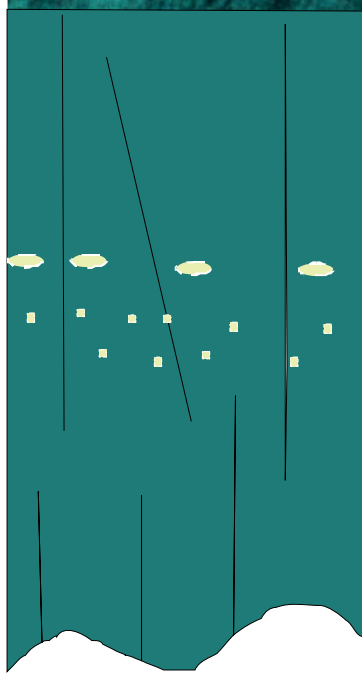
Profundidad		Descripción
0		
30		Color: Marrón Estructura: masiva , Textura: Arcilla limosa
60		Limite claro transicional liso con el horizonte suprayacente. Color: marrón, estructura: grumosa, textura: arcilla limosa.
		Contacto liso difuso con el horizonte suprayacente, Color marrón Se presentan gravas angulares de 5 mm a 1 cm. La matriz es arcillosa. La textura es arcilla gravosa.
110		Roca fresca, arcillolita gris de laminación plano paralela, de aproximadamente 3 mm, con presencia de niveles pritosos de aproximadamente 4 mm en granos subangulares presencia esporádica de amonites se presentan diaclasas verticales con un ángulo muy vertical. En algunos partes se presenta meteorización esférica.

Figura 54. Perfil de meteorización para el nivel Kip1 de la Formación Paja

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

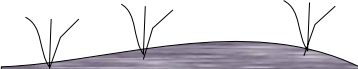

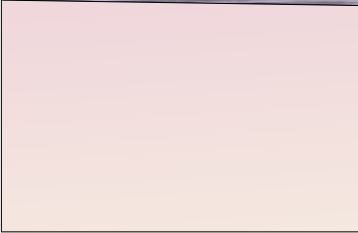
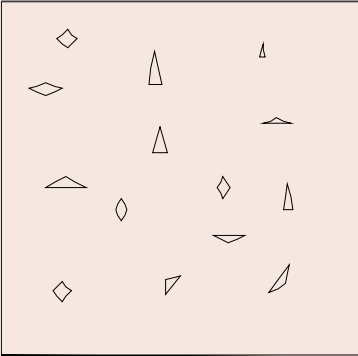
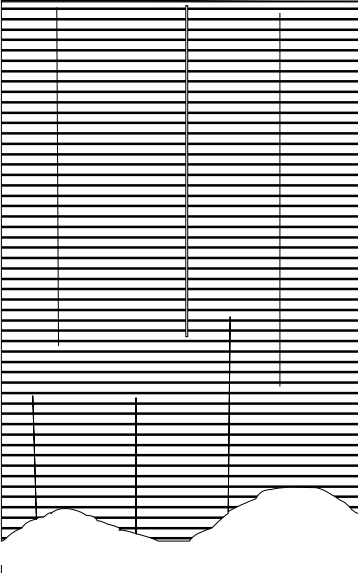
Profundidad		Descripción
0		
10		<p>Color: Marrón Estructura: masiva , Textura: Arcilla limosa</p>
70		<p>Limite claro transicional liso con el horizonte suprayacente. Color: marrón, estructura: grumosa, textura: arcilla limosa.</p>
130		<p>Contacto liso difuso con el horizonte suprayacente, Color marrón Se presentan gravas angulares de 5 mm a 1 cm. La matriz es arcillosa. La textura es arcilla gravosa.</p>
		<p>Roca fresca, arcillolita gris de laminación plano paralela, se presentan diaclasas verticales o con un ángulo muy vertical.</p>

Figura 55 Perfil de meteorización desarrollado sobre el nivel Kip2 de la Formación Paja
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

De acuerdo a la identificación anterior se realizó una clasificación conforme a lo establecido en el Geotechnical Office, el cual se observa claramente en el mapa de zonificación geotécnica como anexo al final de la investigación

UNIDADES GEOTECNICAS	ÁREA M²	PORCENTAJE %
COLUVIONES	18989.21	6.26
DEPOSITOS DE ROCA BLANDA	54752.53	18.05
DEPOSITOS DE SUELO RESIDUALES VOLUMINOSOS (>50cm espesor)	82215.05	27.10
DEPOSITOS DE SUELO RIGIDO	16724.50	5.51
MATERIAL INTERMEDIO ALTAMENTE DESCOMPUESTO	30214.52	9.96
MATERIAL INTERMEDIO MODERADAMENTE DESCOMPUESTO	15380.74	5.07
RELLENO	7052.35	2.32
RELLENO COMPACTADO	6624.54	2.18
SUELO IN SITU COMPLETAMENTE DESCOMPUESTO	21271.56	7.01
SUELOS ORGANICOS	35633.49	11.75
SUELOS RESIDUALES BAJO ESPESOR (<50cm espesor)	14515.70	4.78
ÁREA TOTAL	303373.75	100%

*Cuadro 40. Relación de áreas de las unidades geotécnicas encontradas en la zona urbana de Jesús María
Fuente: Tomado y Modificado de Geotechnical Office, 1988*

13. AMENAZAS NATURALES

Se define en el presente capítulo la amenaza natural como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica dentro de un determinado período de tiempo. (Varnes ,1984).

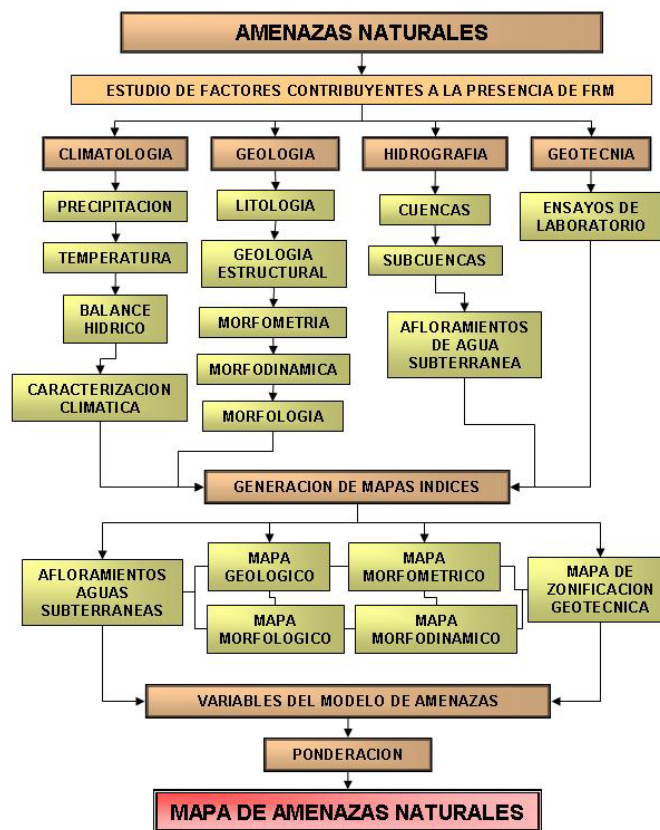


Figura 56. Esquema metodológico utilizado para determinar las amenazas naturales.

Fuente: Tomado y modificado Guía Metodológica Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa, INGEOMINAS 2001

La zonificación de la amenaza se logró a partir de analizar y combinar las variables que se pueden presentar en la creación de nuevos y activación de los movimientos en masa presentes en el área de estudio. El proceso que se llevó para la generación del mapa de

amenazas fue el desarrollo del método heurístico (método cualitativo o semicuantitativo) que se adaptó de Vargas (1999), para determinar la amenaza relativa por proceso de erosión y remoción en masa, debido a que este se fundamenta principalmente en información de campo, información secundaria, área y escala de estudio, dos herramientas fundamentales, complementarias que permitieron evaluar en forma directa cada una de las variables involucradas.

Esta información se analizó y se transformó en mapas digitales temáticos para de esta forma combinarla por medio de ARCVIEW 3.1 y obtener finalmente el mapa de amenazas.

La ponderación de cada uno de los mapas se basa en la observación de campo que definió los factores detonantes y contribuyentes. Con este mapa fue posible analizar la vulnerabilidad de las construcciones para obtener así un estimativo del riesgo y proponer las recomendaciones geotécnicas del caso.

13.1. VARIABLES GEOAMBIENTALES

Para la elaboración de la zonificación de la amenaza por procesos de erosión y remoción en masa se utilizaron las variables geoambientales. Se definen estas como las características intrínsecas del terreno y los factores que inciden en la generación de los procesos erosivos y de remoción en masa. Los aspectos evaluados en la zonificación de amenazas en la zona urbana son: Ingeniería geológica, Tipo de Material, geomorfología, influencia del drenaje, lluvias, influencia de las estructuras geológicas, ángulo de fricción, capacidad portante.

A continuación se analiza cada una de estas variables por separado para finalmente integrarlas y llegar al mapa de amenazas. La variable tipo de material se analizó en el capítulo 10 donde se caracterizaron cada una de las unidades litológicas presentes en la zona de estudio.

13.1.1. Ingeniería geológica

Comprende a la ingeniería geológica el conocimiento obtenido en la interpretación geomorfológica, observación de las estructuras y las rocas en los afloramientos, para caracterizar o conocer el comportamiento y resistencia de los materiales frente a determinados cambios en condiciones de equilibrio (Sepúlveda 1999).

Con base en la interpretación e interrelación existente entre las características de tipo de material (roca, material intermedio y suelos), rasgos topográficos (morfología y pendiente), grado de meteorización del material rocoso, se realizó la caracterización y evaluación de esta variable.

UNIDADES GEOTECNICAS	VALORACIÓN
COLUVIONES	0.8
DEPOSITOS DE ROCA BLANDA	0.2
DEPOSITOS DE SUELO RESIDUALES VOLUMINOSOS (>50cm espesor)	1.0
DEPOSITOS DE SUELO RIGIDO	0.2
MATERIAL INTERMEDIO ALTAMENTE DESCOMPUESTO	0.6
MATERIAL INTERMEDIO MODERADAMENTE DESCOMPUESTO	1.0
RELLENO	1.0
RELLENO COMPACTADO	1.0
SUELO IN SITU COMPLETAMENTE DESCOMPUESTO	1.0
SUELOS ORGANICOS	0.9
SUELOS RESIDUALES BAJO ESPESOR (<50cm espesor)	1.0

Cuadro 41. Unidades geotécnicas y sus valoraciones respectivas en el área de trabajo

Fuente: Investigación de los autores, 2005

El grado de meteorización de los materiales se llevó a cabo utilizando al clasificación del Geotechnical Control Office, 1988 (en Martínez, 1999) y el perfil de meteorización según

Dearman, 1974 (en Ramírez, 1989) que fueron adaptados para las necesidades del estudio. Se obtuvieron 4 categorías (roca fresca, material intermedio, suelo in situ y material transportado). Como Anexo E, se muestra el Mapa de zonificación geotécnica que se obtuvo a partir de la observación en campo.

13.1.2. Morfogénesis

Se tuvieron en cuenta la pendiente y los procesos denudacionales y estructurales. Para la ponderación en la influencia de la amenaza se tuvo en cuenta que las formas que tuvieran ya presentes los procesos morfodinámicos se calificarían como los mayores puntajes en la valoración. En el siguiente cuadro se muestra los valores de ponderación propuestos.

UNIDAD MORFOGENETICA	VALORACIÓN
RELLENO	0.8
EXPLANACIÓN	0.8
COLINA DENUDACIONAL	0.7
DEPRESIÓN ESTRUCTURAL	0.4
LOMO DENUDACIONAL	0.3
PENDIENTE DENUDACIONAL	0.8
PLANO DENUDACIONAL	0.5
COLINA ESTRUCTURAL	0.2
DEPOSITO TECTÓNICO COLUVIAL	0.2
ESCARPE	0.8
PENDIENTE IRREGULAR	0.6
LOMO TECTÓNICO	0.8
PENDIENTE ESTRUCTURAL	1.0
PENDIENTE ESTRUCTURAL	1.0
COLUVIO SOBRE FRENTE MASIVO	1.0

Cuadro 42. Unidades geomorfológicas y sus valoraciones respectivas en el área de trabajo

Fuente: Investigación de los autores, 2005

Inclinación de la pendiente

Para la valoración de este parámetro se tuvo en cuenta que las pendientes de mayor inclinación tendrán mayor probabilidad de amenaza y viceversa las de menor inclinación. En el cuadro siguiente se muestran sus valores de ponderación:

CLASIFICACION	PENDIENTE	VALORACIÓN
0-5	PLANA	0.000
5-10	INCLINADA	0.200
10-20	MUY INCLINADA	0.400
20-30	ABRUPTA	0.600
30-40	MUY ABRUPTO	0.800
40-90	ESCARPADO	1.000
AREA TOTAL		

Cuadro 43. Inclinación de la pendiente y sus valoraciones respectivas en el área de trabajo

Fuente: Investigación de los autores, 2005

Forma de la Pendiente

Este factor determina la morfología de la pendiente con respecto a su forma ya sea cóncava, convexa, rectilínea y plana (Anexo E, Mapa Morfométrico) y a su relación con los procesos erosivos. En terrenos que presenten una forma de pendiente cóncava y rectilínea los procesos de erosión actúan con mayor intensidad, generando zonas susceptibles a procesos erosivos. Para el caso contrario donde se obtienen zonas con forma de pendiente plana y convexa la intensidad de los procesos erosivos es menor, generando terrenos menos susceptibles a estos fenómenos. Las formas encontradas se relacionan en el siguiente cuadro.

FORMA DE LA PENDIENTE	VALORACIÓN
RECTA	1.0
CONVEXA	0.5
CONCAVA	0.75
ONDULADA	0.4

Cuadro 44. Formas de la pendiente y sus valoraciones respectivas en el área de trabajo

Fuente: Investigación de los autores, 2005

13.1.3. Procesos morfodinámicos

Se define como aquellos procesos erosivos y de remoción en masa que modifican el relieve, generados por los cambios ocurridos tanto en el interior como sobre la superficie de la tierra, en donde actúan factores climáticos, la acción de la gravedad y la acción del hombre. El ambiente morfodinámico para evaluar este proceso es el de dinámica de laderas con movimientos en masa y procesos erosivos. (Anexo E, Mapa Morfodinámico N°4).

PROCESO MORFODINAMICO	VALORACION
LAMINAR	0.4
SURCOS	0.75
CARCAVAS	0.9
FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	1
ÁREA CONSTRUIDA - AUSENTE	0

Cuadro 45. Procesos morfodinámicos y sus valoraciones respectivas en el área de trabajo

Fuente: Investigación de los autores, 2005

En la zona no se consideró significativa la influencia del drenaje y por eso no se tuvo en cuenta para su evaluación.

13.1.4 Afloramientos de agua subterráneas

Para la generación de este mapa preliminar de amenazas se tuvo en cuenta los afloramientos de agua superficial, debido a que se observó en campo que en cada fenómeno de remoción en masa se presentaba un afloramiento de agua subterránea. En este caso la valoración fue 1 (uno) para los sitios donde existía el afloramiento y 0 (cero) para donde no se observaban.

13.2. PONDERACIÓN DE VARIABLES

Para la zonificación de amenazas se correlacionaron las variables sustentadas a partir de los diferentes mapas temáticos utilizados en el análisis y evaluados anteriormente.

La correspondiente superposición y análisis de los mapas de las variables da como resultado el mapa de amenaza relativa por procesos de erosión y remoción en masa (Anexo E, Mapa de Amenazas Naturales N°5). Esta superposición se realizó mediante el software ARCVIEW 3.1 y consiste en la suma de los mapas raster de peso de cada variable geo-ambiental representada por al siguiente formula:

$$AMENAZA = Zonificacion_Geotecnica + Pendientes + Formas + Geomorfologia + Morfodinamica + Favorabilidad_Pendiente + Afloramientos_AguaSuperficial$$

Cada mapa raster de peso se obtiene a partir de los respectivos mapas de polígonos trazados en *AUTODESK MAP* que en ARCVIEW se denominan *SHAPES* y constituyen las unidades del dominio respectivo. Para poder realizar la sumatoria se incluye en la tabla de atributos una casilla con el respectivo peso de cada atributo que conforma la variable geo-ambiental evaluada en el valor que el corresponde. Posteriormente se rasteriza el mapa con el comando *CONVERT TO GRID* incluido en el menú *THEME*. Los pasos a seguir se indican en las figuras a continuación:

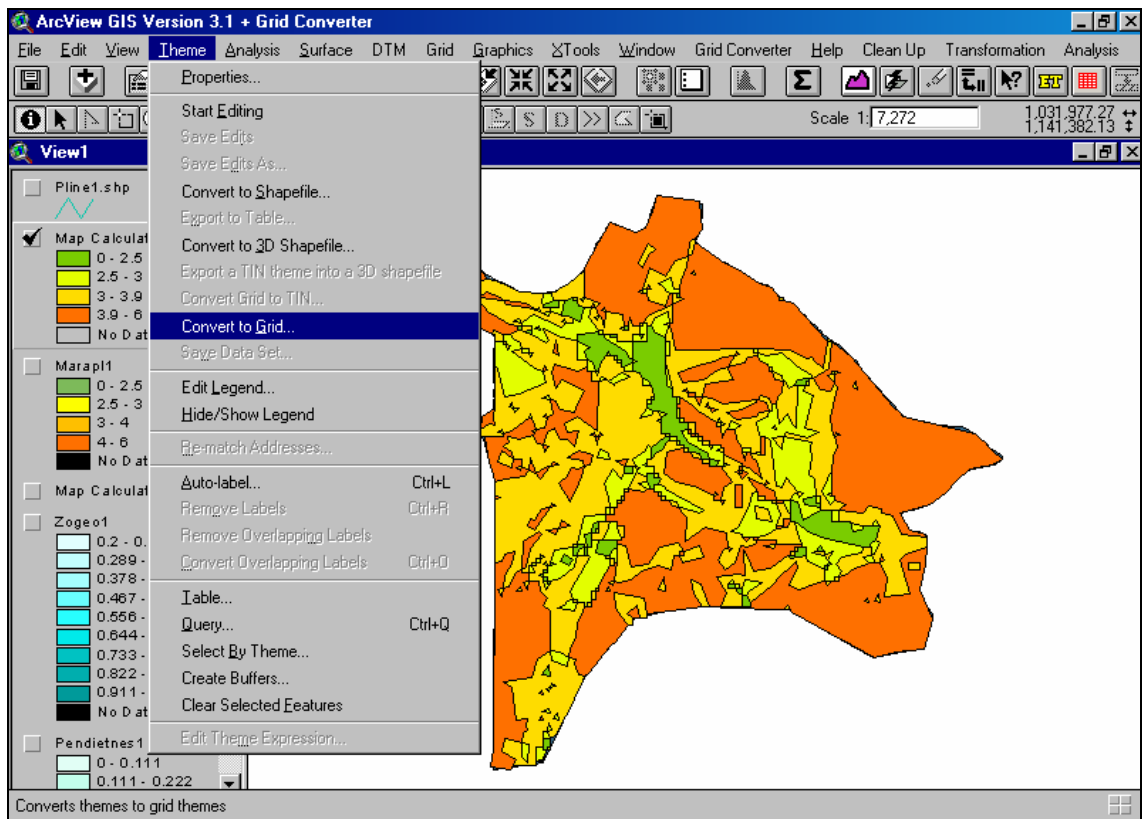


Figura 57. Ambiente grafico de ARCVIEW 3.1 donde se muestra la herramienta para la rasterización de los mapas que contienen las variables geoambientales.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Una vez realizada la operación de rasterización se suman los mapas mediante el comando *MAP CALCULADOR* incluido en el menú *ANÁLISIS*. (Figura 58)

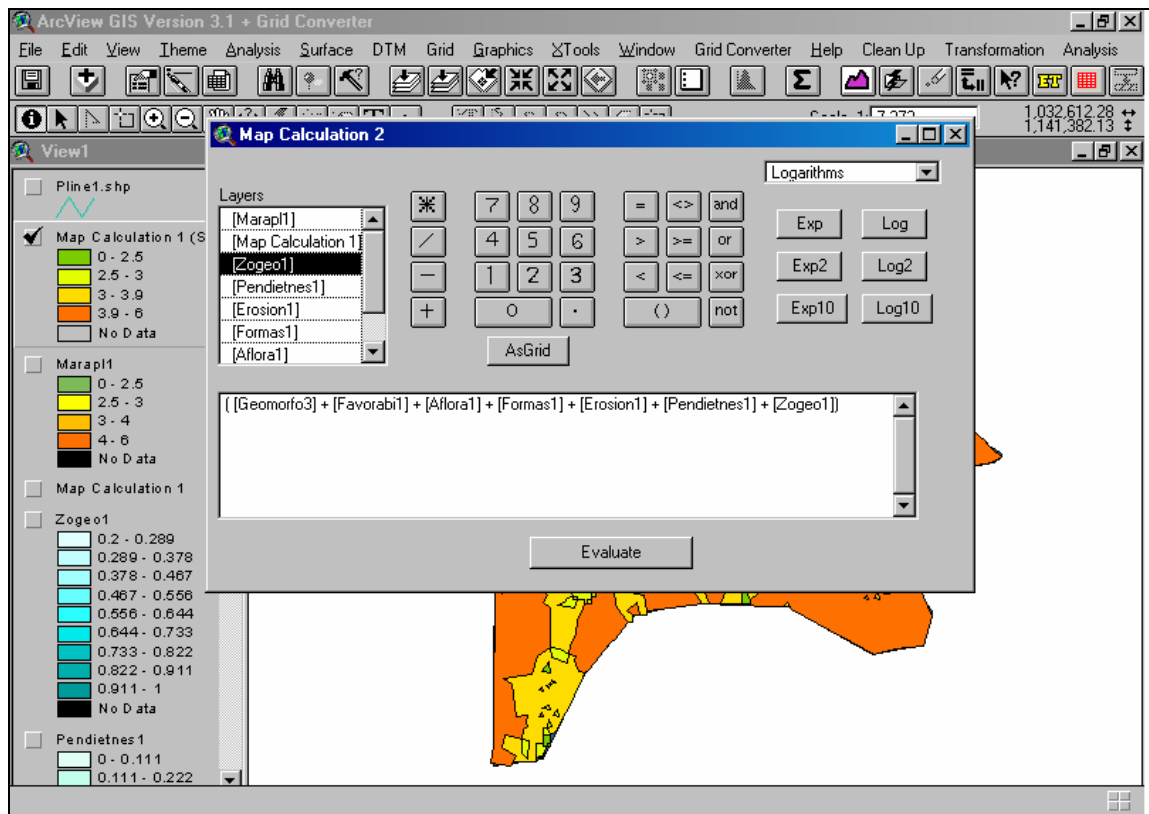


Figura 58. Ambiente gráfico de ARCVIEW 3.1 donde se muestra la herramienta MAP CALCULATOR para la suma de los mapas raster de peso para la realización del mapa de amenazas.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

El mapa raster obtenido de esta forma se edita y se convierte a shapes mediante la herramienta *GRID CONVERTER* de Johannes Weigel incluida en la pagina www.esri.com y de esta forma se puede editar para su adecuada presentación, para la edición de todos los mapas se empleo el software *AUTODESK MAP 2004*.

13.3. NIVELES DE AMENAZA

El mapa obtenido finalmente se clasifico en cuatro (4) categorías de amenaza los cuales se caracterizaron de la siguiente forma:

RANGO DE VALORES	CLASIFICACIÓN	AREA	% AREA TOTAL
4 - 6	MUY ALTA	152320.98	50
3 - 4	ALTA	104641.16	34
2.5 - 3	MEDIA	33167.96	10
0 - 2.5	BAJA	12920.92	5
AREA TOTAL		303373.75	100%

Cuadro 46. Relación de las amenazas encontradas en la zona de estudio con sus respectivas áreas.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

AMENAZA MUY ALTA (Ama)

Zona que por sus características se puede definir como un terreno que presenta alta inestabilidad, corresponde a un 50% del área total con una extensión de 152320,98 m² se distribuye a lo largo de toda la zona de estudio.

Se caracterizan estas zonas por estar fuertemente influenciadas por las estructuras presentes en la zona como lo son el anticlinal de Casas Viejas y los sinclinales de Arciniegas y el Hato respectivamente que debido a los procesos que los generaron y que posiblemente siguen operando diaclasan el terreno lo que permite la creación de un régimen hidrogeológico diaclasico favorecido por las altas tasas de precipitación, se establecen así altas tasas de meteorización que junto a zonas donde el buzamiento esta a favor de la pendiente establecen las condiciones propicias para la presencia de proceso morfodinámicos activos y latentes que dan lugar a zonas de amenaza alta y muy alta a lo largo de toda al zona de estudio.

Se estableció una relación directa al delimitar una zona de afectación de las estructuras tomando un buffer de 100 metros a lado y lado de cada estructura.

Las áreas que comprenden este tipo de amenazas se caracterizan por encontrarse en zonas donde el buzamiento está a favor de la pendiente, por lo general se caracterizan

por ser áreas completamente diaclasadas y que presentan niveles freáticos superficiales, no se establece una relación directamente proporcional con la pendiente.

Desde el punto de vista ingenieril comprende coluviones, rellenos y depósitos de suelo residual. Los procesos morfodinámicos presentes en esta zona comprenden flujos, deslizamientos rotacionales, reptaciones, erosión en surcos y en cárcavas.

AMENAZA ALTA (Aa)

Esta categoría representa un 34% del área total con una extensión de 104641,16 m². Se distribuye a lo largo de toda la zona sin tener un modelo de pendientes definido, al igual que la zona de amenaza alta se caracteriza por estar asociada las zonas donde el buzamiento de los estratos se encuentra a favor de la pendiente.

Al igual que la zona de amenaza muy alta se presenta sobre todas las unidades geotécnicas exceptuando la roca fresca. Geomorfologicamente se presenta en todas las zonas exceptuando los lomos denudacionales. Se caracterizan estas zonas al igual que las de amenaza muy alta por estar fuertemente influenciadas por las estructuras presentes en la zona, los niveles freáticos superficiales, el buzamiento a favor de la pendiente y al igual que la anterior no se encontró relación directa con la inclinación ni la forma de la pendiente.

AMENAZA MEDIA (Am)

Esta unidad se encuentra distribuida en un 10% del área total abarcando una extensión de 33167,96 m². Se encuentra principalmente en la zona correspondiente al lomo denudacional sin ser este una variable que la restrinja totalmente, se encuentra en zonas donde la erosión ha sido baja por factores como la zona construida y la poca inclinación de la pendiente, aunque no se puede decir que pendientes poco inclinadas a caso planas sean una restricción para que no se presente otro tipo de amenazas como es el caso de la cancha del colegio donde una pendiente plana da lugar a una amenaza alta a muy alta.

AMENAZA BAJA (Ab)

Zona que por sus características se puede definir como un terreno estable, abarca el 5% del área total con una extensión de 12920,92 m². Corresponde a las zonas donde geotécnicamente se encuentra roca fresca, material intermedio y pendientes muy bajas, es la zona de más baja extensión debido a que las condiciones geológicas en la zona no son las más propicias para que se presenten estas condiciones en un mismo lugar.

14. CARACTERIZACION URBANA

Los efectos de los fenómenos de remoción en masa (FRM) resultan, en muchos casos de enormes magnitudes que hacen necesario estudios más profundos de la forma como afecta a la zona para conocer, plantear estrategias de prevención de los daños y pérdidas probables, dentro de una política global de los riesgos naturales.

En este sentido, y con el fin de mejorar el análisis de la amenaza, anteriormente tratada, para alcanzar la percepción del riesgo desde el punto de vista de los daños que pueden ocasionarse a los elementos potencialmente afectables, se evalúa el concepto de vulnerabilidad, de manera que sea posible analizarlo cuantitativamente y sea útil para un mejor entendimiento por parte de la comunidad, en especial por parte de los tomadores de decisiones. La base metodológica para el análisis de la vulnerabilidad se fundamenta en el procesamiento de información a partir de entradas primarias obtenidas del reconocimiento de la zona de estudio, las cuales después del desarrollo metodológico permitirán como salidas, la obtención de resultados que representaran para el estudio, el mapa de vulnerabilidad de la zona urbana y de expansión de Jesús María.

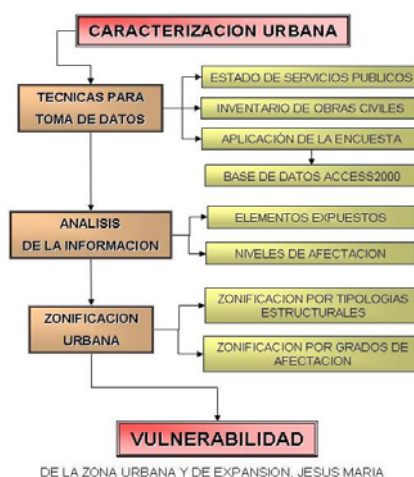


Figura 59. Metodología para caracterización urbana y cálculo de la Vulnerabilidad

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

14.1. TECNICAS PARA TOMA DE DATOS

14.1.1. Inventario de obras

Es esencial el apoyo por parte de los entes públicos de orden territorial para el desarrollo de estudios de esta magnitud, ya que la información existente sobre los aspectos aquí tratados, favorece el avance del estudio y la comprensión de la problemática actual.

De acuerdo con la documentación estudiada, se elaboró un inventario de obras que facilite la identificación de los sitios que ya han sido tratados geotécnicamente, para mitigar los problemas de geoinestabilidad representados en deslizamientos y hundimientos. Estos han sido una constante para la zona urbana durante los últimos años en los que se ha visto la necesidad de ampliar la zona urbana y equiparla de manera funcional.

La identificación de cada obra según el cuadro 47 permite organizar detalladamente el plan de mitigación de amenazas y verificar el verdadero valor funcional de las obras existentes ya que, a pesar de la gran variedad de obras construidas, son pocas las que han cumplido con la función para la que fueron programadas.

Conociendo la ubicación y el estado de las obras, se propone como uno de los fines de este estudio, el mejoramiento de las obras existentes y el planteamiento de obras alternas para evitar que la acción de las amenazas naturales que afectan la zona se acentúe aun más en la zona.

OBRAS EXISTENTES		
OBRA	UBICACION	INFORMACION ADICIONAL
Muro de Contención	Calle de las trampas	Muro en concreto
Drenes con Geotextil	Puesto de Salud Antiguo	No esta en servicio
Drenes con Geotextil	Sector la Bomba	Se encuentra estable
Red de Alcantarillado	Área Urbana	No hay información sobre la red
Red de Acueducto	Área Urbana	No hay información sobre la red
Muro en Gavión	Escuela Manuela Beltrán	625 m ³ de muro estable
Muro de Contención	Palacio Municipal	Se encuentra estable
Muro en Gavión	Cancha de Fútbol Escuela Manuela Beltrán	Actualmente esta deformando
Drenes con Geotextil	Cancha de Fútbol Escuela Manuela Beltrán	No funcionan adecuadamente
Muro en Costales de arena	Cancha de Fútbol Escuela Manuela Beltrán	Este muro se encuentra deformado y volcado
Drenes con Geotextil	Sector Casa de la Cultura	Se encuentra estable
Estructura Contención	Puesto de Salud actual El Cogollo	Estructuras en concreto
Estructura Contención	Escuela Manuela Beltrán	Se encuentra estable
Muro en Costales de arena	Parque Infantil	Este muro se encuentra volcado

*Cuadro 47. Inventario de Obras de Contención y Drenaje para la cabecera municipal de Jesús María
Fuente: Informes Alcaldía Municipal 2005*

A continuación se presenta un registro fotográfico que identifica las obras anteriormente enumeradas las cuales, en muchos casos, coinciden con las áreas de afectación determinadas en el mapa de amenazas, no obstante, otros casos muestran inconvenientes pero no de orden natural si no que su construcción no es la forma adecuada de contrarrestar la problemática en los suelos de la región.



*Figura 60. Obra Contención parte trasera. Centro salud Sagrado Corazón de Jesús
Fuente: Investigación de los autores, 2005.*



*Figura 61. Muro Costales costado noreste cancha fútbol Colegio Lorenzo de Salazar
Fuente: Investigación de los autores, 2005.*



*Figura 62. Muro en Gavión zona escolar, zona urbana de Jesús María
Fuente: Investigación de los autores, 2005.*



*Figura 63. Muro de Contención Calle Las Trampas
Fuente: Investigación de los autores, 2005.*



Figura 64. Muro de Contención Colegio Lorenzo de Salazar
Fuente: Investigación de los autores, 2005.



Figura 65. Muro de Contención Colegio Lorenzo de Salazar
Fuente: Investigación de los autores, 2005.



Figura 66. Muro en Gavión y filtros subterráneos. Sector Casa de la Cultura
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

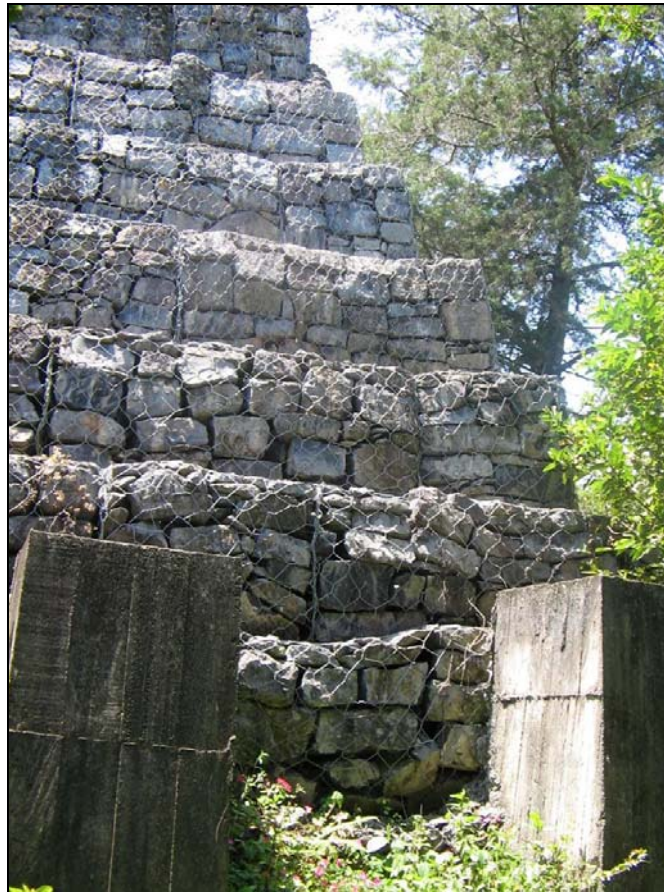


Figura 67. Muro en Gavión Cancha de Fútbol Colegio Lorenzo de Salazar
Fuente: Investigación de los autores, 2005.



Figura 68. Muro en Gavión Cancha de Fútbol Colegio Lorenzo de Salazar. Se observa que cede por la presión del suelo y el agua.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.



Figura 69. Muro en Gavión Cancha de Fútbol Colegio Lorenzo de Salazar. Se observa un empinamiento en el muro debido a la presión que ejercen agua y suelo.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

14.1.2. Estado servicios públicos

Existe información adicional sobre estudios realizados años atrás, en los que se hace énfasis en el mal estado de las redes de alcantarillado y acueducto, en particular grifos, sanitarios y tanques de almacenamiento de viviendas del sector¹⁷. La presencia de botaderos de basuras en lugares no aptos, unido al constante reporte por desperdicio de agua en forma de fugas sin control, han favorecido la inestabilidad de los suelos y la contaminación del medio ambiente.

Aseo

En la actualidad, el servicio de aseo y recolección de los residuos sólidos urbanos esta a cargo de la administración municipal, con una cobertura del 100% de los predios urbanos¹⁸. Los residuos sólidos generados son recogidos una vez por semana en la volqueta del municipio y aunque la disposición final se hace en un micro-relleno sanitario localizado 5 kilómetros del casco urbano en la vereda Cristales (vía Cristales –Guayabal), se presenta un impacto negativo sobre el recurso suelo y aire, ya que no se tiene implementado un manejo para los lixiviados.

Alcantarillado

El municipio de Jesús María en su Esquema de Ordenamiento Territorial no presenta los planos de las redes de alcantarillado y acueducto a nivel urbano. Considerando que uno de los factores detonantes de los problemas presentados es el manejo de aguas, es importante elaborar directamente por recorridos en campo un esquema que represente las redes de estos servicios, determinando el estado de cada tramo y evaluando su nivel de funcionamiento (Anexo E, Mapa de Obras civiles N°10).

En la red de alcantarillado existen dos tramos; el primero es un sistema combinado construido en 1953 en tuberías de gres y pozos en ladrillo, y la nueva red que fue

¹⁷ HERNANDEZ Osses, Hector. Problemas geológicos del casco urbano en el municipio de Jesús María. Gobernación de Santander, Secretaría de Agua y Medio Ambiente, Unidad de Atención y Prevención de Desastres. Bucaramanga, 1993

¹⁸ MOJICA Rodríguez, Edgar y otros. División de Asesoría y Estudios Especializados UIS. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Jesús María Santander. 2003.

mejorada en el año 2003 con tubería en PVC de diferentes pulgadas de diámetro dependiendo el tramo. La nueva red separa la recolección tanto de aguas negras como de lluvias, distanciadas un metro una de otra en dirección paralela.

El estado actual de la red, en general, es bueno, pero deben realizarse continuos mantenimientos en los tramos irregulares ya que se encontraron tuberías averiadas algunas provocadas por el paso de vehículos pesados sobre las vías, además de taponamientos en sumideros y pozos provocados por basuras arrojadas sin control.

Según se muestra en el cuadro 48 en la que se especifica para los diferentes tramos el año de construcción, los pozos que lo conforman, la conexión entre uno y otro, la cota batea entre pozos, el diámetro utilizado en cada tubería y el estado general de cada uno de ellos.

TRAMO RED	AÑO	POZOS	CONEXION	SUMIDERO	COTA BATEA (mts)	DIAMETRO	VIAS INCLUIDAS	ESTADO
1	1953	1	1 a 2	2	1.20	12"	Cra 4ª - Diag 4ª - Cra 5ª	Regular
		2	1 a 2	-	2.50			Bueno
		3	2 a 3	3	2.00			Bueno
		4	4 a 3	1	2.10			Bueno
		5	3 a 5	2	2.30			Bueno
		6	5 a 6	2	3.50			Bueno
		7	6 a 7	2	2.70			Bueno
		8	7 a 8	-	3.70			Bueno
		9	8 a 9	-	2.00			Bueno
		10	9 a 10	1	2.80			Bueno
2	1953	11	11 a 12	1	-	10"	Cra 4ª Las Trampas - Calle 4A	Inservible
		12	11 a 12	2	2.30			Regular
		13	12 a 13	-	1.50			Bueno
		14	13 a 14	1	2.20			Regular
		15	15 a 14	-	2.50			Bueno
3	2003	16	5 a 16	3	2.50	18"	Calle 6	Regular
	1953	17	16 a 17	-	2.00	10"	Boquerón	Regular

TRAMO RED	AÑO	POZOS	CONEXION	SUMIDERO	COTA BATEA (mts)	DIAMETRO	VIAS INCLUIDAS	ESTADO
4	1953	18	18 a 19	1	2.50	12"	Cra 6	Regular
		19	19 a 16	2	2.80		-	Bueno
		20	19 a 20	-	2.00		Calle 5A	Bueno
5	2003	21	7 a 21	-	2.00	12"	Calle 5 - Calle 4 - Cra 6ª	Bueno
		22	21 a 22	2	2.00			Bueno
			18 a 22*					Bueno
		23	22 a 23	-	2.50	Bueno		
		24	23 a 24	-	2.70	10"		Bueno
		25	24 a 25	-	2.50			Regular
		26	25 a 26	-	2.20			Bueno
		27	26 a 27	-	2.20			Bueno
28	27 a 28	-	2.40	Bueno				
	28 a 10			Bueno				
6	2003	29	29 a 28	-	2.50	10"	Calle 3	Bueno
		30	30 a 29	-	2.10		-	Bueno
		31	31 a 30	-	1.50	12"	Calle 4	Regular
		32	32 a sm*	1	2.10		Cra 6ª	Bueno
7	2003	33	33 a 34	2	2.30	10"	Cra 6ª - Cra 5ª - Calle 4	Bueno
		34	34 a 35	2	2.30			Bueno
		35	35 a 36	2	2.40	12"		Bueno
		36	36 a 37	-	2.50			Bueno
		37	37 a sm*	-	6.50			Bueno
		38	38 a 35	-	2.10	10"		Bueno

sm* Sumidero – 18 a 22* en este tramo no hay flujo de agua.

Cuadro 48. Red de alcantarillado de la cabecera urbana de Jesús María

Fuente: Investigación de los autores, 2005

El tramo tres (3) localizado en la Calle del Boquerón, tiene un fuerte cambio de diámetro, como la pendiente allí es alta, en épocas de intensa lluvia el pozo 16 recibe un elevado volumen de agua que, nivel abajo, en el pozo 17 con tubería de 10" diámetro, no alcanza a recibir y en muchas ocasiones su capacidad se ha rebosado inundando las viviendas vecinas del sector.

Las aguas servidas se distribuyen en cinco (5) puntos distribuidos en el área urbana; el chorro Tequendama en dos (2) sitios, la quebrada Macual con dos (2) vertimientos y la quebrada Canoitas que corresponde a las aguas negras que se dirigen por la parte posterior del matadero. Estos puntos de vertimiento a campo abierto se encuentran sin ningún tipo de tratamiento y afectan de manera notoria el área a su alrededor favoreciendo el desarrollo de procesos erosivos que deterioran el suelo.

En el sector de los Pinos específicamente en el predio donde se ubica el último pozo que recoge las aguas y las dirige libremente hacia el chorro Tequendama, se identificaron problemas críticos de reptación y deslizamientos en el suelo como se puede observar en las fotografías, debido a la falta de control y mantenimiento en la tubería fracturada, en el desagüe y en los rellenos que existen alrededor, haciendo de esta zona un lugar altamente inestable. De igual forma, las calles pavimentadas del área urbana presentan deficiencias en la captación de las aguas lluvias, quedando éstas desprotegidas y contribuyendo a agravar el problema de socavación y erosión.

Acueducto

La cabecera municipal dispone de un sistema para el manejo de las aguas servidas en el cual se identifican cinco (5) emisiones a campo abierto sin ningún tratamiento como son, el chorro Tequendama en dos sitios de emisión, la Quebrada Macual con dos (2) vertimientos, y finalmente, la Quebrada Canoitas que corresponde al vertimiento de las aguas servidas del matadero, las cuales fluyen hacia la parte posterior de esta edificación.

A pesar de que se dispone de un sistema de abastecimiento de aguas numeroso, el servicio de agua potable que actualmente suministra el sistema de acueducto a la población urbana no es continuo ya que, en época de verano no se logra garantizar el volumen de abastecimiento requerido pues las fuentes reducen notoriamente su caudal debido a la desprotección que presentan las cuencas hidrográficas que cubren estas áreas.

La red de distribución que fue construida en el año de 1953 y modificada en 1989 está instalada en tubería galvanizada de 3", y PVC de ½", 1", 3" y en su mayoría de 2" y según el EOT se reporta una cobertura del 100% de los predios edificados y 89.10% de las viviendas que dispone de contador.

Múltiples inconvenientes se reportan en lo que se refiere a la red de acueducto ya que el volumen de agua que llega a la planta, no cuenta con mecanismos de medición de caudal de captación del volumen de agua tratado y ha presentado fallas técnicas debido a deficiencias en el sistema de filtración. Además, la conexión fraudulenta efectuada por varias familias ocasiona pérdidas en las redes de conducción.

Según el esquema realizado, la estructura y el recorrido de la red de acueducto por el área urbana son similares a la red de alcantarillado, y el diámetro más utilizado para la tubería según el reconocimiento es de 2". Se identificaron varias de las válvulas, especialmente en el sector de La Muralla, en el que el agua rebosa su nivel haciendo que su rendimiento y funcionamiento sean bajos.



Figura 70. Antiguo botadero de basuras. Sector N contiguo a la Iglesia municipal

Fuente: Investigación de los autores, 2005



Figura 71. Problemas en pozos antes de verter sus aguas libremente hacia el chorro Tequendama. Sector Los Pinos detrás del antiguo botadero de basuras
Fuente: Investigación de los autores, 2005



Figura 72. Problemas en pozos antes de verter sus aguas libremente hacia el chorro Tequendama. Sector Los Pinos detrás del antiguo botadero de basuras
Fuente: Investigación de los autores, 2005



Figura 73. Sector N, se observa la formación de grietas en el terreno por donde transitan las aguas servidas sin control antes de llegar al Chorro Tequendama.

Fuente: Investigación de los autores, 2005



Figura 74. Estado de algunas válvulas las redes de acueducto ubicadas en el sector de la Muralla, Zona urbana Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005



Figura 75 Estado de algunos pozos de las redes de alcantarillado los cuales sobre los cuales no hay un mantenimiento para permitir el paso del agua lluvia y permanecen taponados.

Fuente: Investigación de los autores, 2005



Figura 76. Aguas de fuentes naturales sin control, Sector A, Barrio La Bomba.

Fuente: Investigación de los autores, 2005



*Figura 77. Aguas de fuentes naturales sin control. Sector Casa de la Cultura
Fuente: Investigación de los autores, 2005*



*Figura 78. Aguas de fuentes naturales sin control. En la salida vía a Sucre.
Fuente: Investigación de los autores, 2005*

14.1.3. Encuesta descriptiva

El procedimiento más apropiado para evaluar el área urbana del municipio teniendo en cuenta aspectos corporales, estructurales y funcionales y la relación que éstos tienen con los problemas de inestabilidad presentes, es mediante la realización de una encuesta que recoja información suficiente para identificar y caracterizar los diferentes procesos generadores de daño de los elementos expuestos que interactúan, considerando únicamente aquellos que se encuentren dentro del área de influencia del fenómeno y establecer su resistencia a sufrir daños o perjuicios en caso de que se materialice sobre ellos.

Los temas seleccionados contenidos en la encuesta deben considerar aspectos prediales, del uso del suelo, de servicios públicos, estructurales, geotécnicos y poblacionales, de cada uno de ellos se recoge información que debe ser procesada para caracterizar la zona según los requerimientos del estudio. El procedimiento utilizado para la elaboración de la encuesta se encuentra consignado en un Manual como Anexo D, en el que se tratan aspectos considerados en la agrupación de temas, a fin de darle un orden a la información requerida.

Información Predial

Esta información es útil para realizar la identificación preliminar y la ubicación del predio encuestado dentro del área de influencia, por este motivo y de acuerdo a los fines del estudio, se adicionó una sectorización alfanumérica para facilitar la ubicación de las manzanas con sus respectivos lotes.

Uso del suelo

Para conocer la interacción entre la estructura y su uso, es importante conocer si los propietarios manejan el espacio del predio solo para fines residenciales o lo comparten con otros usos como comerciales, oficiales, educativos, de salud, hotelera según sea el caso. Generalmente, las actividades comerciales de bienes y servicios se entremezclan con las actividades institucionales a lo largo de los tres (3) puntos de conexión

intermunicipal que son: la Carrera 6ª desde la de Puente Nacional, la Calle 6ª vía a Florián y la Carrera 4ª vía a Sucre. Según el estudio, los usos se relacionan para la zona urbana según el cuadro 49.

USOS	PORCENTAJE SEGÚN EL TOTAL DE PREDIOS %
RESIDENCIAL	52.84
COMERCIAL	33.19
EDUCATIVA	1.75
HOTELERA	0.44
SALUD	6.55
OFICIAL	0.44
LOTE	4.80
PREDIOS TOTALES	229 = 100%

Cuadro 49. Usos predominantes del suelo construido, área urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Servicios públicos domiciliarios

La cobertura de los servicios públicos domiciliarios en toda la cabecera municipal es fundamental para implementar programas con la comunidad sobre el uso adecuado de los servicios y su relación con el control y prevención de desastres, por esto, es necesario conocer actualmente la cobertura en cada predio y relacionarlo con los problemas de orden natural que los afecten tanto estructural como geotécnicamente.

Identificación estructural

Ante la presencia de los FRM, es esencial conocer el estado de las construcciones de la zona de estudio, identificando cada uno de sus elementos estructurales y no estructurales y el nivel de daño que cada uno de ellos manifieste. En el área urbana se reconoce una notoria tendencia a encontrar viviendas que combinan el sistema estructural, debido a las

constantes reformas que los propietarios han realizado con el paso del tiempo en el afán de mejorar la calidad de la estructura.

Generalizando los datos recolectados por la encuesta, se lograron clasificar los equipamientos urbanos de acuerdo a su sistema estructural, los elementos estructurales y no estructurales que presentan mayores tendencias de uso, el tiempo que lleva la estructura en pie y el proceso empleado para construirla. La clasificación se efectúa conforme a la relación de cada tendencia estructural con el porcentaje total de los predios construidos, en el cuadro 50 se observan estas relaciones y sus respectivos valores.

SISTEMA ESTRUCTURAL	NUMERO DE PREDIOS	% DEL TOTAL DE PREDIOS CONSTRUIDOS (218)
1 SOLO SISTEMA	167	76.61
SISTEMAS COMBINADOS	51	23.39

Cuadro 50. Relación entre sistemas estructurales identificados en la cabecera urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Es importante resaltar que las edificaciones con un solo sistema incluyen las construidas con materiales locales como son el adobe, tapia, bahareque, guadua, arcilla, etc. La clasificación según el tipo estructural se tratara en la sección 14.3 en el que se zonificara el área urbana por sus tipologías estructurales.

CIMENTOS EN ESTRUCTURAS CONTRUIDAS (218)	
REFORZADA	26.15%
NO REFORZADA (CON CEMENTO O MATERIALES LOCALES)	68.35%
NO HAY EVIDENCIA DE CIMENTOS	5.51%

Cuadro 51. Tipos de cimientos identificados en estructuras urbanas

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

TIPOS DE CUBIERTAS (218 PREDIOS)	
LOSA EN CONCRETO	11.01%
TEJAS EN ASBESTO	61.01%
TEJAS EN ZINC	18.35%
TEJAS EN BARRO	9.63%

Cuadro 52. Tipos de cubiertas identificadas en estructuras urbanas

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

TIPOS DE ENTREPISOS EN PREDIOS CON 2 O MAS PISOS (96 PREDIOS=41.92%)	
PLACA EN CONCRETO	65.63%
PLACA EN MADERA	32.29%
PLACA EN MATERIALES LOCALES	2.08%

Cuadro 53. Tipos de entrepisos identificados en estructuras urbanas

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Posteriormente a la identificación, se hace un registro de los daños estructurales de cada predio, en los que se hace énfasis en el tipo de daño presentado, el elemento afectado y la descripción de su dimensión. En este aspecto, se considera además como detonante para la afectación estructural, la reparación que se hayan hecho en los daños anteriores y el sistema que utiliza cada predio para la recolección de las aguas lluvias.

PROBLEMAS IDENTIFICADOS EN LAS CONSTRUCCIONES	NUMERO DE CONSTRUCCIONES
HUMEDADES	122
FISURAS	53
GRIETAS	74
ASENTAMIENTOS	14
DESPLAZAMIENTOS	21

Cuadro 54. Tipos de daños identificados en las construcciones urbanas

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS	NUMERO DE PREDIOS
CONEXIONES AGUAS SERVIDAS DEL MPIO	84
CONEXIONES IMPROVISADAS	46
NO SON RECOGIDAS	91
TOTAL DE PREDIOS CONSTRUIDOS	221

Cuadro 55. Sistemas de recolección de aguas lluvias identificados en estructuras urbanas

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

REPARACION DE DAÑOS ANTERIORES	NUMERO DE PREDIOS
TOTAL	10
PARCIAL	31
NO SE HA REPARADO	116
NO SE REPORTAN DAÑOS	64
TOTAL DE PREDIOS CONSTRUIDOS	221

Cuadro 56. Reparación de daños anteriores identificados en las estructuras urbanas

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Se encuentra que el mayor porcentaje de daño en las construcciones se debe a la presencia de humedades que en muchas ocasiones se deben a fugas en el sistema de acueducto, o a la falta de prevención de los pobladores para mantener las llaves completamente cerradas. De la misma forma, la mayoría de los predios no tienen un sistema adecuado para recoger las aguas lluvias y estas caen al suelo sin ningún control activando los procesos de deterioro del suelo. Se debe entrar a estudiar que tipo de conexiones tienen los predios que se ubican en el rango intermedio según el cuadro 56 ya que pueden presentar daños que también favorezca este tipo de procesos.

Es importante resaltar que la mayoría de las viviendas (116) no han reparado los problemas estructurales que tienen, esto hace las viviendas sean mucho mas vulnerables ante los FRM así se produzcan con muy baja intensidad. Es necesario un plan de

mejoramiento que cubra estos predios e identifique de ellos cuales se sitúan cerca de movimientos en masa activos y de esta manera diferenciarlos de los que corresponden a daños por el proceso de construcción utilizado.

Identificación de problemas relacionados con los FRM

Según la ubicación del predio dentro del área de influencia, los FRM pueden actuar con una intensidad diferente, por esto se debe identificar para cada predio su morfometría, los tipos de movimientos que se han presentado y los posibles factores detonantes que activan estos procesos.

MORFOMETRIA DEL PREDIO	
LADERA	9.61 %
PIE DE LADERA	14 %
CRESTA DE LADERA	54 %
ZONA PLANA	22.27%
TOTAL DE PREDIOS	229 = 100%

Cuadro 57. Morfometría de cada predio urbano.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

TIPOS DE MOVIMIENTOS	NUMERO DE PREDIOS
REPTACION	125
FLUJOS	7
DESLIZAMIENTOS	18
CAIDAS	0
NINGUNO	102

Cuadro 58. Tipos de movimientos detectados en los predios urbanos

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Estos aspectos permitieron determinar el grado de afectación que relaciona la estructura con los movimientos en masa localizados ya que se identificaron los predios que

presentan indicios de movimientos en masa actualmente o que reportaron la presencia de estos años atrás. Conforme a los datos obtenidos, se encuentran 125 predios que reportan problemas por fenómenos de reptación, 18 que han presentado deslizamientos y 7 flujos.

Estos reportes corroboran el hecho de que la gravedad de los daños se acentúa conforme a la topografía de la zona urbana de Jesús María debido a que está conformada por lomas divergentes en forma de estrella. Según el Cuadro 57 el 54% de los predios se encuentra ubicado en zonas altas de ladera. Esta característica especial se convierte en conjunto con el problema del manejo de aguas en un factor detonante para los procesos erosivos el cual determina en gran parte el grado de afectación de la estructura con respecto a ellos.

Nivel poblacional

Los elementos corporales deben ser los de mayor importancia a la hora de evaluar las condiciones de riesgo de una población, por esto, es trascendental conocer la ubicación, cantidad y estado de salud de las personas que habitan una construcción y determinar si se encuentran altamente expuestos o no a los efectos de la acción de los FRM.

EDADES DE HABITANTES POR PREDIO	
MENORES DE 2 AÑOS	6.47 %
ENTRE 3 Y 9 AÑOS	18.07 %
ENTRE 10 Y 70 AÑOS	69.84 %
MAYORES DE 70 AÑOS	5.62 %
POBLACION TOTAL AREA URBANA	819 =100%

Cuadro 59. Porcentajes por edades de los habitantes por predio urbano

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Los rangos que se emplearon para clasificar las edades, se definieron de acuerdo a la condición física de cada habitante, determinando su vulnerabilidad frente a un evento de riesgo causado por la acción de fenómenos naturales sobre los predios.

Como la información obtenida debe ser clasificada y organizada para su posterior consulta, es apropiado recopilarla en una base de datos que relacione, para cada predio, todos los aspectos encuestados y permita identificar tendencias sobre una misma característica para todos los predios a la vez. Como Anexo C se encuentran las relaciones y el procedimiento paso a paso utilizado para la elaboración de la base de datos mediante la herramienta Access 2003.

14.2. ZONIFICACION URBANA

Considerando todos los datos obtenidos a lo largo del estudio realizado, se elaboraron mapas de zonificación dependiendo de los temas de interés a desarrollar. Cada uno de estos mapas ha sido modelado en la Herramienta *AUTOCAD* basados en la topografía del área urbana entregada por el municipio de Jesús María, en ella y dependiendo de tipo de caracterización planteada para este estudio, se elaboraron los mapas de caracterización estructural en la que se hace referencia a las topologías de las estructuras encontradas y el grado de afectación en que cada predio tiene su clasificación de acuerdo al nivel de daño que tenga la estructura relacionada con los procesos de FRM, la caracterización geotécnica a partir de las muestras de suelo analizadas en laboratorio y el reconocimiento geológico del área estudiada.

Estas zonificaciones son útiles en el momento de hacer la evaluación de la vulnerabilidad y clasificarla de acuerdo al grado de intensidad sobre la cabecera municipal. A continuación se describe las caracterizaciones realizadas, los datos estadísticos que las sustentan y un esquema grafico que permita visualizar el estado general de la zona en estos aspectos.

14.2.1. Caracterización estructural

Basados en las encuestas e identificación realizada en los reconocimientos de cada sistema estructural, se estableció una caracterización por tipologías de vivienda de cada uno de los predios urbanos clasificándolos dentro de nueve (9) grupos estructurales más representativos de la zona.

Con este propósito se hace una reseña de las características más relevantes de cada grupo y su respectivo análisis. La información ampliada de cada sistema estructural se encuentra en el “*Manual de Campo para Inspección de Construcciones y su relación con los Fenómenos de Remoción en Masa*”, al final del estudio como Anexo D.

Construcciones en Sistema Pórtico

Este sistema se presenta en las construcciones recientes o reformas totales que se han hecho después del año de 1997.

Construcciones en Muros Confinados

Este grupo de construcciones incluye dos tipos de sistemas, los muros confinados y los muros acodalados, este último que se distingue del sistema confinado por que las columnas construidas sobresalen del nivel del muro ya que este no confina sino que atranca el muro. El problema que se detectó en la mayoría de las estructuras con este sistema es que las columnas no tienen un orden definido en planta ni en altura y esto hace que la construcción vea afectado su grado de rigidez.

Construcciones en Muros Reforzados

Este sistema no se encontró en la cabecera urbana ya que las estructuras reforzadas siempre se identificaron en sistemas pórtico y sistemas de muros acodalados o confinados.

Construcciones en Muros No Reforzados

Esta clasificación es la que mas se presenta en el área urbana de Jesús María ya que la mayoría de los predios construye sus muros en ladrillo, bloque o arcilla y no tienen ningún tipo de columnas que le den confinamiento al muro. Este tipo de estructuras son las que mas problemas pueden sufrir ante la acción de los fenómenos de remoción en masa que se presentan en el municipio.

Construcciones en Materiales Locales

Las construcciones realizadas con materiales locales a pesar de ser las mas antiguas son las que más se deterioran con el paso del tiempo y la intemperie. Los efectos ante los FRM son críticos ya que estas estructuras son de mucho peso no sismo-resistentes y por esto pueden fallar con mucha mayor facilidad. Dentro de este grupo se incluyen las construcciones en adobe, tapia y bahareque ya que hacer una clasificación independiente no es representativo debido a que constituyen menos del 1% de las construcciones.

SISTEMA DE MATERIALES LOCALES	NUMERO DE CONSTRUCCIONES
ADOBE	22
TAPIA	2
BAHAREQUE	1

Cuadro 60. Sistemas estructurales en materiales locales en el área urbana de Jesús María

Fuente: Investigación de los autores 2005

Construcciones con Sistemas Combinados

Tienen un porcentaje alto de representación entre el total de los sistemas. Se presenta en construcciones en las que se han hecho reformas parciales muchas veces en la parte de atrás de las viviendas en donde se han presentado problemas estructurales y se han hecho mejoras estructurales para darle mayor soporte y resistencia. En esta clasificación

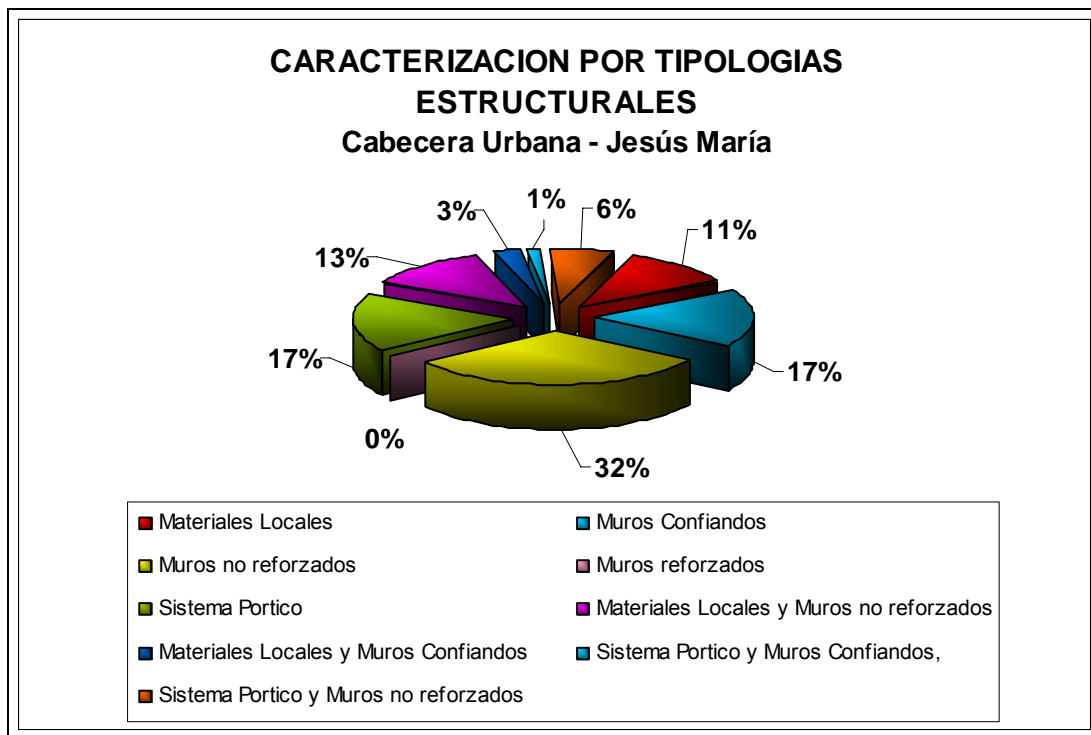
existen tres grupos, las construcciones en adobe y muros no reforzados, construcciones en adobe y muros confinados y las construcciones en pórtico y muros de adobe.

TIPO	SISTEMA ESTRUCTURAL	NUMERO DE CONSTRUCCIONES	PORCENTAJE
UNICOS	Sistema Pórtico (P)	37	16.97 %
	Muros Confinados (MC)	36	16.51 %
	Muros Reforzados (MR)	0	0 %
	Muros No Reforzados (MNR)	69	31.65%
	Muros En Materiales Locales (ML)	25	11.47 %
COMBINADOS	ML - MNR	28	12.84 %
	ML - MC	6	2.752 %
	P - MC	3	1.376 %
	P - MNR	14	6.42%
TOTAL CONSTRUCCIONES		218	100 %

Cuadro 61. Tipologías estructurales en el área urbana de Jesús María

Fuente: Investigación de los autores 2005

De esta forma, las construcciones ubicadas en el área urbana del municipio ofrecen una gran variedad de sistemas estructurales que pueden o no favorecer la acción de los FRM. Su ubicación obedece a un desarrollo espontáneo que principalmente se da lo largo de los ejes viales de conectividad regional dividiéndose según lo señala el cuadro 61 y la siguiente grafica:



Grafica 13 Tipologías de viviendas del casco urbano de Jesús María

Fuente: Investigación de los autores, 2005

En el mapa de tipologías se representan los datos aquí calculados en el que se ubica cada tipología en el sector correspondiente. Este mapa facilita y complementa la identificación de las estructuras en lo que relaciona el sistema estructural con el grado de afectación del predio, el cual es la siguiente zonificación a realizar.

14.2.2. Caracterización por grado de afectación

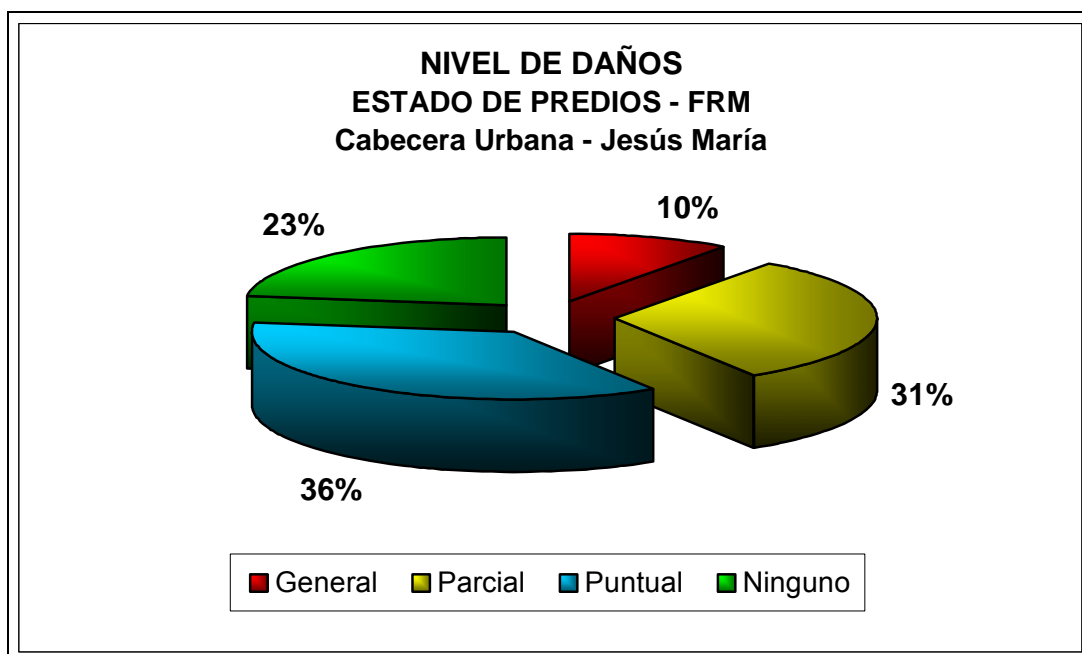
Cada una de las construcciones visitadas según la evaluación realizada tiene un porcentaje de afectación total que, como se expresa en el Manual, se da por la identificación de los daños estructurales relacionados con los procesos de remoción en masa. Con esta información obtenida fue posible evaluar el grado de daño en porcentajes finales que los clasifican en cuatro (4) rangos de afectación.

GRADO DE AFECTACION	DESCRIPCION	CONSTRUCCIONES AFECTADAS
NO SE REPORTAN DAÑOS	Ninguno	23
PUNTUAL	Menor del 10%	71
PARCIAL	Entre 10 y 40%	83
GENERAL	Mayor del 40%	52

Cuadro 62 Grado de afectación de los predios del área urbana del municipio

Fuente: Investigación de los autores, 2005

Según esta clasificación se logró la elaboración de estadísticas de las viviendas y demás equipamientos urbanos que se encuentran estructuralmente en bueno, regular o mal estado constructivo.

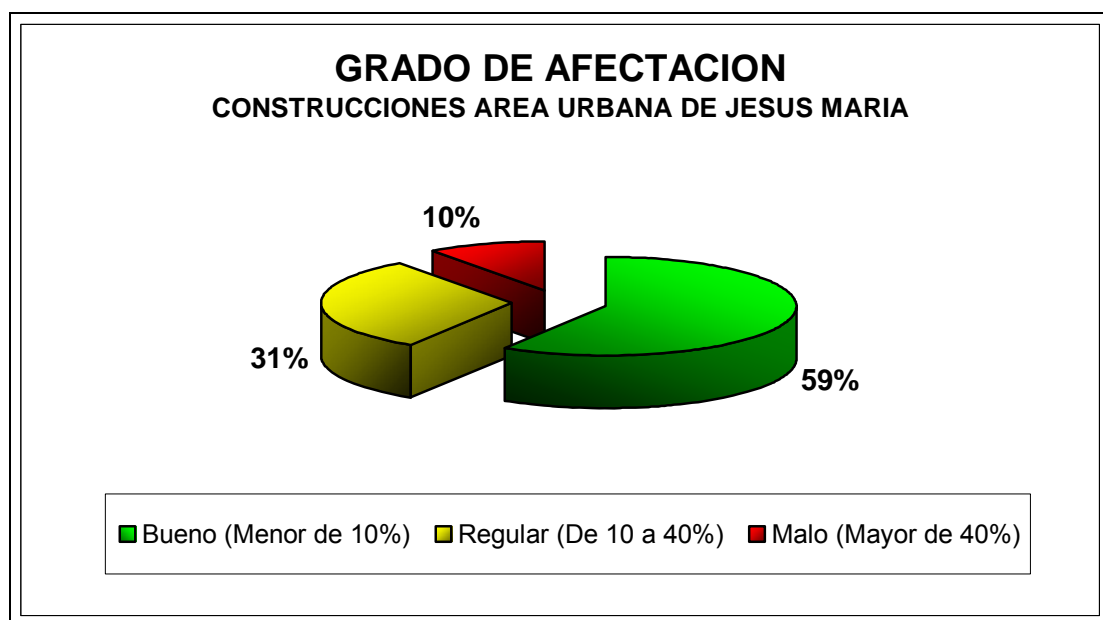


Grafica 14. Nivel de daño de las estructuras relacionadas con los efectos de los FRM en el casco urbano de Jesús María

Fuente: Investigación de los autores 2005

Para la generación del mapa de afectación se considero que se deben presentar tres niveles de afectación para efectos de identificación del daño estilo semáforo en el que los daños menores se muestran en áreas verdes, los medios en amarillo y los graves en rojo. De esta manera las estructuras que se ubicaron en los rangos de Puntual y Ninguno representarían como factor de seguridad para las segundas ya que no habrá zonificación para estructuras con un 0% de afectación.

De esta forma la clasificación para el mapa se determinó por medio de colores verde, amarillo y rojo para representar la intensidad de daño registrado de la siguiente forma:



Grafica 15. Grado de afectación de las construcciones del casco urbano de Jesús María

Fuente: Investigación de los autores 2005

En el mapa de topologías estructurales y grado de Afectación (Anexo E, Mapas N°8 y N°9) se observa con detalle las construcciones clasificadas según los criterios tratados en este capítulo los cuales servirán para identificar las zonas con mayores daños estructurales y poder evaluar y sectorizar la vulnerabilidad relativa de la zona urbana y de expansión de Jesús María.

15. VULNERABILIDAD

Los efectos de los fenómenos de remoción en masa en muchos casos resultan de magnitudes catastróficas que, en caso de su materialización, llegan a afectar a la población en aspectos tan importantes como el social, económico y ambiental ya que están sujetas a diversos grados de incertidumbre ante de la posibilidad o no de su ocurrencia los cuales muchas veces no son considerados y son de alta complejidad.

La existencia de este tipo de incertidumbres hace que generalmente se tomen decisiones equivocadas en la planeación territorial, por esto, los costos de proyectos sin la perspectiva adecuada resultan muy altos si no se tiene en cuenta la disminución de los riesgos que pueden tener características y magnitudes no determinadas. Debido a estos problemas se hace necesaria la evaluación y zonificación de las amenazas, vulnerabilidad y riesgo, ya que conforman en conjunto una herramienta útil para la toma de decisiones primordialmente, en las primeras etapas de la planeación de proyectos urbanísticos y de prevención de desastres, en especial lo relacionado con la ubicación de los asentamientos humanos.

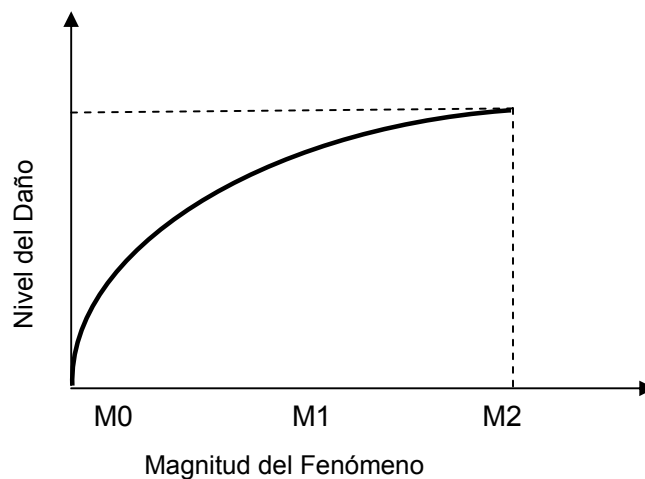
Basados en el aporte realizado por los estudios geológicos en la determinación de las amenazas naturales que afectan la zona urbana de Jesús María, y con el fin de mejorar el análisis y percepción del riesgo, en particular desde el punto de vista de los daños que pueden ocasionarse a los elementos potencialmente afectables, se debe considerar el concepto de vulnerabilidad de manera que facilite un análisis cuantitativo de las pérdidas esperadas y un mejor entendimiento por parte de la comunidad, en especial de los tomadores de decisiones.

El término vulnerabilidad según Varnes¹⁹ (1984), indica *“el grado de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia*

¹⁹ SUAREZ, DÍAZ Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de investigaciones sobre erosión y deslizamientos, Bucaramanga 1998. Pág. 368.

de un fenómeno natural de una magnitud determinada”. Según la UNDRO²⁰ (1991) esta debe ser expresada en una escala de 0 (ningún daño) a 1 (perdida total), o como porcentaje de pérdida esperado. La asignación de valores para la evaluación de la vulnerabilidad requiere el conocimiento detallado de la naturaleza del sitio, la densidad de población, infraestructura, actividades económicas y efectos de determinados fenómenos sobre estos elementos de riesgo.

Además es importante considerar las características de procesos que afectan la zona como es el caso de la velocidad del movimiento ya que a mayores velocidades generalmente, las vulnerabilidades son mayores. Esto puede conducir a diferentes grados de daño en la trayectoria del movimiento ya que generalmente donde el daño es mayor, la vulnerabilidad es mayor.



Grafica 16. Variación de la magnitud del fenómeno frente al nivel de daño localizado

Fuente: Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa, INGEMINAS 2001.

En este contexto, se pretende en este capítulo analizar y zonificar la vulnerabilidad de las áreas urbanas construidas partiendo de la conceptualización de la información suministrada por las encuestas la cual (según el capítulo 14) permitió caracterizar las tipologías estructurales existentes y su correspondiente grado de afectación relacionado con los procesos de remoción en masa. Para movimientos en masa no existe una guía

²⁰ CASTRO Marín Eduardo y Otros, Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en masa. Guía Metodológica. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá DC, 2001.

exacta para evaluar la vulnerabilidad y por eso es necesario utilizar criterios conceptuales según los casos encontrados en el área de trabajo conociendo hasta este punto la influencia que tienen las amenazas en la zona de estudio.

Para esta evaluación se tomaron las secciones de la encuesta que involucran temas relacionados con los elementos expuestos y la interacción de estos con los fenómenos encontrados de los cuales se desprenden nociones fundamentales de la vulnerabilidad como son la noción de elemento expuesto y la noción de interacción entre fenómeno y elemento expuesto.

Elemento expuesto es equivalente a lo que se conoce como elemento en riesgo; la interacción entre fenómeno y elemento hace referencia a la forma física de expresión del fenómeno sobre los elementos y a los mecanismos de respuesta de estos. La interacción de ambos conduce a la comprensión del nivel de daño potencial el cual pretende expresar la magnitud de la afectación ocasionada por los elementos expuestos. Estas nociones incluyen aspectos como las personas, los bienes materiales y las actividades o funciones desarrolladas en ellas las cuales son consideradas como funciones de daño dentro del presente análisis.

15.1. PONDERACION DE VARIABLES

15.1.1. Evaluación predial

Las secciones utilizadas que incluyen los temas necesarios para la evaluación de la vulnerabilidad fueron las siguientes:

- SECCION 4 Inspección de la Estructura
- SECCION 5 Estado de daño de la estructura
- SECCION 6 Condiciones de los FRM en el predio
- SECCION 7 Ocupación de la Estructura

A cada ítem dependiendo de la sección a la que corresponda se le asignó un valor ponderado conforme a lo expuesto anteriormente por la UNDRO considerando que no hay estructuras en la cabecera municipal de Jesús María que estén completamente en buen estado como para asignar valores de cero (0) ni construcciones totalmente destruidas por los efectos de los FRM que merezcan una puntuación de uno (1).

La explicación correspondiente de las secciones de la encuesta se encuentra en el ***Manual de Campo para Inspección de Construcciones y su Relación con Los Fenómenos de Remoción en Masa*** como anexo de este libro pero como muestra de la metodología seguida, se tratarán cada una de las secciones analizadas y se presentará un ejemplo de la evaluación de la vulnerabilidad correspondiente para tres predios de la zona de estudio.

La Sección 4 describe físicamente la estructura de acuerdo al diseño y a los elementos utilizados en su construcción, los tipos de reformas realizadas y el tiempo que la estructura lleva de construida. Por constituirse como un factor descriptivo pero que no refleja directamente el daño causado en las estructuras, el rango de evaluación fue de 0.05 a 0.5 considerando los mejores elementos estructurales con valores bajos y los menos resistentes con valores cercanos a 0.5. Se evaluaron 9 ítems los cuales incluyen los siguientes aspectos:

Sistema estructural

Se encontraron once (11) tipos diferentes de sistemas estructurales según la encuesta realizada, cada uno fue evaluado de acuerdo a su conformación y resistencia estructural frente a los fenómenos tratados.

SIMBOLO	SISTEMA ESTRUCTURAL
P	Pórtico
MC	Muro de carga Confinados
MR	Muros de carga Reforzados
MNR	Muros de carga no Reforzados
A	Adobe
B	Bahareque
T	Tapia Pisada
MC-P	Muros Confinados y Pórtico
MC-ML	Muros Confinados y Materiales Locales
MNR-P	Muros de carga no reforzados y Pórtico
MNR-ML	Muros de carga no reforzados y Materiales Locales

Tabla 1 Sistemas estructurales identificados en la zona urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Para la evaluación la vulnerabilidad se tomara como ejemplo la matriz que se realizo para la asignación de los valores de ponderación en la que según la sección analizada se escogió el valor que mejor identificara las condiciones reales de la estructura.

PREDIO	Sistema Estructural										
	P	MC	MR	MNR	A	B	T	MC-P	MC-ML	MNR-P	MNR-ML
A-1	0,1	0,25	0,3	0,5	0,4	0,5	0,45	0,15	0,2	0,35	0,4
B-10	0,1										
C-1											0,4

Cuadro 63. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con el sistema estructural identificado

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Entrepisos

En las estructuras que tienen varios pisos se identifican diferentes materiales en la construcción de su entrepiso, la evaluación considera valores de cero para los predios

que no lo tienen por considerar que una estructura de un piso aporta menos peso al terreno que no posee muy buena capacidad de soporte (ver Capítulo 12).

TIPO DE ENTREPISO	
PC	Placa en Concreto
Pmat	Placa en materiales locales
Pmad	Placa en madera
PA1D	Placa Aligerada en una dirección
PA2D	Placa Aligerada en dos direcciones

Tabla 2. Tipos de Entrepiso identificados en la zona urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Entrepiso				
	PC	Pmat	Pmad	PA1D	PA2D
	0,05	0,5	0,375	0,25	0,125
A-1					
B-10	0,05				
C-1					

Cuadro 64. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con los tipos de entrepisos identificados

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Cubiertas y soportes

Se identificaron cuatro tipos generalizados de cubierta, aunque en muchos casos, el tipo de cubierta no era único existente, la evaluación se realizó tomando el valor del tipo de cubierta que más porcentaje de cobertura tuviera dentro la estructura. De la misma forma se evaluó el tipo de soporte que la cubierta tiene según las combinaciones encontradas en la identificación estructural.

SIMBOLO	TIPO DE CUBIERTA	SIMBOLO	TIPOS DE SOPORTES
LC	Losa en Concreto	G	Guadua
TZ	Tejas de Zinc	CM	Cerchas Metálicas
TA	Tejas de Asbesto (Eternit)	VM	Vigas Metálicas
TB	Tejas en Barro	Ma	Madera

Tabla 3. Tipos de Cubiertas y soportes identificados en la zona urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Cubierta			
	LC	TZ	TA	TB
	0,05	0,35	0,2	0,5
A-1			0,2	
B-10	0,05			
C-1			0,2	

PREDIO	Soportes			
	G	CM	VM	Ma
	0,5	0,05	0,2	0,35
A-1				0,35
B-10				
C-1		0,05		

Cuadros 65 y 66. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con los tipos de cubiertas identificados

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Cimientos

En la cabecera municipal se encontraron estructuras construidas en diferentes épocas, esta variedad hace que la existencia de cimientos que favorezcan la estabilidad de la estructura no sea una constante. Aunque es una necesidad evidente en la zona construir cimientos que cumplan las normas sismo-resistentes, la identificación estructural demostró que en su mayoría las edificaciones tienen cimientos improvisados que no cumplen con su función primordial de transmisión de cargas hacia el suelo.

SIMBOLO	CIMENTOS
R	Reforzados en Concreto Armado
NRMI	No Reforzados contruidos con materiales locales
MRC	No Reforzados contruidos en Cemento
NH	No hay

Tabla 4. Cimientos identificados en la zona urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Cimientos			
	R	NRMI	NRC	NH
	0,05	0,35	0,2	0,5
A-1		0,35		
B-10	0,05			
C-1			0,2	

Cuadro 67 Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con los tipos de cimientos identificados

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Fecha de Construcción

Con el fin de poder analizar el comportamiento de las construcciones según los criterios bajos los cuales fueron diseñados, se evalúa la época en que fue construida la estructura. Se considera con menor puntaje las que se sitúen en el rango donde las normas sismo-resistentes de la NSR-98 comenzaron a tener validez.

SIMBOLO	FECHA DE CONSTRUCCION
<60	Antes de 1960
60-84	Desde 1960 hasta 1984
84-97	Desde 1984 hasta 1997
>97	Después de 1997

Tabla 5. Fecha de Construcción de estructuras del área urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Fecha Construcción			
	<60	60-84	84-97	>97
	0,5	0,35	0,2	0,05
A-1		0,35		
B-10				0,05
C-1	0,5			

Cuadro 68. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con la fecha de construcción

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Numero de pisos

Este es un factor importante en el momento de analizar el peso que soporta el suelo urbano de Jesús María ya que las características limo-arcillosas, la humedad constante y la disposición de la pendiente sobre la que existen construcciones no lo hacen muy estable. Se consideran el número total de pisos ya sean sobre el terreno o sótanos.

SIMBOLO	NUMERO DE PISOS
1	Un Piso
2	Dos Pisos
>2	Mas de dos Pisos

Tabla 6 Numero de pisos de estructuras del área urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Numero de Pisos		
	1	2	>2
	0,05	0,25	0,5
A-1	0,5		
B-10		0,25	
C-1	0,5		

Cuadro 69. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con el número de pisos

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Proceso Constructivo

Es importante identificar si la estructura forma parte de algún tipo de plan urbanístico de vivienda, si fue un proyecto individual o si únicamente hace parte de un proyecto de autoconstrucción. Se considera que los procesos urbanísticos son los que cumplen las normas constructivas sismo-resistentes, por esto tendrán valores mínimos de evaluación.

SIMBOLO	PROCESO CONSTRUCTIVO
A	Autoconstrucción
U	Urbanístico
I	Individual

Tabla 7. Procesos Constructivos utilizados en el área urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Proceso Constructivo		
	A	U	I
	0,5	0,05	0,25
A-1	0,5		
B-10			0,25
C-1	0,5		

Cuadro 70. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con el proceso constructivo.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

En la sección 5 se identifica el nivel de daño de los elementos estructurales de las construcciones, es importante diferenciar que estos daños no son provocados únicamente por los fenómenos naturales, si no que pueden producirse por problemas en la forma como fue construida la estructura, la mala calidad de los materiales utilizados o la falta de conocimientos constructivos adecuados concordantes con los requerimientos sismo-resistentes. Se evaluaron cuatro (4) ítems en un rango de 0 a 0.8 considerando que no hay en la zona de estudio estructuras totalmente destruidas.

Daños en el sistema estructural

La presencia de algún tipo de falla en la estructura hace que esta comience a perder propiedades de resistencia dependiendo del grado de magnitud, por esto, realizar un inventario de los problemas ayuda a identificar que predios presentan daños críticos y de esta forma organizar acciones locales para controlar los efectos que estos daños puedan ocasionar.

La información de los daños de cada predio se encuentra recopilada en la base de datos en Access2003 (Anexo C) pero la forma de evaluarlos corresponde a una escala de valores que aumenta en el sentido de la gravedad del daño.

SIMBOLO	DAÑOS EN LA ESTRUCTURA
F	Fisuras
G	Grietas
D	Desplazamientos (Longitudinales)
A	Asentamientos (Verticales)
H	Humedades (Empozamientos y Afloramientos)
NH	No se presentan

Tabla 8. Procesos Constructivos utilizados en el área urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Daños en la estructura					
	F	G	D	A	H	NH
	0,32	0,48	0,64	0,8	0,16	0
D-21	0,32				0,16	
E-17		0,48		0,8		
F-13						0

Cuadro 71. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con los daños en las estructuras

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Reparación de daños anteriores

Es importante conocer si la estructura ha tenido daños anteriores y si los ha reparado o no, por esto, se asumieron valores altos para los predios que no han reparado los problemas reportados ya estos son los más asequibles ante la acción de movimientos de remoción en masa.

SIMBOLO REPARACION DE DAÑOS ANTERIORES	
T	Total
P	Parcial
NHR	No se han reparado
NR	No se reportan daños

Tabla 9. Reparación de daños anteriores en las estructuras del área urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Reparacion Daños			
	T	P	NHR	NR
	0,27	0,53	0,8	0
D-21		0,53		
E-17			0,8	
F-13				0

Cuadro 72. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con la reparación de los daños en las estructuras

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Sistema de recolección de aguas lluvias

Es importante conocer el manejo que cada predio le hace a este servicio, ya que la presencia de fugas o malos manejos pueden activar los problemas relacionados con los fenómenos de remoción en masa. Cuando un predio se evalúa con el valor mas bajo quiere decir que la forma de recolección de aguas lluvias esta conectada a la red de alcantarillado del municipio y hay un control en la forma de evacuación de las aguas, cuando se evalúan conexiones improvisadas quiere decir que muchas de las aguas lluvias no son recogidas ni dirigidas adecuadamente a las conexiones municipales; el valor mas alto hace referencia a que las aguas lluvias no son recogidas y caen sin ningún tipo de control en el área perimetral, esto se convierte en un factor detonante para la acción de FRM.

SIMBOLO RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS	
M	Conexiones aguas servidas del Mpio
I	Conexiones Improvisadas
NH	No son Recogidas

Tabla 10 Recolección de las aguas lluvias de las estructuras del área urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Recoleccion de aguas lluvias		
	M	I	NH
	0,27	0,53	0,8
D-21		0,53	
E-17	0,27		
F-13	0,27		

Cuadro 73. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con la recolección de las aguas lluvias en las estructuras

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Estado de Conservación

Basados en el análisis realizado de los anteriores aspectos se define el estado de conservación, para el caso en estudio se encontró que la mayoría de las estructuras presentan un estado regular.

SIMBOLO ESTADO DE CONSERVACION	
B	Bueno (Menor de 10%)
R	Regular (Entre 10 y 40%)
M	Malo (Mayor de 50%)

Tabla 11. Estado de Conservación de las estructuras del área urbana de Jesús María.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

PREDIO	Estado de Conservación		
	B	R	M
	0	0,4	0,8
D-21		0,4	
E-17		0,4	
F-13	0		

Cuadro 74. Evaluación de la vulnerabilidad relacionada con el estado de conservación de las estructuras
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

La Sección 6 comprende la descripción del entorno natural del predio, la morfometría actual, la localización de movimientos de remoción en masa y los factores detonantes que posiblemente activaron este tipo de movimientos, finalmente se asigna un nivel de afectación en la idea de dar una magnitud de daño definido por el porcentaje causado por la acción del fenómeno en los diferentes elementos expuestos.

La definición de la ponderación se encuentra entre 0 a 0.8 considerando que de la misma forma que la sección anterior, no hay estructuras afectadas en un 100%.

15.1.2. Zonificación de la vulnerabilidad relativa

La vulnerabilidad se calculo con la ponderación de los anteriores aspectos según cada una de las secciones empleadas, se considero que la sección 5 es la mas importante de las tres (3) evaluadas ya que con esta se identificaron los daños estructurales, por consiguiente se le asigno un valor de porcentaje mayor (40%) para la evaluación final del predio, las otras dos secciones fueron útiles para la descripción de las áreas construidas (Sección 4) y las áreas no construidas (Sección 6) del predio.

PREDIO	SECCION 4 30%		SECCION 5 40%		SECCION 6 30%		VULNERABILIDAD
	A-1	0,307	0,092	0,720	0,288	0,620	
A-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,303	0,091	0,091
A-3	0,354	0,106	0,620	0,248	0,503	0,151	0,505

Cuadro 75. Evaluación de la vulnerabilidad según la ponderación de cada una de las secciones consideradas.
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

En el cuadro 75 se ilustra un ejemplo de la forma como se evaluó la variable estudiada; en la primera columna de cada sección se encuentra la sumatoria de los valores que se consideraron para la ponderación individual, en la segunda columna se encuentran los porcentajes asignados de acuerdo a los criterios de la importancia de cada sección, el promedio ponderado de estas tres variables permitió obtener el valor final que representa la vulnerabilidad relativa de la zona construida de cada predio.

Es importante considerar que el valor aquí calculado no representa el porcentaje de pérdida de una construcción, ya que para eso se deben realizar estudios mas profundos en los que se incluyan ensayos y la creación de modelos estructurales que identifiquen cada uno de los materiales que la conforman, por este motivo, se debe considerar que el valor de vulnerabilidad obtenido es útil para realizar comparaciones de los estados de gravedad entre una estructura y otra, en la que se refleja el grado de perdidas económicas que sufriría por la presencia de un fenómeno de una magnitud determinada sin la necesidad de emplear términos relacionados con la perdida de vidas humanas

15.2. NIVELES DE VULNERABILIDAD RELATIVA

De acuerdo a los resultados obtenidos para cada predio se determinaron cuatro (4) rangos de vulnerabilidad, estos rangos se tomaron teniendo en cuenta que este parámetro se mide de 0 a 1 (UNDRO, 1991) en el que el ítem de Grado de Afectación ya comentado define la división entre uno y otro rango. (Anexo E, Mapa N°11).

RANGO DE VALORES	CLASIFICACIÓN	ÁREA m ²	% AREA TOTAL
0.75 – 0.45	ALTA	7287.63	5
0.45 – 0.25	MEDIA	15253.41	10
0.25 – 0.05	BAJA	11013.75	34
0.05 - 0	MUY BAJA	273861.24	50
AREA TOTAL		303373.75	100%

Cuadro 76. Rangos de Vulnerabilidad para casco urbano de Jesús María
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

VULNERABILIDAD ALTA

El estado de la estructura que se ubique en este rango la identifica como grave pero no crítica debido a que no hay predios con valores de 1 que indiquen la existencia de viviendas destruidas ya que esto implicaría una pérdida total. El valor máximo alcanzado en la evaluación es 0.712 que corresponde a la estructura desocupada del hospital antiguo localizado en una de las zonas con un grado de amenaza muy alto.

La distribución de la vulnerabilidad se encuentra a lo largo de toda la zona de estudio y no se observó una relación directa con un modelo definido. Algunas zonas se encuentran incluidas en los fenómenos de remoción en masa activos y otras se deben al grado de deterioro de las construcciones.

VULNERABILIDAD MEDIA

Este rango es el que incluye el mayor porcentaje de área construida en la zona con un área de 15253.41 m² y con un rango entre 0.45 – 0.25. No se encontró una relación directa con la distribución geográfica.

VULNERABILIDAD BAJA

Se encuentra ubicada entre los valores 0.25 – 0.05 con un área que se relaciona 3.58% del área total. En su mayoría este nivel se encuentra en las unidades geotécnicas correspondientes a roca fresca.

VULNERABILIDAD MUY BAJA

Este nivel corresponde a las áreas no construidas del área urbana de Jesús María. Se asignaron estas áreas a este valor de vulnerabilidad debido a que no tienen grado de afectación notorio intrínseco con las construcciones.

16. INDICATIVO DE RIESGO

La mayoría del territorio Colombiano se encuentra dominado por la Cordillera de Los Andes. Las zonas montañosas con rocas sedimentarias se caracterizan por tener problemas de movimientos en masa debido a la naturaleza inestable y dinámica de estos sistemas. La zonificación de riesgos es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente en las primeras etapas de planeación de un proyecto, así como también en la planificación de obras civiles de mitigación el mismo y en la adecuación de los lugares propicios para desarrollo urbanístico

Cuando existe incertidumbre de la posibilidad o no de la ocurrencia de un fenómeno, generalmente, se toman decisiones equivocadas de diseño. El costo de un proyecto puede resultar muy alto o se tienen que asumir riesgos de características y magnitudes no determinadas. En este capítulo se estudiara el riesgo indicativo obtenido para la zona a partir de la metodología con que se logró.

En este contexto, es necesario implementar medidas de prevención y control sobre la problemática existente en razón a que la vida de los pobladores y sus bienes pueden traducirse en pérdidas esperadas a causa de la acción de los tipos de amenazas estudiados anteriormente. Conforme a lo mencionado, es fundamental analizar el riesgo de la zona basado en la observación y registro de los indicadores tanto naturales como los producidos por acción antrópica, examinándolos desde el punto de vista de las consecuencias resultantes en los sitios donde se registran movimientos en masa.

Debido a la complejidad de los fenómenos de remoción en masa y la dinámica de los elementos expuestos, hay una variedad de posibilidades tanto en la amenaza como en la vulnerabilidad que hace necesario enriquecer el estudio para que sirva como herramienta en la planificación territorial y la prevención de desastres.

Según la metodología propuesta por Suárez (1998), es posible realizar un indicativo del riesgo a los fenómenos de remoción en masa, el cual incluye el conocimiento de la

amenaza y de los escenarios de riesgo representados como áreas vulnerables, aspectos ya definidos que permitieron expresar los resultados de forma cualitativa y cuantitativa.

Según El IUGS (1997) se define como una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente. Se mide en vidas humanas y propiedades en riesgo.

En el caso particular se estimó el riesgo como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad.

16.1. METODOLOGIA UTILIZADA

La estimación del indicativo de riesgo se hizo posible a partir de la generación de los mapas temáticos de amenaza y vulnerabilidad la ponderación de los mismos y el producto mediante el software ARCVIEW 3.1

Una vez generados los mapas de amenazas con la metodología que se explicó en su respectivo capítulo se rasterizan cada uno de ellos mediante el comando *CONVERT TO GRIS* que se encuentra en el comando *THEME* de la barra menú.

Una vez se elija la opción el software pregunta por el campo a rasterizar, se da la opción en amenaza o la casilla que contenga el valor en que hayamos asignado el valor de la amenaza. Este procedimiento se repite para el mapa de Vulnerabilidad con la diferencia de que el campo rasterizar es en ese caso el que contenga el valor del riesgo indicativo.

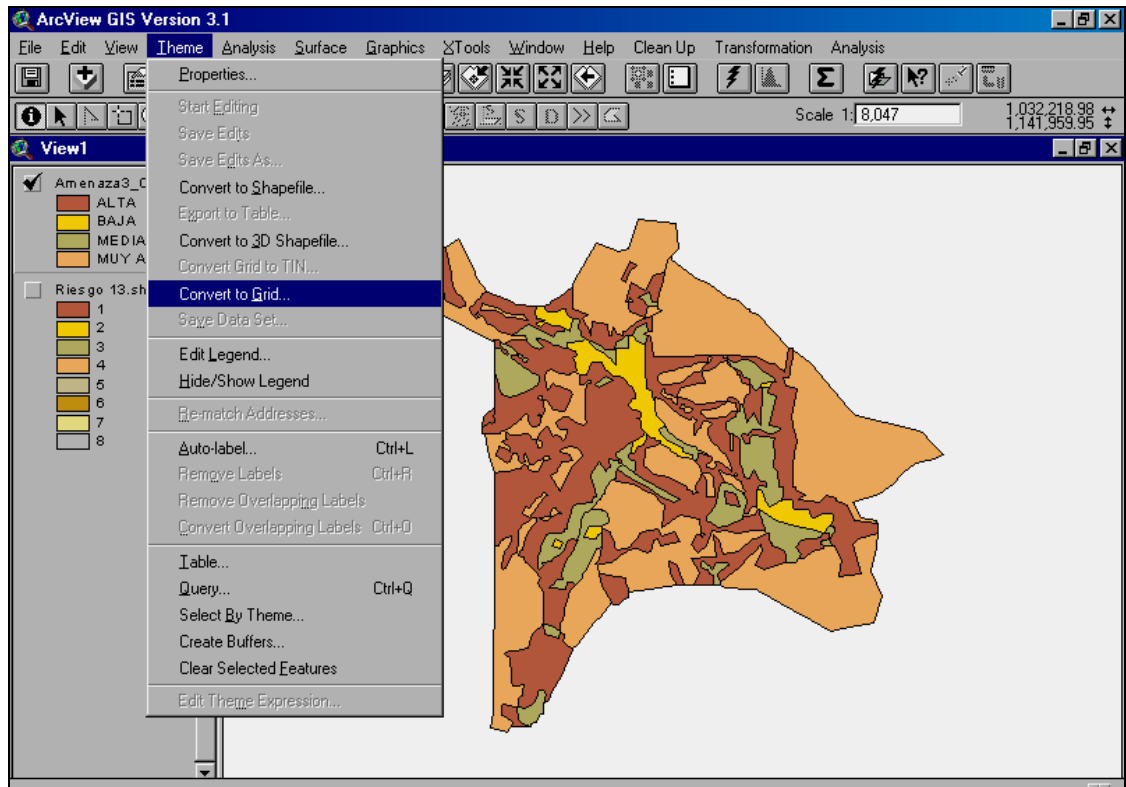


Figura 79. Ambiente gráfico del software ARCVIEW donde se muestra la forma de rasterizar los mapas mediante la herramienta CONVERT TO GRID.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Una vez rasterizados los dos mapas, se elige en la barra de menú el comando ANALISIS y se elige la opción MAP CALCULATOR en esta caso aparece una ventana que nos permitirá realizar las operaciones que deseemos con los mapas que acabamos de rasterizar en nuestro caso el resultado del producto entre amenaza y vulnerabilidad de acuerdo con la siguiente expresión que define el cálculo del riesgo según la UNDRO, 1979:

$$R = A \times V$$

En resumen, para evaluar el riesgo deben seguirse tres pasos: la evaluación de la amenaza o peligro; el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en si mismo.

Esta expresión representa el producto de los capítulos anteriores ya que la superposición de los mapas generados por cada una de estas incide en la obtención de valores que se asignaron a cada área de la zona urbana para clasificarla.

En este contexto, se utilizó un algoritmo de acuerdo con el Cuadro 77 que relaciona los niveles de clasificación de ambos conceptos; la interrelación de estos produjo el mapa de Indicación de Riesgo de la zona urbana de Jesús María que se encuentra como Anexo E, mapa N°12. La zonificación obtenida y en seguida elegimos EVALUATE para que el software genere el mapa de Riesgos indicativos mediante la herramienta MAP CALCULATOR, de esta manera se logran multiplicar los mapas para obtener el mapa de riesgo indicativo (ver Figura 80).

NIVELES DE RIESGO INDICATIVO			
AMENAZAS NATURALES	VULNERABILIDAD RELATIVA	RIESGO INDICATIVO	
I. MUY ALTA	1. ALTA	EXTREMADAMENTE ALTO	I-1
II. ALTA	2. MEDIA	ALTO	II - 1 I - 2 I - 3 II - 2 III - 1
III. MEDIA	3. BAJA	MEDIO	II - 3 III - 2 I - 4
		BAJO	III - 3 IV - 1
IV. BAJA	4. MUY BAJA	MUY BAJO	II - 4
			III - 4 IV - 4 IV - 2 IV - 3

Cuadro 77. Algoritmo utilizado para la obtención de los niveles de riesgo indicativo
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

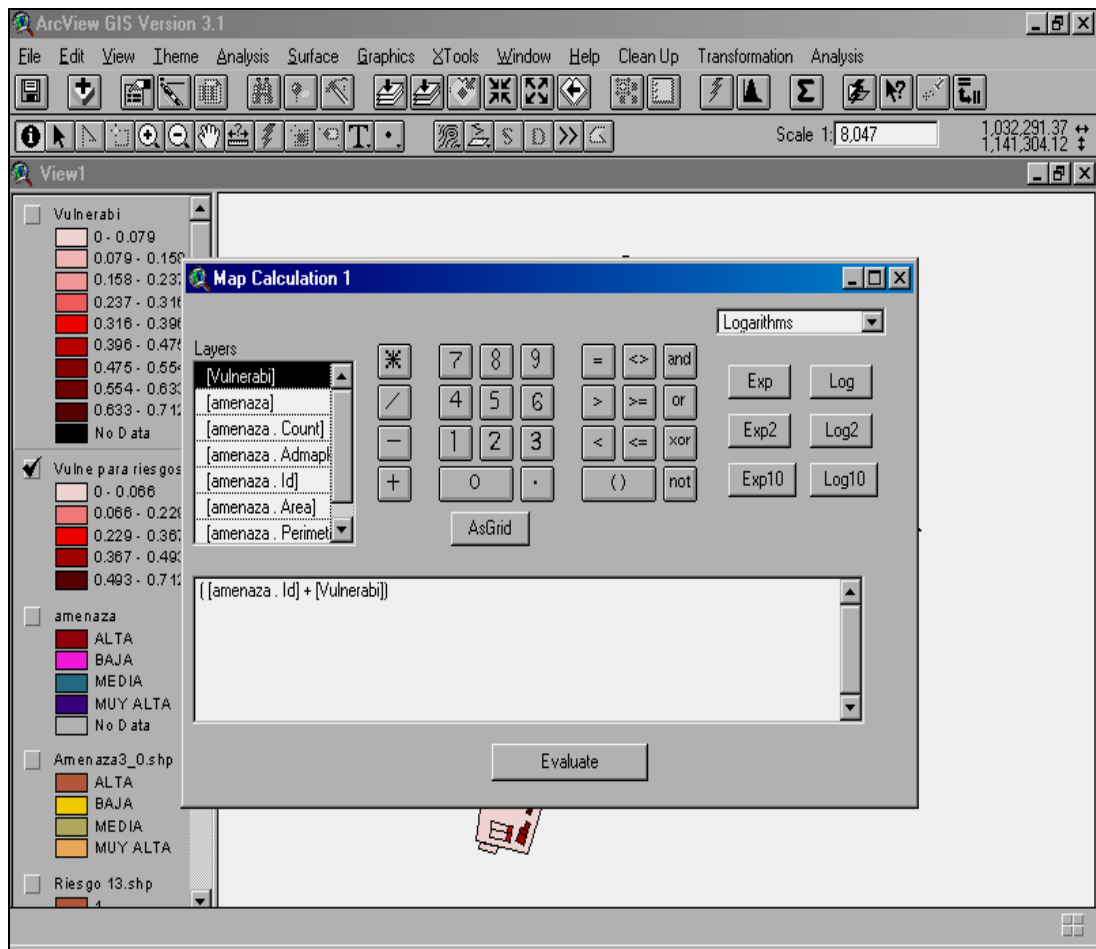


Figura 80. Ambiente gráfico del software ARCVIEW para hacer operaciones de mapas con la herramienta MAP CALCULATOR.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Una vez generado el mapa de riesgos en formato gris, que es poco manejable y práctico se hace necesario convertirlo en formato shape, para esto se emplea la herramienta *GRIDS TO SHAPES* de Johanes Weigel que se obtuvo de la página www.esri.com. Una vez se completa este paso se hace posible editar y asignar nuevos valores a este mapa de riesgo indicativo.

16.2. NIVELES DE RIESGO INICATIVO

En el Anexo E se puede observar el mapa de riesgo indicativo obtenido (Mapa N°12), en el siguiente cuadro se relacionan sus porcentajes.

NIVELES DE RIESGO	ÁREA M ²	PORCENTAJE %
EXTREMADAMENTE ALTO	677.79	0.22
ALTO	5191	1.70
MEDIO	169266	55.8
BAJO	94809.5	31.25
MUY BAJO	33428.68	11.02
ÁREA TOTAL	303373.75	100%

Cuadro 78. Rangos de evaluación para Riesgo Indicativo de la zona de estudio con sus respectivas áreas.
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

De otra parte, una vez evaluado el riesgo y teniendo en cuenta que no es posible reducirlo a cero, para efectos de la planificación y el diseño de obras de infraestructura y de protección es necesario definir un nivel de "riesgo aceptable", o sea un valor admisible de probabilidad de consecuencias sociales y económicas que, a juicio de las autoridades que regulan este tipo de decisiones, se considera lo suficientemente bajo para permitir su uso en la planificación física, la formulación de requerimientos de calidad de los elementos expuestos o para fijar políticas socio-económicas afines.

RIESGO MUY BAJO

Corresponde a zonas donde se encuentran conjugados los factores que hacen posible una estabilidad geológica y de la construcción. Por lo general son zonas planas que se encuentran construidas, con zonas pavimentadas y que se puede considerar las únicas zonas seguras para el desarrollo urbanístico. En el mapa se pueden observar estas zonas que se distribuyen por toda la zona urbana del municipio.

RIESGO BAJO

De acuerdo al cuadro anterior la mayor parte de la zona de estudio se encuentra ubicada en la categoría de riesgo bajo. Esta zona corresponde a lugares donde por lo general se dan los casos de baja amenaza y baja vulnerabilidad. Corresponde a zonas despobladas o donde las construcciones se encuentran en un estado aceptable lo que hace que no propensas a tragedias naturales por hechos de carácter catastrófico.

RIESGO MEDIO

Corresponde al 55.8% de la zona de estudio, corresponde a zonas donde la pendiente se encuentra como factor detonante de daño en las edificaciones.

RIESGO ALTO Y EXTREMADAMENTE ALTO

Comprende la menor parte de la zona urbana del municipio, corresponde zonas donde se conjugan los fenómenos de remoción en masa con la proximidad de las construcciones. Son zonas donde se deben tomar medidas de mitigación (riesgo alto) y si es necesario de evacuación (riesgo extremadamente alto). Estas zonas se hacen propias de un estudio adicional que permita valorar sus alcances.

17. PLANTEAMIENTO DE OBRAS DE MITIGACION

La disminución del riesgo es directamente proporcional a los efectos de las medidas de mitigación que se tomen para controlar eficazmente las amenazas naturales. Los métodos de estabilización de suelos en aspectos que contemplen el control de aguas tanto superficiales como subterráneas, de acuerdo con la problemática identificada en la zona urbana de Jesús María, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de obras de contención, en cuanto tienden a desactivar la presión de poros, aumentar la resistencia al corte y eliminar las fuerzas hidrostáticas desestabilizantes de los suelos y formas topográficas de la zona.

Este capítulo pretende recomendar obras de carácter geotécnico y civil para mitigar los efectos de los procesos morfodinámicos estudiados en los capítulos anteriores, que han afectado en más del 50% de la zona. Principalmente, se plantearán obras que no aporten peso ya que las características de los suelos según los resultados obtenidos en laboratorios los clasifican como suelos con capacidad de soporte baja debido a que en la mayoría son Limo-arcillosos con alto grado de humedad (ver capítulo 12), convirtiéndose así en un elemento más que aumenta el nivel de riesgo en la zona donde se construya.

17.1 PLAN DE ACCION

Se proponen, de esta forma cuatro estrategias para controlar la humedad constante en el suelo de la zona, ya que este es uno de los factores de mayor importancia para la ocurrencia de los fenómenos naturales referenciados. El soporte para el cálculo de los costos directos se encuentra en la base de datos suministrada por la Gobernación de Santander en el presente año, de acuerdo con los diferentes proyectos contratados por esta entidad a través de las Secretarías del Despacho.

REFORESTACION PRODUCTORA

La siembra de esta planta favorece a la estabilidad de los suelos ya que sus raíces extraen en gran proporción el agua que exista a su alrededor. Este mecanismo de control puede aplicarse para que se cultive en las zonas aledañas al casco urbano, además es importante, formar una cultura en la comunidad sobre la importancia de la siembra de plantas reforestadas (por ejemplo el cacao) y generar espacios para su intercambio comercial. Según la resolución No. 301 de 24 de diciembre de 2003 del Ministerio de Agricultura, se estableció el precio de referencia del cacao en grano en puestos de compra para el primer semestre de 2004, el cual es equivalente a:

SIEMBRA DE CACAO
\$ 3875 / Kilogramo de cacao en grano

Cuadro 79. Precio de compra grano de cacao

Fuente: Base de datos Proyectos contratados, Departamento de Santander, 2005

FILTROS LONGITUDINALES

Los geotextiles son telas permeables, filtrantes, construidas con fibras sintéticas, especialmente de polipropileno, poliéster y nylon. Los geotextiles recomendados son los no tejidos, los cuales se diferencian por los perforados con alfileres, los pegados al calor y los pegados con resinas.

En los lugares donde se presenten movimientos activos en conformidad con el mapa Morfodinámico, se plantea la construcción de filtros con geotextil no tejido y piedra de río (Filtro Francés) en forma de espina de pescado. Este sistema recoge las aguas cercanas, las encamina hacia sistemas de desagüe adecuados para evitar que el avance de este tipo de procesos siga su curso. Los precios manejados en la construcción de filtros no incluyen la excavación de las zanjas y depende además de la humedad encontrada en la zona al realizarla, por esto, los precios varían de la siguiente forma:

FILTRO FRANCÉS	
Con geotextil no tejido y piedra de río	\$ 58.000 / m ³

Cuadro 80. Precio por metro cúbico de filtro francés.

Fuente: Base de datos Proyectos contratados, Departamento de Santander, 2005

PAVIMENTACION DE VIAS

La base estabilizada con emulsión asfáltica que según el INVIAS se clasifica como tipo BEE2, es propicia para la pavimentación de las vías urbanas descubiertas ya que es una capa que no aporta peso al suelo y ayuda a controlar los problemas de erosión y socavación identificados en zonas que comprenden la vía hacia Florián, Sucre, El Hato, la Calle del Boquerón. El costo por metro cúbico incluye la Base Granular (m³), la Emulsión Asfáltica (lt) y alquiler de una Motoniveladora, Vibrocompactador y Carro tanque irrigador, maquinas necesarias para su construcción.

PAVIMENTACION BASE ESTABILIZADA CON EMULSION ASFALTICA
\$ 95.000 / m ³

Cuadro 81. Precio por metro cúbico de pavimentación con base estabilizada con emulsión asfáltica.

Fuente: Base de datos Proyectos contratados, Departamento de Santander, 2005

CONSTRUCCION DE CANALES

Para disminuir la infiltración de agua en sectores donde se detecten fugas se recomienda construir canales colectores las cuales conducen el agua por la vía más directa hacia fuera de las áreas vulnerables entregándolas a canales en gradería de disipación de energía en zonas de alta pendiente. Los canales son adecuados de la misma forma, para suelos susceptibles a la erosión. Deben considerarse primordialmente la impermeabilización de los canales y de la pendiente con la que se construyan para evitar

la infiltración de las aguas y el taponamiento que produzca cárcavas de erosión localizadas.

Se recomienda además, la construcción de cunetas en tierra que canalicen las aguas a lo largo de las redes viales, de tal forma que exista control sobre las aguas lluvias y estas sean llevadas a los vertimientos correspondientes sin que se presenten empozamientos ni estancamientos que afectan a las viviendas de la localidad.

Los costos de esta construcción varían dependiendo de los materiales utilizados. De acuerdo con la fuente consultada, los canales en forma de tienen los siguientes costos:

CANALES COLECTORES	
Revestido en concreto con junta en madera	\$ 12.000 / ml
Canaletas en tierra	\$ 2000 / ml

Cuadro 82. Precio para canales colectores en concreto y en tierra.

Fuente: Base de datos Proyectos contratados, Departamento de Santander, 2005

PLAN DE ACCIONES
REFORESTACION PRODUCTORA Propósito: Absorber agua de los suelos
FILTROS LONGITUDINALES Construidos con Geotextil no tejido y piedra de río
PAVIMENTACION VIAS Base estabilizada con emulsión asfáltica.
CONSTRUCCION CANALES Revestidos en concreto con juntas en madera

Cuadro 83. Plan de acción resumen para el municipio de Jesús María.

Fuente: Base de datos Proyectos contratados, Departamento de Santander, 2005

CONCLUSIONES

- ✚ Se encontró que el clima de Jesús María presenta un clima medio Súper-húmedo según la metodología utilizada para la clasificación.
- ✚ La litología existente en la zona de estudio corresponde a niveles inferiores de la Formación Paja que corresponden a Shales carbonáceos que en algunos niveles se encuentran altamente diaclasados lo que hace posible la existencia de acuíferos que afloran en superficie que contribuyen de una forma u otra a la activación y generación de movimientos de remoción en masa.
- ✚ Los factores que influyen de manera activa en al generación y establecimiento de condiciones propicias para la generación ya activación de proceso morfodinámicos en la zona son las geoestructuras de sinclinal y anticlinal que fracturan el terreno creándose de esta forma un ambiente propicio para la alta meteorización y perfiles competentes de suelos residuales.
- ✚ El análisis de los factores que propician el establecimiento de las condiciones propicias para el establecimiento de fenómenos de remoción en masa que se pueden considerar potencialmente dañinos permitió conocer que el municipio de Jesús María en su zona urbana se encuentra expuesto a una amenaza mayor del 80%.
- ✚ Las amenazas encontradas comprenden principalmente zonas de dominio de movimientos en masa activos e intermitentes que se distribuyen a lo largo de toda la zona sin tener un patrón definido.
- ✚ Los factores que influyen de manera activa para la generación y activación de procesos morfodinámicos son las fracturas del terreno que crean un ambiente propicio para la alta meteorización y perfiles competentes de suelos residuales.

- ✚ En la zona se encontró un deslizamiento que esta topográficamente superior y que es de magnitud considerable como para llegar a afectar el casco urbano ya que se encuentra en dirección este-oeste.
- ✚ De acuerdo a los estudios de laboratorio se encontró que los suelos de la zona de estudio se clasifican como limo-arcillosos que corresponde a los grupos MH excepto el suelo encontrado en el Colegio que se cataloga como un OH.
- ✚ El método de la suma de mapas raster con un peso determinado por la ponderación de una variable es muy útil cuando se manejan una gran cantidad de variables, de esta forma se hace posible evaluar de una manera semicuantitativa escenarios de amenaza, pero sin dejar de lado el criterio del estudioso del área que puede ser determinante en las posibles alteraciones que se puedan presentar en el transcurso del desarrollo de la metodología.
- ✚ Basados en la caracterización del grado de afectación de las construcciones urbanas se observaron causas múltiples en este aspecto, algunas se deben a los fenómenos de remoción en masa y otras a procesos inherentes a los métodos constructivos.
- ✚ La mayor parte de la zona de estudio con vulnerabilidad muy baja corresponde a las áreas no construidas, el 2.37% de la vulnerabilidad es alta correspondiente a un total de 65 viviendas.
- ✚ El mayor porcentaje de riesgo encontrado es el Bajo con un 55.8% correspondiente a las áreas no construidas, el 11.3% indica el nivel medio de riesgo para la parte construida.

RECOMENDACIONES

- ✦ El mapa de amenazas obtenido se hace teniendo en cuenta solo algunos factores detonantes y esta limitado por el área de estudio. Se recomienda elaborar un posterior mapa que tenga en cuenta toda la zona del municipio que incluya estudios de geofísica, análisis químico de aguas, caracterización detallada de todas las fracturas existentes en la zona, hidrogeología la escala estudiada, medición de las velocidades de los cuerpos deslizantes.
- ✦ Se recomienda la realización de un estudio hidrogeológico que incluya la determinación de la zona de recarga por medio de trazadores isotópicos y/o químicos.
- ✦ Se recomienda la realización de perfiles en los diferentes fenómenos de remoción en masa que determinen la superficie de falla del material desplazado.
- ✦ De acuerdo con los estudios geológicos y geotécnicos realizados en la zona urbana y de expansión se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones en los aspectos de planeación de proyectos urbanísticos, estado de redes de servicios públicos, control y prevención de desastres y cultura ciudadana.
- ✦ Evitar la realización de planes urbanísticos en zonas que se encuentren ubicadas en nivel alto y muy alta en el mapa de amenazas naturales producto de esta investigación.
- ✦ Como requisito para obtener la licencia de construcción se hace necesario realizar estudios geotécnicos que validen la capacidad portante del suelo para construcciones basados en las Normas Colombianas Sismo Resistentes NSR-98.
- ✦ En las construcciones que se encuentren en zonas de grado de riesgo medio a extremadamente alto se deben ejecutar obras de contención y mitigación con sus

- ↳ respectivos seguimientos los cuales eviten la presencia de futuros problemas estructurales.
- ↳ Conforme a la zonificación presentada en el mapa de amenazas deben plantearse nuevas zonas de expansión que no estén sujetas a niveles de amenaza alta ni muy alta y utilizar como área de expansión las zonas preseleccionadas para la reubicación del área urbana contenidas en el EOT.
- ↳ Según se observo en el reconocimiento de la zona, las redes de alcantarillado y acueducto presentan muchas fallas en su estructura, por esto, debe realizarse un monitoreo de estas y la reparación de los daños detectados y la inclusión de los predios donde no llega la cobertura de los servicios.
- ↳ Ante los efectos futuros que causen los FRM se recomienda no construir muros de contención sobre la zona urbana de Jesús María ya que estos aportan peso al suelo que no favorecen su estabilidad.
- ↳ En la vereda Arciniegas se encontró un deslizamiento que esta topográficamente superior y que es de magnitud considerable como para llegar a afectar el casco urbano ya que se encuentra en dirección este-oeste. Se deben realizar estudios detallados sobre esta zona para determinar el grado de afectación de este deslizamiento en la actualidad activo, ya que los porcentajes de amenaza alta a muy alta se podrían ver incrementados por este fenómeno y cubrir la mayoría del municipio lo que haría recomendable una reubicación eminente del casco urbano.
- ↳ Se recomienda la socialización de este proyecto y la elaboración de una campaña educativa que incluya cartillas como guía de cultura ciudadana, para la prevención de desastres y el manejo adecuado del agua, que le permitan a la comunidad tomar conciencia de la problemática presente en la zona urbana.

GLOSARIO

AMENAZA: Se define como el evento amenazante o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente perjudicial en un área dada en un período específico.

AMENAZA RELATIVA: Se emplea para referirse a casos donde la amenaza se avalúa de manera cualitativa o semicuantitativa, es decir, no se obtiene un valor numérico absoluto de probabilidad de ocurrencia del fenómeno, sino por medio de la ponderación empírica de los factores que intervienen en la generación de un movimiento en masa, se establecen zonas con mayor o menor posibilidad de fallar o ser afectadas por fenómenos de remoción en masa.

DESLIZAMIENTO: Movimiento en los que hay un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies de falla, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada. Este puede ser progresivo, es decir, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla. Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semi-independientes.

ESTRUCTURA: Ingenierilmente, es un conjunto de elementos conectados con el fin de soportar una carga, ejemplos de ellos son casas, puentes, edificaciones, etc. Geológicamente, consiste en la disposición de las capas o unidades del terreno de acuerdo a la acción de los esfuerzos tectónicos en un modelo definido, ejemplos de estas son Sinclinales, anticlinorios, depresiones, etc.

EROSION: Su principal acción se efectúa sobre la capa meteorizada en donde se desarrolla el suelo haciéndole perder la materia orgánica, la capacidad de infiltración, acumulación y almacenamiento de agua, elemento vital para la conservación de su fertilidad y el desarrollo de las plantas. Además la erosión es agente principal de transporte que colmata embalses, canales, acueductos y factor contaminante de

quebradas, ríos, lagos, de esta forma la erosión no-solo afecta el suelo sino también el recurso hídrico.

FENOMENOS DE REMOCION EN MASA: Son todos aquellos procesos que indican el desplazamiento de las formaciones superficiales y material litológico (rocas) sobre pendientes topográficas, bajo la acción combinada de la gravedad y de la saturación de agua.

FLUJOS: Movimiento relativo de partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla.

METODO EXPLÍCITO EMPÍRICO: Método por el cual los factores de análisis se combinan mediante el uso de puntajes ponderados que se asignan a cada uno. La suma de estos puntajes produce mapas de valores numéricos, los cuales se pueden dividir en rangos para definir zonas con distintos niveles de intensidad y magnitud de las variables estudiadas.

MITIGACION: Es el resultado de la aplicación de un conjunto de medidas tendientes a reducir el riesgo y a eliminar la vulnerabilidad física, social y económica. La mitigación tiene el propósito de reducir significativamente las consecuencias esperadas por un evento y se utiliza para disminuir la exposición de los elementos vulnerables tales como asentamientos humanos, actividades productivas, reforzamiento de edificios y desarrollo de obras ingenieriles.

MOVIMIENTOS COMPLEJOS: Son los que en un talud incluyen una combinación de dos o mas de los principales tipos de desplazamiento.

REPTACION: Movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie detalla definida. Este movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno

SUSCEPTIBILIDAD: Se refiere al grado de propensión que tiene una zona a que en ella se genere o a que resulte afectada por un fenómeno de remoción en masa debido a sus condiciones intrínsecas (Marín, 2001)

SUELOS RESIDUALES: Estos suelos son el producto de la meteorización de las rocas, su comportamiento depende de las propiedades de la roca original y del grado de descomposición.

VULNERABILIDAD: Grado de pérdida (de 0 a 100%) como resultado de un fenómeno potencialmente dañino. En versiones más recientes, (UNDRO, 1991) se expresa como grado de pérdida de un elemento o conjunto de elementos bajo riesgo como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada y expresada en escala de 0 (ningún daño) a 1 (pérdida total) o como el porcentaje de pérdida total.

ZONA DE ESTUDIO: Ubicación del lugar Objeto de la investigación, que en este caso corresponde a la cabecera municipal de Jesús María y sus áreas de expansión.

BIBLIOGRAFIA

ARISMENDI Ríos, Beatriz. Mitigación Geotécnica del riesgo en el Municipio de Pereira, una experiencia de Intervención Física con alto impacto social. Fundación Vida y Futuro, FOREC, Red de Solidaridad Social. Pereira, Risaralda, Colombia, 2002. Pág. 80

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, AIS. Manual de Campo para la Inspección de edificaciones después de un sismo. Alcaldía de Manizales, Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres, Manizales, 2003.

GONZÁLEZ Sammy, HENRÍQUEZ Norman López Ligia. Análisis de riesgos naturales y propuesta del plan municipal de reducción de desastres, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, COSUDE.

INGEOMINAS, SUBDIRECCIÓN DE AMENAZAS GEOAMBIENTALES. Estudio de evaluación de amenazas por deslizamiento de los barrios El Espino y Cerros del Diamante, Ciudad Bolívar. Bogotá 2003.

MARIN Castro, Eduardo. y otros. Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa, Guía metodológica. Editorial escuela colombiana de ingeniería. Bogotá 2001. Pág. 166

MARQUEZ Cárdenas, Gabriel. Propiedades Ingenieriles de los suelos. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín. Facultad de Minas, Medellín, 1983

MOJICA Rodríguez, Edgar Mauricio, y otros. Esquema de ordenamiento territorial municipio de Jesús María, Santander. División de asesoría y estudios especializados UIS. Bucaramanga, 2003.

SUAREZ DIAZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de investigaciones sobre erosiones y deslizamientos. Ediciones UIS. Bucaramanga, Santander 1998. Pág. 540

ANEXOS

ANEXO A

Series de datos de temperatura de la estación de Albania y de precipitación de la estación de Jesús María para el periodo 1984 - 2004 obtenidos del IDEAM.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

FECHA DE PROCESO : 2005/06/27

ESTACION : 2312506 ALBANIA

LATITUD 0545 N TIPO EST CP DEPTO SANTANDER FECHA-INSTALACION 1974-MAR
 LONGITUD 7355 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO ALBANIA FECHA-SUSPENSIÓN
 ELEVACION 1690 m.s.n.m REGIONAL 08 SANTANDERES CORRIENTE Q CANUTILLO

#0	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1984	2	01	18.2	18.6	19.2	19.4	19.0	18.8	19.0	19.4	18.6	18.8	18.2	18.9	18.8
1985	2	01	18.2	19.3	19.3	19.1	19.3	19.7	19.2	19.1	19.6	19.3	18.7	18.7	19.1
1986	2	01	19.1	18.4	19.0	19.2	19.3	19.3	19.6	19.5	19.7	18.3	19.0	19.0	19.1
1987	2	01	19.3	20.0	19.8	19.7	19.3	19.4	19.5	19.8	19.6	19.0	19.6	19.8	19.6
1988	2	01	19.4	19.0	19.6	19.1	19.0	18.8	19.2	19.0	19.0	18.7	18.6	18.1	19.0
1989	2	01	18.5	17.8	17.9	19.0	18.7	18.6	19.0	19.2	18.8	18.3	18.7	18.4	18.6
1990	2	01	19.1	18.4	18.6	18.6	18.9	19.2	18.8	19.3	18.7	18.1	18.5	18.3	18.7
1991	2	01	18.7	18.5	18.4	18.4	18.7	19.0	18.7	18.8	19.4	18.3	18.4	18.2	18.6
1992	2	01	18.8	18.6	18.7	18.9	18.9	18.9	17.8	18.4	17.9	18.5	17.9	18.1	18.5
1993	2	01	18.1	18.2	18.1	18.5	18.5	19.0	18.6	18.5	17.8	18.2	18.1	18.3	18.3
1994	1	01	17.9	18.1	18.2	18.2	18.7	18.0	18.3	18.3	18.5	18.1	17.9	18.0	18.2
1995	1	01	18.0	18.1	18.3	18.6	18.7	17.9	17.5	17.8	18.1	17.6	17.7	17.7	18.0
1996	1	01	17.9												17.9
1997	1	01	18.0	18.8	18.7	18.7	18.8	18.7	19.3	19.9	19.4	19.2	18.9	18.8	18.9
1998	1	01	19.3	19.1	19.7	19.6	18.9	18.8	*	*					19.2
1999	1	01		17.8	*	*	*	*	*	17.6	17.9	17.6	17.2		17.6
2000	1	01	17.1	17.3	17.6	18.1	17.9	18.2	17.9	18.2	17.8	18.3	19.0	18.0	18.0
2001	1	01	17.6	17.9	17.8	18.4	18.4	18.5	18.3	19.1	18.6		18.2	18.0	18.3
2002	1	01	17.7	18.4	18.5	18.6	19.1	18.9				18.6	18.8	18.2	18.5
2003	1	01	18.4	18.7	18.8	19.0	19.4	18.9	19.0	19.1	19.0	18.8	18.9	19.2	18.9
2004	1	01	*	17.7	18.6	17.8	*	*	17.6	18.5	17.8	*			18.0
MEDIOS			18.4	18.5	18.6	18.8	18.9	18.8	18.7	18.9	18.7	18.5	18.5	18.4	18.6
MAXIMOS			19.4	20.0	19.8	19.7	19.4	19.7	19.6	19.9	19.7	19.3	19.6	19.8	20.0
MINIMOS			17.1	17.3	17.6	17.8	17.9	17.9	17.5	17.8	17.6	17.6	17.6	17.2	17.1

Información Suministrada por
 IDEAM
 AREA OPERATIVA No. 8
 Santanderes y Arauca _____

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mm)

FECHA DE PROCESO : 2005/06/27

ESTACION : 2401021 JESUS MARIA

LATITUD 0552 N TIPO EST PM DEPTO SANTANDER
 LONGITUD 7347 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO JESUS MARIA FECHA-INSTALACION 1958-MAR
 ELEVACION 1920 m.s.n.m REGIONAL 08 SANTANDERES CORRIENTE Q POTRERO FECHA-SUSPENSION

ANO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1984	2	01	147.7	306.7	215.7	322.3	452.4	358.1	267.5	217.6	404.2	453.4	301.5	93.5	3540.6
1985	2	01	4.2	172.4	220.2	257.8	282.8	148.5	207.2	275.8	317.3	258.7	211.1	97.8	2453.8
1986	2	01	109.6	139.8	63.7	337.7	382.0	246.4	57.7	126.1	276.9	473.6	233.7	164.8	2612.0
1987	2	01	89.3	31.8	158.3	360.4	343.5	151.5	443.4	176.9	255.7	396.1	190.1	77.2	2674.2
1988	2	01	44.5	189.3	114.2	419.5	432.7	377.5	157.2	420.0	298.9	340.3	397.0	300.1	3491.2
1989	2	01	175.0	156.0	187.1	315.9	223.1	290.8	102.8	178.0	340.5	334.2	219.4	75.2	2598.0
1990	2	01	55.6	101.3	233.6	402.1	230.0	186.8	167.7	124.5	275.8	349.6	251.6	90.9	2469.5
1991	2	01	20.2	158.9	183.1	218.1	399.0	232.4	130.7	100.3	286.6	251.8	399.0	102.4	2482.5
1992	2	01	62.9	120.4	113.5	129.7	284.7	70.2	97.7	199.9	108.4	211.4	310.1	167.0	1875.9
1993	2	01	153.9	71.5	250.1	374.3	291.9	113.8	166.0	126.1	251.8	449.8	416.1	212.0	2877.3
1994	2	01	68.0	154.4	302.8	306.1	365.4	175.7	190.1	135.8	171.5	268.8	354.6	120.1	2613.3
1995	1	01	35.5	47.6	160.6	254.6	231.7	366.4	271.7	369.6	133.5	300.3	291.5	180.9	2643.9
1996	1	01	60.1	172.3	278.6	231.7	509.9	297.1	199.3	182.2	205.1	276.9	169.1	79.3	2661.6
1997	1	01	73.6	300.6	150.8	303.7	360.7	258.9	26.1	98.3	254.8	236.0	247.4	10.9	2321.8
1998	1	01	70.4	166.1	202.4	450.2	364.8	235.8	214.3	289.7	527.6	466.2	369.1	202.9	3559.5
1999	1	01	194.1	311.1	206.5	304.1	240.1	309.0	128.8	202.2	305.5	251.3	197.9	250.7	2901.3
2000	1	01	55.9	151.0	233.1	311.5	379.4	349.5	298.8	168.6	320.6	372.2	209.0	110.6	2960.2
2001	1	01	48.1	58.5	296.8	211.2	293.3	201.8	189.1	59.6	367.4	353.1	219.7	81.1	2379.7
2002	1	01	61.3	172.2	297.3	304.6	273.6	117.8	79.0	92.8	173.7	235.8	275.4	190.4	2273.9
2003	1	01	2.6	85.9	134.1	309.7	354.7	242.1	130.3	299.9	156.5	257.1	272.9	77.3	2323.1
2004	1	01	85.4	45.2	193.2	449.3	422.8	106.9	183.1	126.0	253.3	325.1	273.4	101.0	2564.7
MEDIOS			77.0	148.2	199.8	313.1	339.0	230.3	176.6	189.0	270.7	326.7	276.6	132.7	2679.9
MAXIMOS			194.1	311.1	302.8	450.2	509.9	377.5	443.4	420.0	527.6	473.6	416.1	300.1	527.6
MINIMOS			2.6	31.8	63.7	129.7	223.1	70.2	26.1	59.6	108.4	211.4	169.1	10.9	2.6

Información Suministrada por
 IDEAM
 AREA OPERATIVA No. 8
 Santanderes y Arauca

ANEXO B

Formatos de resultados de ensayos de laboratorio.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE HUMEDAD

FECHA

17 DE JUNIO DE 2005

PROYECTO

ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS

LOCALIZACION

JESUS MARIA (SANTANDER)

APIQUE N°	1	2	3	4	5	6
PROFUNDIDAD (m)	0,65	0,4	0,5	0,8	0,6	0,7
COLOR DE LA MUESTRA	Beige - Café Claro	Gris - Negro	Café Claro	Café Oscuro	Gris con Motas Naranja	Gris - Rojizo
PESO CAPSULA	9,5	9,55	9,55	9,42	9,64	9,45
PESO CAPS.+ SUEL. HUMEDO	133,65	128,07	118,06	107,66	136,46	131,06
PESO CAPS.+ SUEL SECO	97,23	85,21	86,06	51,55	89,46	90,78
PESO DEL AGUA Gr	36,42	42,86	32	56,11	47	40,28
PESO SUELO SECO Gr	87,73	75,66	76,51	42,13	79,82	81,33
HUMEDAD EN %	41,51	56,65	41,82	133,18	58,88	49,53

VoBo :

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



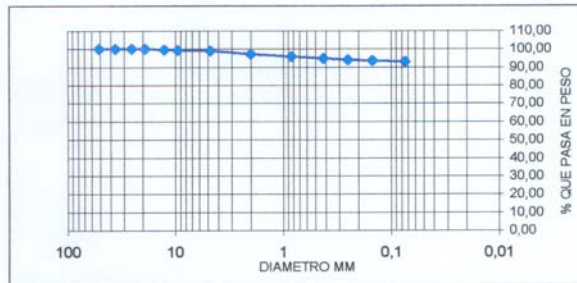
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123**

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 1
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 1
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.65 m

PESO TARA (Kg)	0,0095
TARA+MUESTRA HUMEDA (Kg)	0,13365
TARA+MUESTRA SECA (Kg)	0,09723
PESO AGUA (Kg)	0,03642
PESO MUEST. SECA (Kg)	0,08773
HUMEDAD (%)	41,51%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA kg 0,600
 PESO DESPUES DE LAVADO kg 0,042
 PORCENTAJE DE ERROR % 0,02

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	Kg	%	%	****	mm	Kg	%	%
2"	50,8	0,0000	0,00	100,00	10	2	0,0099	1,65	97,28
1 1/2"	36,1	0,0000	0,00	100,00	20	0,84	0,0084	1,40	95,88
1"	25,4	0,0000	0,00	100,00	40	0,42	0,0062	1,03	94,85
3/4"	19,05	0,0000	0,00	100,00	60	0,25	0,0040	0,67	94,18
1/2"	12,7	0,0019	0,32	99,68	100	0,149	0,0032	0,54	93,65
3/8"	9,52	0,0025	0,42	99,27	200	0,074	0,0033	0,55	93,10
No 4	4,75	0,0020	0,33	98,93	PASA 200	*****	0,5585		
SUMA	*****	0,0064	1,07		SUMA	*****	0,5935	5,84	
					TOTAL		0,5999		



GRAVAS= 1,07 %
 ARENAS = 5,84 %
 FINOS= 93,10 %

CLASIFICACION SUCS: MH (LIMO INORGANICO DE ALTA COMPRESIBILIDAD)

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER)

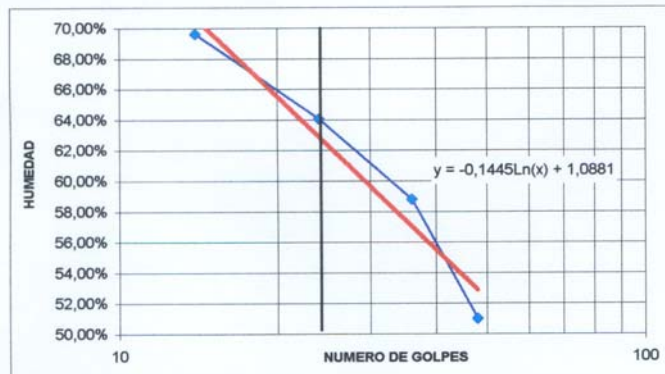
SONDEO 1
 MUESTRA 1
 PROFUNDIDAD 0,65 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA Kg	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO Kg	PESO CAPSULA + SUELO SECO Kg	PESO DEL AGUA Kg	PESO SUELO SECO Kg	CONTENIDO DE AGUA %
2	48	0,00587	0,01644	0,01287	0,00357	0,0070	51,00%
3	36	0,00726	0,01771	0,01384	0,00387	0,0066	58,81%
6	24	0,00672	0,01799	0,01359	0,0044	0,0069	64,05%
7	14	0,00722	0,02067	0,01515	0,00552	0,0079	69,61%

LIMITE PLASTICO

21	0	0,00634	0,01232	0,01071	0,00161	0,00437	36,84%
5	0	0,00735	0,01169	0,01051	0,00118	0,00316	37,34%



LIMITE LIQUIDO : 62%
 LIM. PLASTICO : 37%
 IND. DE PLASTI. : 25%
 CLASIFICACION SUCS. : MH

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DETERMINACION DEL LIMITE DE CONTRACCION

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 1
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 1
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.65 m

CAPSULA #	W. CAPSULA + W HUMEDO (Kg)	W CAPSULA W SECO (Kg)	W CAPSULA (Kg)	W AGUA (Kg)	W SUELO SECO (Kg)	HUMEDAD % Wo
0	0,10455	0,09593	0,08288	0,00862	0,01305	66,05
3	0,12038	0,11199	0,09933	0,00839	0,01266	66,27
5	0,07462	0,06595	0,05268	0,00867	0,01327	65,34
Promedio					0,01299	65,89

PARA LA CAPSULA (Volumen Inicial)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(Kg)	W DEL RECIPIENTE(Kg)	W DE MERCURIO(Kg)	DENSIDAD Hg (Kg/m3)	VOLUMEN Hg (m3)
0	0,2898	0,0828	0,2070	13600	0,0000152
3	0,3023	0,0993	0,2030	13600	0,0000149
5	0,2571	0,0525	0,2046	13600	0,0000150
Promedio					0,0000151

PARA LA GALLETA (Volumen Final)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(kg)	W DEL HG+ RECIP = -GALL (Kg)	W DE MERCURIO (Kg)	DENSIDAD Hg (Kg/m3)	VOLUMEN Hg (m3)
0	1,4898	1,3860	0,1038	13600	0,0000076
3	1,5051	1,3871	0,1180	13600	0,0000087
5	1,5004	1,3793	0,1211	13600	0,0000089
Promedio					0,0000084

LIMITE DE CONTRACCION = $W_o - \{(V_o - V) / W_s\} * G_w * 100$ L.C = 14,64 %

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
Director Escuela de Ingenieria Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA	JUNIO 17 DE 2005	SONDEO	1
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	1
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.65 m

DATOS INICIALES

CARGA Kg	32,000	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	10228,62
DIAMETRO SUPERIOR EN m	0,0629	PESO DEL ANILLO EN Kg	0,0759
DIAMETRO CENTRAL EN m	0,0632	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	0,2135
DIAMETRO INFERIOR EN m	0,0633	PESO MUESTRA EN Kg	0,1376
PROMEDIO DIAMETRO EN m	0,0631	VOLUMEN EN m ³	0,0001
AREA EN m ²	0,00313	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	1746
ALTURA MEDIA EN m	0,02518	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	1302
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	0,007	PESO AGUA Kg	0,009
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	0,041	PESO SECO Kg	0,025
P.TARA + SUELO SECO Kg	0,032	HUMEDAD %	34,14

VoBo

Ing. German García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA 16 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 1
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 1
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0,65 m

AREA DE LA MUESTRA EN M2 0,00313

FECHA	HORA	LECTURA CELDA DE CARGA EN KG	CARGA EN KN	PRESION EN Mpa
JUEVES				
	8 A.M.	0	0,000	0
	12 M.	2,5	0,025	0,008
	6 P.M	5,9	0,059	0,019
SABADO				
	8 A.M.	6,5	0,065	0,021
	12 M.	7,1	0,071	0,023
	6 P.M	7,6	0,076	0,024
MARTES				
	8 A.M.	9,2	0,092	0,029
	12 M.	9,5	0,095	0,030
	6 P.M	10,8	0,108	0,035

PRESION DE EXPANSION = Mpa

VoBo

Ing. German Garcia Vera
Director de Escuela de Ingenieria Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>1</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>1</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.65 m</u>

DATOS INICIALES

CARGA Kg	<u>32,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>11368,13</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2317</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1178</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN m ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1804</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1368</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	<u>0,007</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,008</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	<u>0,041</u>	PESO SECO Kg	<u>0,026</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg	<u>0,033</u>	HUMEDAD %	<u>31,86</u>

VoBo

Ing. German Garcia Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	1
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	1
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.65 m

CARGA Kg	8,000	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	2842,03
DIAMETRO SUPERIOR EN m	0,0598	PESO DEL ANILLO EN Kg	0,1139
DIAMETRO CENTRAL EN m	0,0599	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	0,2324
DIAMETRO INFERIOR EN m	0,0599	PESO MUESTRA EN Kg	0,1185
PROMEDIO DIAMETRO EN m	0,0599	VOLUMEN EN m ³	0,000065
AREA EN m ²	0,0028	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	1815
ALTURA MEDIA EN m	0,0232	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	1360
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	0,0070	PESO AGUA Kg	0,0084
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	0,0405	PESO SECO Kg	0,0251
P.TARA + SUELO SECO Kg.	0,0321	HUMEDAD %	33,48

CARGA Kg	16,000	ESFUERZO NORMAL EN kg/m ²	5684,06
DIAMETRO SUPERIOR EN m	0,0598	PESO DEL ANILLO EN Kg	0,1139
DIAMETRO CENTRAL EN m	0,0599	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	0,2274
DIAMETRO INFERIOR EN m	0,0599	PESO MUESTRA EN Kg	0,1135
PROMEDIO DIAMETRO EN m	0,0599	VOLUMEN EN m ³	0,0001
AREA EN M ²	0,0028	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	1738
ALTURA MEDIA EN M	0,0232	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	1280
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	0,0073	PESO AGUA Kg	0,009
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	0,0408	PESO SECO Kg	0,025
P.TARA + SUELO SECO Kg.	0,0319	HUMEDAD %	35,86

VoBo

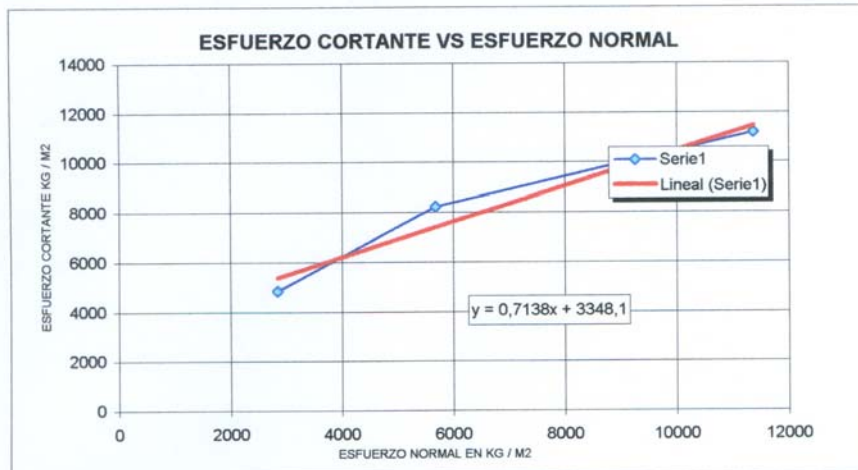
Ing. German Garcia Vera
Director Escuela Ingenieria Civil




**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154**

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>1</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>1</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.65 m</u>

CARGA VERTICAL Kg	AREA m2	CARGA HORIZONTAL MAXIMA EN Kg	ESFUERZO NORMAL Kg/m2	ESFUERZO CORTANTE Kg/m2
8	0,0028	13,60	2842	4831
16	0,0028	23,15	5684	8224
32	0,0028	31,50	11368	11190



HUMEDAD %	<u>33,74</u>	DE ENSAYO
PENDIENTE	<u>0,7318</u>	
A. FRICCION	<u>36</u>	grados
COHESION	<u>334,81</u>	gr/cm2
COHESION	<u>3348</u>	kg/m2

Ver Bo 

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



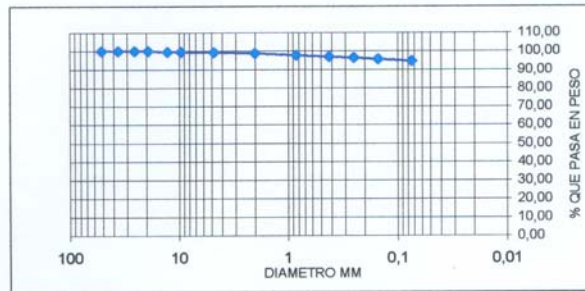
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123**

FECHA: JUNIO 17 DE 2005 SONDEO: 2
 PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA: 2
 LOCALIZACION: JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD: 0.40 m

PESO TARA (Kg)	0,00955	
TARA+MUESTRA HUMEDA (Kg)	0,12807	
TARA+MUESTRA SECA (Kg)	0,08521	
PESO AGUA (Kg)	0,04286	
PESO MUEST. SECA (Kg)	0,07566	
HUMEDAD (%)	56,65%	

PESO INICIAL DE LA MUESTRA kg: 0,600
 PESO DESPUES DE LAVADO kg: 0,035
 PORCENTAJE DE ERROR %: 0,01

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	Kg	%	%	****	mm	Kg	%	%
2"	50,8	0,0000	0,00	100,00	10	2	0,0031	0,52	98,86
1 1/2"	36,1	0,0000	0,00	100,00	20	0,84	0,0062	1,03	97,83
1"	25,4	0,0000	0,00	100,00	40	0,42	0,0051	0,84	96,99
3/4"	19,05	0,0000	0,00	100,00	60	0,25	0,0039	0,65	96,33
1/2"	12,7	0,0024	0,41	99,60	100	0,149	0,0044	0,73	95,60
3/8"	9,52	0,0000	0,00	99,60	200	0,074	0,0066	1,10	94,50
No 4	4,75	0,0013	0,22	99,38	PASA 200	*****	0,5669		
SUMA	*****	0,0037	0,62		SUMA	*****	0,5962	4,88	
					TOTAL		0,5999		



GRAVAS= 0,62 %
 ARENAS = 4,88 %
 FINOS= 94,50 %

CLASIFICACION SUCS: MH (LIMO INORGANICO DE ALTA COMPRESIBILIDAD)

VoBo:
 Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126

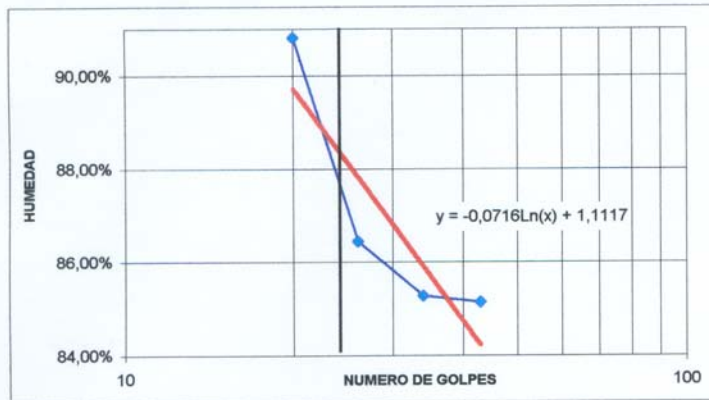
FECHA	JUNIO 17 DE 2005	SONDEO	2
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	2
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.40 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA Kg	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO Kg	PESO CAPSULA + SUELO SECO Kg	PESO DEL AGUA Kg	PESO SUELO SECO Kg	CONTENIDO DE AGUA %
13	43	0,00708	0,01904	0,01354	0,0055	0,0065	85,14%
50	34	0,00732	0,01953	0,01391	0,00562	0,0066	85,28%
9	26	0,00715	0,02063	0,01438	0,00625	0,0072	86,45%
28	20	0,0072	0,02029	0,01406	0,00623	0,0069	90,82%

LIMITE PLASTICO

12		0,00736	0,01123	0,00985	0,00138	0,00249	55,42%
33		0,00683	0,01136	0,00973	0,00163	0,00290	56,21%



LIMITE LIQUIDO :	88%
LIM. PLASTICO :	56%
IND. DE PLASTI. :	32%
CLASIFICACION SUCS. :	MH

VoBo:

[Handwritten Signature]
 Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DETERMINACION DEL LIMITE DE CONTRACCION INV E-127**

FECHA	JUNIO 17 DE 2005	SONDEO	2
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	2
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.40 m

CAPSULA #	W. CAPSULA + W HUMEDO (Kg)	W CAPSULA W SECO (Kg)	W CAPSULA (Kg)	W AGUA (Kg)	W SUELO SECO (Kg)	HUMEDAD % W _o
0	0,10441	0,09588	0,08295	0,00853	0,01293	65,97
3	0,11978	0,11171	0,09938	0,00807	0,01233	65,45
5	0,07295	0,0649	0,05262	0,00805	0,01228	65,55
Promedio					0,01251	65,66

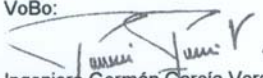
PARA LA CAPSULA (Volumen Inicial)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(Kg)	W DEL RECIPIENTE(Kg)	W DEL MERCURIO(Kg)	DENSIDAD Hg (Kg/m ³)	VOLUMEN Hg (m ³)
0	0,2893	0,0829	0,2064	13600	0,0000152
3	0,3017	0,0993	0,2024	13600	0,0000149
5	0,2571	0,0525	0,2046	13600	0,0000150
Promedio					0,0000150

PARA LA GALLETA (Volumen Final)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(kg)	W DEL HG+ RECIP -GALL (Kg)	W DE MERCURIO	DENSIDAD Hg (Kg/m ³)	VOLUMEN Hg (m ³)
0	1,4839	1,3731	0,1108	13600	0,0000081
3	1,4807	1,3632	0,1175	13600	0,0000086
5	1,4843	1,3733	0,1110	13600	0,0000082
Promedio					0,0000083

LIMITE DE CONTRACCION = $W_o - \left\{ \frac{(V_o - V)}{W_s} \right\} \cdot G_w \cdot 100$ L.C = 11,98 %

VoBo:

 Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA	<u>JUNIO 17 DE 2005</u>	SONDEO	<u>2</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>2</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.40 m</u>

DATOS INICIALES

CARGA Kg	<u>32,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m2	<u>10228,62</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0629</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,0759</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0632</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2135</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0633</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1376</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0631</u>	VOLUMEN EN m3	<u>0,0001</u>
AREA EN m2	<u>0,00313</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m3	<u>1746</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,02518</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m3	<u>1172</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	<u>0,007</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,014</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	<u>0,048</u>	PESO SECO Kg	<u>0,028</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg	<u>0,034</u>	HUMEDAD %	<u>48,95</u>

VoBo


Ing. German Garcia Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA JUNIO 17 DE 2005 SONDEO 2
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 2
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.40 m

AREA DE LA MUESTRA EN M2 0,00313

FECHA	HORA	LECTURA CELDA DE CARGA EN KG	CARGA EN KN	PRESION EN Mpa
MIERCOLES				
	8 A.M.	0	0,000	0
	12 M.	7,4	0,074	0,024
	6 P.M	8	0,080	0,026
JUEVES				
	8 A.M.	8,2	0,082	0,026
	12 M.	8,7	0,087	0,028
	6 P.M	8,7	0,087	0,028
VIERNES				
	8 A.M.	8,9	0,089	0,028
	12 M.	9	0,090	0,029
	6 P.M	9	0,090	0,029

PRESION DE EXPANSION = 0,029 Mpa

VoBo

Ing. German Garcia Vera
Director de Escuela de Ingenieria Civil



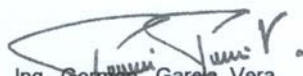
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	<u>JUNIO 17 DE 2005</u>	SONDEO	<u>2</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>2</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.40 m</u>

DATOS INICIALES

CARGA Kg	<u>32,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>11368,13</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2153</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1014</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN m ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1553</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1044</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	<u>0,007</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,014</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	<u>0,049</u>	PESO SECO Kg	<u>0,028</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg	<u>0,035</u>	HUMEDAD %	<u>48,79</u>

VoBo


Ing. German Garcia Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154

FECHA	JUNIO 17 DE 2005	SONDEO	2
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	2
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.40 m

CARGA Kg	8,000	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	2842,03
DIAMETRO SUPERIOR EN m	0,0598	PESO DEL ANILLO EN Kg	0,1139
DIAMETRO CENTRAL EN m	0,0599	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	0,2132
DIAMETRO INFERIOR EN m	0,0599	PESO MUESTRA EN Kg	0,0994
PROMEDIO DIAMETRO EN m	0,0599	VOLUMEN EN m ³	0,000065
AREA EN m ²	0,0028	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	1521
ALTURA MEDIA EN m	0,0232	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	1038
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	0,0070	PESO AGUA Kg	0,0136
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	0,0499	PESO SECO Kg	0,0293
P.TARA + SUELO SECO Kg.	0,0363	HUMEDAD %	46,52

CARGA Kg	16,000	ESFUERZO NORMAL EN kg/m ²	5684,06
DIAMETRO SUPERIOR EN m	0,0598	PESO DEL ANILLO EN Kg	0,1139
DIAMETRO CENTRAL EN m	0,0599	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	0,2143
DIAMETRO INFERIOR EN m	0,0599	PESO MUESTRA EN Kg	0,1004
PROMEDIO DIAMETRO EN m	0,0599	VOLUMEN EN m ³	0,0001
AREA EN M ²	0,0028	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	1538
ALTURA MEDIA EN M	0,0232	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	1045
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	0,0068	PESO AGUA Kg	0,013
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	0,0480	PESO SECO Kg	0,028
P.TARA + SUELO SECO Kg.	0,0348	HUMEDAD %	47,24

VoBo

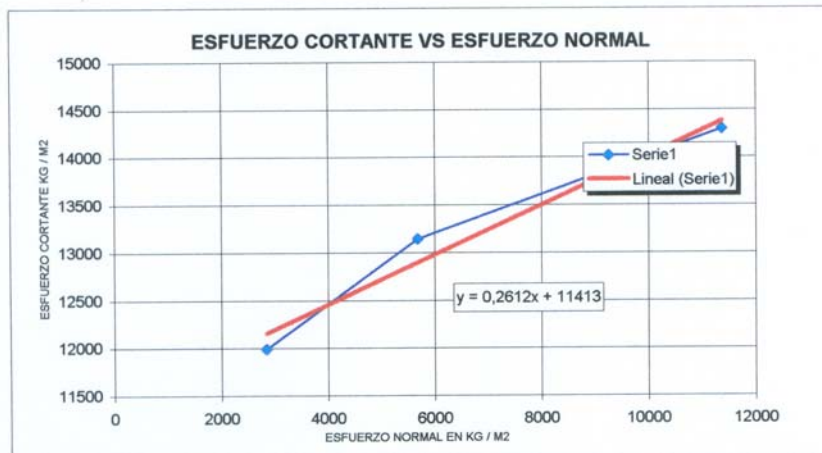
Ing. German Garcia Vera
Director Escuela Ingenieria Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA JUNIO 17 DE 2005 SONDEO 2
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 2
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.40 m

CARGA VERTICAL Kg	AREA m ²	CARGA HORIZONTAL MAXIMA EN Kg	ESFUERZO NORMAL Kg/m ²	ESFUERZO CORTANTE Kg/m ²
8	0,0028	33,75	2842	11990
16	0,0028	37,00	5684	13144
32	0,0028	40,25	11368	14299



HUMEDAD % 47,5 DE ENSAYO
PENDIENTE 0,2612
A. FRICCION 15 grados
COHESION 1141,3 gr/cm²
COHESION 11413 kg/m²

Vo Bo

Ing. German Garcia Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123**

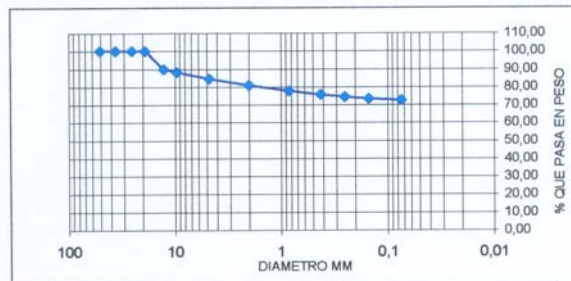
FECHA 17 DE JUNIO DE 2005
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER)

SONDEO 3
 MUESTRA 3
 PROFUNDIDAD 0.50 m

PESO TARA (Kg)	0,00955
TARA+MUESTRA HUMEDA (Kg)	0,11806
TARA+MUESTRA SECA (Kg)	0,08606
PESO AGUA (Kg)	0,032
PESO MUEST. SECA (Kg)	0,07651
HUMEDAD (%)	41,82%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA kg 0,600
 PESO DESPUES DE LAVADO kg 0,165
 PORCENTAJE DE ERROR % 0,02

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	Kg	%	%	****	mm	Kg	%	%
2"	50,8	0,0000	0,00	100,00	10	2	0,0214	3,57	81,07
1 1/2"	36,1	0,0000	0,00	100,00	20	0,84	0,0193	3,22	77,85
1"	25,4	0,0000	0,00	100,00	40	0,42	0,0130	2,16	75,69
3/4"	19,05	0,0000	0,00	100,00	60	0,25	0,0075	1,26	74,43
1/2"	12,7	0,0610	10,17	89,83	100	0,149	0,0055	0,92	73,51
3/8"	9,52	0,0094	1,57	88,27	200	0,074	0,0048	0,79	72,72
No 4	4,75	0,0218	3,63	84,63	PASA 200	*****	0,4362		
SUMA	*****	0,0922	15,37		SUMA	*****	0,5077	11,92	
					TOTAL		0,5999		



GRAVAS= 15,37 %
 ARENAS = 11,92 %
 FINOS= 72,72 %

CLASIFICACION SUCS: MH (LIMO INORGANICO DE ALTA COMPRESIBILIDAD)

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITE DE ATTERBERG INV E- 125-126**

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER)

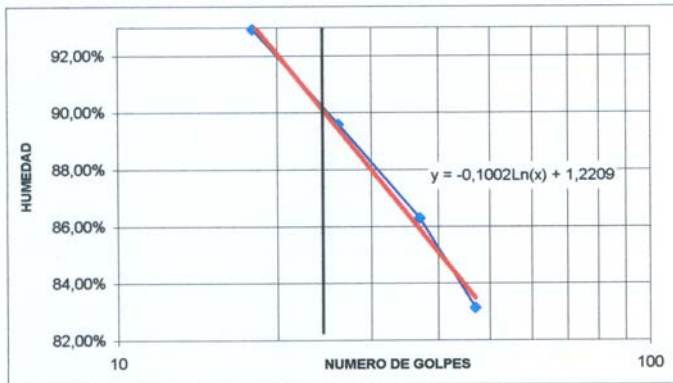
SONDEO 3
 MUESTRA 3
 PROFUNDIDAD 0.50 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA Kg	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO Kg	PESO CAPSULA + SUELO SECO Kg	PESO DEL AGUA Kg	PESO SUELO SECO Kg	CONTENIDO DE AGUA %
9	47	0,00714	0,01844	0,01331	0,00513	0,0062	83,14%
50	37	0,00732	0,01995	0,0141	0,00585	0,0068	86,28%
28	26	0,00719	0,01866	0,01324	0,00542	0,0061	89,59%
13	18	0,00708	0,01935	0,01344	0,00591	0,0064	92,92%

LIMITE PLASTICO

20	0,00685	0,01067	0,00915	0,00152	0,00230	66,09%
26	0,00679	0,01032	0,00892	0,0014	0,00213	65,73%



LIMITE LIQUIDO : 90%
 LIM. PLASTICO : 66%
 IND. DE PLASTI. : 24%
 CLASIFICACION SUCS. : MH

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DETERMINACION DEL LIMITE DE CONTRACCION

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 3
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 3
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.50 m

CAPSULA #	W. CAPSULA + W HUMEDO (Kg)	W CAPSULA W SECO (Kg)	W CAPSULA (Kg)	W AGUA (Kg)	W SUELO SECO (Kg)	HUMEDAD % Wo
0	0,10756	0,09705	0,0829	0,01051	0,01415	74,28
3	0,12399	0,11348	0,09933	0,01051	0,01415	74,28
5	0,07748	0,06678	0,05257	0,0107	0,01421	75,30
Promedio					0,01417	74,62

PARA LA CAPSULA (Volumen Inicial)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(Kg)	W DEL RECIPIENTE(Kg)	W DE MERCURIO(Kg)	DENSIDAD Hg (Kg/m3)	VOLUMEN Hg (m3)
0	0,2906	0,0828	0,2078	13600	0,0000153
3	0,3050	0,0993	0,2057	13600	0,0000151
5	0,2578	0,0526	0,2052	13600	0,0000151
Promedio					0,0000152

PARA LA GALLETA (Volumen Final)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(kg)	W DEL HG+ RECIP -GALL (Kg)	W DE MERCURIO	DENSIDAD Hg (Kg/m3)	VOLUMEN Hg (m3)
0	1,4849	1,3407	0,1442	13600	0,0000106
3	1,4845	1,3408	0,1437	13600	0,0000106
5	1,4852	1,3368	0,1484	13600	0,0000109
Promedio					0,0000107

LIMITE DE CONTRACCION = $W_o - \left\{ \frac{V_o - V}{W_s} \right\} \cdot G_w \cdot 100$ L.C = %

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
Director Escuela de Ingenieria Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>3</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>3</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.50 m</u>

DATOS INICIALES

CARGA Kg	<u>32,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>10228,62</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0629</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,0654</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0632</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,1795</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0633</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1141</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0631</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN m ²	<u>0,00313</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1449</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,02518</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1005</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	<u>0,0074</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,012</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	<u>0,0467</u>	PESO SECO Kg	<u>0,027</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg	<u>0,0347</u>	HUMEDAD %	<u>44,19</u>

VoBo

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 3
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 3
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.50 m

AREA DE LA MUESTRA EN M2 0,00313

FECHA	HORA	LECTURA CELDA DE CARGA EN KG	CARGA EN KN	PRESION EN Mpa
MIERCOLES				
	8 A.M.	0	0,000	0
	12 M.	1	0,010	0,003
	6 P.M.	1,3	0,013	0,004
JUEVES				
	8 A.M.	1,4	0,014	0,004
	12 M.	1,5	0,015	0,005
	6 P.M.	1,8	0,018	0,006
VIERNES				
	8 A.M.	2	0,020	0,006
	12 M.	2,1	0,021	0,007
	6 P.M.	2,2	0,022	0,007

PRESION DE EXPANSION = Mpa

VoBo

Ing. Germán García Vera
Director de Escuela de Ingenieria Civil




**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154**

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>3</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>3</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.50 m</u>

DATOS INICIALES

CARGA Kg	<u>32,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>11368,13</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2334</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1196</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN m ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1831</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1290</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	<u>0,007</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,012</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	<u>0,047</u>	PESO SECO Kg	<u>0,028</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg	<u>0,035</u>	HUMEDAD %	<u>41,91</u>

VoBo


Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>3</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>3</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.50 m</u>

CARGA Kg	<u>8,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>2842,03</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2249</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1110</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,000065</u>
AREA EN m ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1700</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1093</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	<u>0,0072</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,0141</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	<u>0,0466</u>	PESO SECO Kg	<u>0,0254</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg.	<u>0,0325</u>	HUMEDAD %	<u>55,54</u>

CARGA Kg	<u>16,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN kg/m ²	<u>5684,06</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2326</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1187</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN M ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1818</u>
ALTURA MEDIA EN M	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1259</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	<u>0,0074</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,012</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	<u>0,0466</u>	PESO SECO Kg	<u>0,027</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg.	<u>0,0345</u>	HUMEDAD %	<u>44,41</u>

VoBo

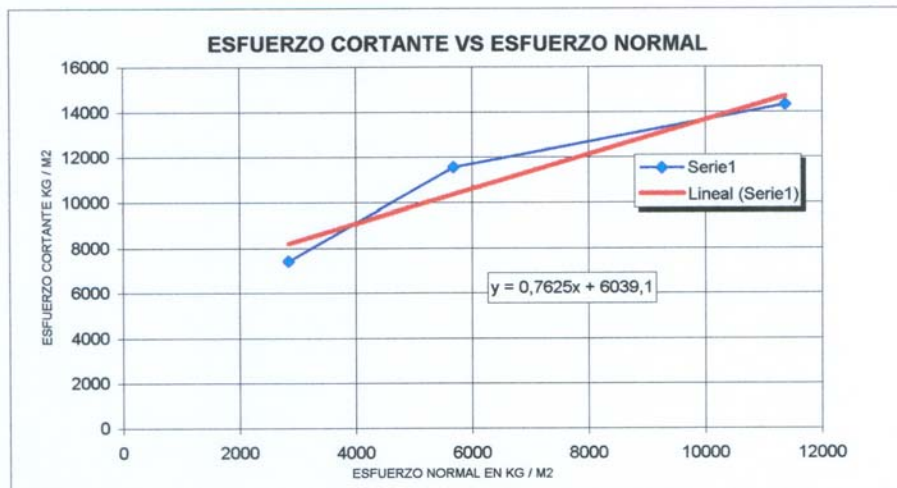
Ing. Germán García Vera
Director Escuela Ingenieria Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 3
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 3
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.50 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8	0,0028	20,90	2842	7425
16	0,0028	32,50	5684	11545
32	0,0028	40,30	11368	14316



HUMEDAD % 47,29 DE ENSAYO
PENDIENTE 0,7625
A. FRICCION 37 grados
COHESION 603,91 gr/cm2
COHESION 6039 kg/m2

Vo Be

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CONSOLIDACION INV E-151**

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	3
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	3
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.50 m

DATOS INICIALES

Altura inicial (Ho)	2,518	cm	Gs	2,6
Diametro anillo	6,286	cm	Densidad Agua	1 g/cm3
Area muestra	31,03	cm2	Hs	0,93 cm
Wsuelo humedo	132,83	gr	Hv1	1,58 cm
%W inicial	76,31	%	e1	1,70
Wsuelo seco	75,34			


DATOS FINALES

Altura final (Hf)	2,27	cm
Hv2	1,33	cm
e2	1,43	

PROCESO DE CARGA

Fecha	MAYO 11/05	Fecha	MAYO 12/05	Fecha	MAYO 13/05	Fecha	MAYO 16/05
Hora inicial	10:00 a.m.	Hora inicial	10:00 a.m.	Hora inicial	10:00 a.m.	Hora inicial	10:00 a.m.
P(kg/cm2)	0,322	P(kg/cm2)	0,644	P(kg/cm2)	1,289	P(kg/cm2)	2,578
tiempo (min)	Lec (Plg-2)	tiempo (min)	Lec (Plg-2)	tiempo (min)	Lec (Plg-2)	tiempo (min)	Lec (Plg-2)
0	0	0	3,02	0	5,27	0	9,35
0,1	2,19	0,1	4,09	0,1	7,10	0,1	11,56
0,25	2,26	0,25	4,24	0,25	7,38	0,25	11,95
0,5	2,37	0,5	4,35	0,5	7,57	0,5	12,22
1	2,43	1	4,42	1	7,77	1	12,49
2	2,49	2	4,52	2	7,94	2	12,74
4	2,55	4	4,61	4	8,12	4	12,96
8	2,60	8	4,69	8	8,29	8	13,16
15	2,66	15	4,77	15	8,43	15	13,34
30	2,71	30	4,84	30	8,58	30	13,51
60	2,78	60	4,93	60	8,72	60	13,69
120	2,84	120	5,02	120	8,87	120	13,85
240	2,91	240	5,11	240	9,04	240	14,03
480	2,98	480	5,21	480	9,19	480	14,21
1440	3,02	1440	5,27	1440	9,35	1440	14,40

VoBo:


 Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



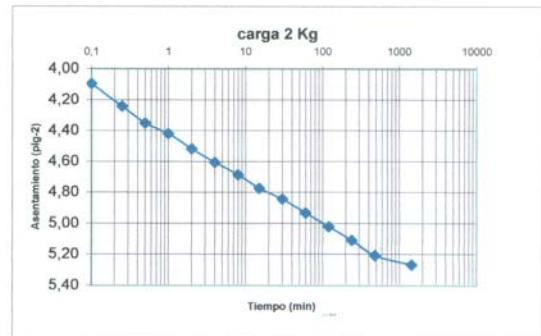
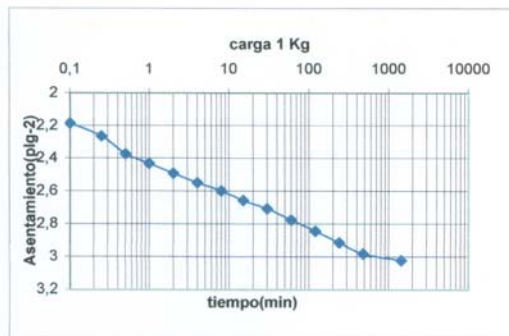
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CONSOLIDACION INV E-151**

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	3
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	3
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.50 m

PROCESO DE DESCARGA

Fecha	MAYO 17/05	Fecha	MAYO 18/05	Fecha	MAYO 19/05
Hora inicial	10:00 a.m.	Hora inicial	10:00 a.m.	Hora inicial	10:00 a.m.
P(kg/cm ²)	0,644	P(kg/cm ²)	0,322	P(kg/cm ²)	0,000
tiempo (min)	Lec (Plg-2)	tiempo (min)	Lec (Plg-2)	tiempo (min)	Lec (Plg-2)
0	14,40	0	13,44	0	12,80
0,1	13,94	0,1	13,29	0,1	11,65
0,25	13,91	0,25	13,28	0,25	11,56
0,5	13,89	0,5	13,26	0,5	11,50
1	13,85	1	13,24	1	11,39
2	13,81	2	13,21	2	11,28
4	13,77	4	13,18	4	11,18
8	13,73	8	13,14	8	11,00
15	13,69	15	13,12	15	10,88
30	13,65	30	13,08	30	10,76
60	13,61	60	13,04	60	10,65
120	13,56	120	12,98	120	10,52
240	13,52	240	12,93	240	10,47
480	13,49	480	12,86	480	10,08
1440	13,44	1440	12,80	1440	10,03

GRAFICAS ASENTAMIENTO vs TIEMPO



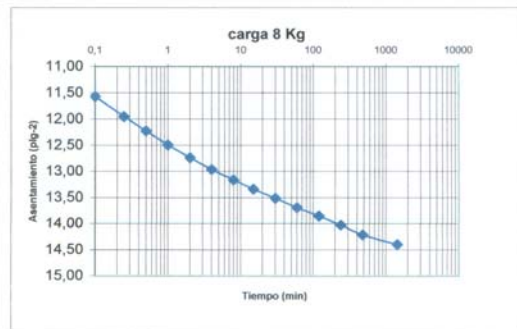
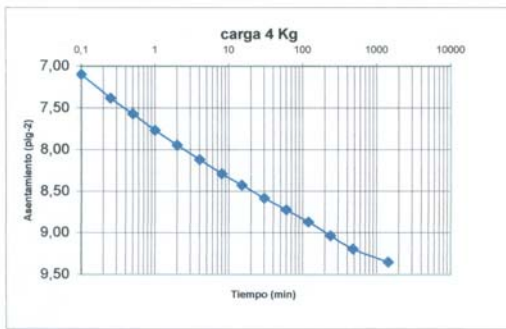
YoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil

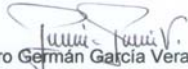


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CONSOLIDACION INV E-151

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	3
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	3
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.50 m



VoBo:


Ingeniero Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123**

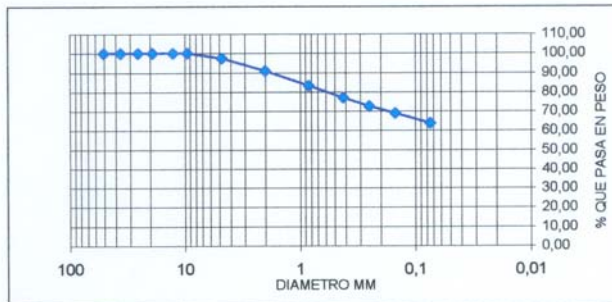
FECHA 17 DE JUNIO DE 2005
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER)

SONDEO 4
 MUESTRA 4
 PROFUNDIDAD 0.80 m

PESO TARA (Kg)	0,00942
TARA+MUESTRA HUMEDA (Kg)	0,10766
TARA+MUESTRA SECA (Kg)	0,05155
PESO AGUA (Kg)	0,05611
PESO MUEST. SECA (Kg)	0,04213
HUMEDAD (%)	133,18%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA kg 0,500
 PESO DESPUES DE LAVADO kg 0,191
 PORCENTAJE DE ERROR % 0,89

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	Kg	%	%	****	mm	Kg	%	%
2"	50,8	0,0000	0,00	100,00	10	2	0,0319	6,38	91,01
1 1/2"	36,1	0,0000	0,00	100,00	20	0,84	0,0387	7,74	83,27
1"	25,4	0,0000	0,00	100,00	40	0,42	0,0312	6,24	77,04
3/4"	19,05	0,0000	0,00	100,00	60	0,25	0,0215	4,30	72,73
1/2"	12,7	0,0000	0,00	100,00	100	0,149	0,0193	3,86	68,87
3/8"	9,52	0,0000	0,00	100,00	200	0,074	0,0253	5,06	63,81
No 4	4,75	0,0131	2,61	97,39	PASA 200	*****	0,3146		
SUMA	*****	0,0131	2,61		SUMA	*****	0,4825	33,58	
					TOTAL		0,4955		



GRAVAS= 2,61 %
 ARENAS = 33,58 %
 FINOS= 63,81 %

CLASIFICACION SUCS: OH (LIMO O ARCILLA ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD)

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITE DE ATTERBERG INV E- 125-126**

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER)

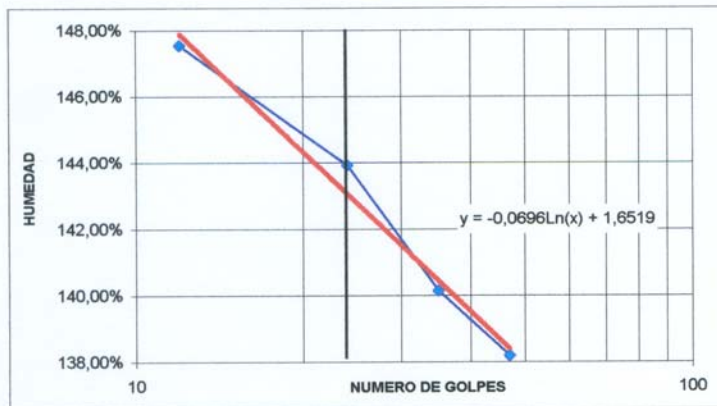
SONDEO 4
 MUESTRA 4
 PROFUNDIDAD 0.80 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA Kg	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO Kg	PESO CAPSULA + SUELO SECO Kg	PESO DEL AGUA Kg	PESO SUELO SECO Kg	CONTENIDO DE AGUA %
9	47	0,00714	0,02005	0,01256	0,00749	0,0054	138,19%
50	35	0,00732	0,0212	0,0131	0,0081	0,0058	140,14%
28	24	0,00719	0,02024	0,01254	0,0077	0,0054	143,93%
13	12	0,00708	0,02015	0,01236	0,00779	0,0053	147,54%

LIMITE PLASTICO

26	0,0068	0,01119	0,00888	0,00231	0,00208	111,06%
13	0,00699	0,01062	0,00871	0,00191	0,00172	111,05%



LIMITE LIQUIDO : 143%
 LIM. PLASTICO : 111%
 IND. DE PLASTI. : 32%
 CLASIFICACION SUCS. : OH

VoBo:
 Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
DETERMINACION DEL LIMITE DE CONTRACCION INV E - 127**

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	4
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	4
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.80 m

CAPSULA #	W. CAPSULA + W HUMEDO (Kg)	W CAPSULA W SECO (Kg)	W CAPSULA (Kg)	W AGUA (Kg)	W SUELO SECO (Kg)	HUMEDAD % W _o
0	0,10568	0,0925	0,08287	0,01318	0,00963	136,86
3	0,12106	0,10891	0,09936	0,01215	0,00955	127,23
5	0,07479	0,06185	0,05259	0,01294	0,00926	139,74
Promedio					0,00948	134,61

PARA LA CAPSULA (Volumen Inicial)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(Kg)	W DEL RECIPIENTE(Kg)	W DE MERCURIO(Kg)	DENSIDAD Hg (Kg/m3)	VOLUMEN Hg (m3)
0	0,2900	0,0812	0,2088	13600	0,0000154
3	0,3019	0,0952	0,2067	13600	0,0000152
5	0,2577	0,0499	0,2078	13600	0,0000153
Promedio					0,0000153

PARA LA GALLETA (Volumen Final)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(kg)	W DEL HG+ RECIPI -GALL (Kg)	W DE MERCURIO	DENSIDAD Hg (Kg/m3)	VOLUMEN Hg (m3)
0	1,4842	1,3500	0,1342	13600	0,0000099
3	1,4906	1,3569	0,1337	13600	0,0000098
5	1,4937	1,3570	0,1367	13600	0,0000101
Promedio					0,0000099

LIMITE DE CONTRACCION = $W_o - [(V_o - V) / W_s] * G_w * 100$ L.C = 78,04 %

VoBo:

 Ingeniero Germán García Vera



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>4</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>4</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.80 m</u>

DATOS INICIALES

CARGA Kg	<u>32,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>10228,62</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0629</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,0654</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0632</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,1525</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0633</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,0871</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0631</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN m ²	<u>0,00313</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1105</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,02518</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>509</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	<u>0,0071</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,017</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	<u>0,0388</u>	PESO SECO Kg	<u>0,015</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg	<u>0,0217</u>	HUMEDAD %	<u>117,12</u>

VoBo

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

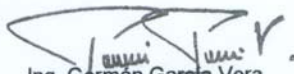
FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 4
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 4
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.80 m

AREA DE LA MUESTRA EN M2 0,00313

FECHA	HORA	LECTURA CELDA DE CARGA EN KG	CARGA EN KN	PRESION EN Mpa
JUEVES				
	8 A.M.	0	0,000	0
	12 M.	0,1	0,001	0,000
	6 P.M	0,3	0,003	0,001
VIERNES				
	8 A.M.	0,5	0,005	0,002
	12 M.	0,6	0,006	0,002
	6 P.M	0,7	0,007	0,002
SABADO				
	8 A.M.	1	0,010	0,003
	12 M.	1,5	0,015	0,005
	6 P.M	1,7	0,017	0,005

PRESION DE EXPANSION = Mpa

VoBo


Ing. Germán García Vera
Director de Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	4
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	4
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.80 m

DATOS INICIALES

CARGA Kg	32,000	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	11368,13
DIAMETRO SUPERIOR EN m	0,0598	PESO DEL ANILLO EN Kg	0,1139
DIAMETRO CENTRAL EN m	0,0599	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	0,1844
DIAMETRO INFERIOR EN m	0,0599	PESO MUESTRA EN Kg	0,0705
PROMEDIO DIAMETRO EN m	0,0599	VOLUMEN EN m ³	0,0001
AREA EN m ²	0,0028	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	1080
ALTURA MEDIA EN m	0,0232	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	465
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	0,007	PESO AGUA Kg	0,017
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	0,036	PESO SECO Kg	0,013
P.TARA + SUELO SECO Kg	0,020	HUMEDAD %	132,04

VoBo

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



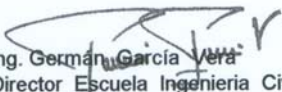
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	4
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	4
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.80 m

CARGA Kg	8,000	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	2842,03
DIAMETRO SUPERIOR EN m	0,0598	PESO DEL ANILLO EN Kg	0,1139
DIAMETRO CENTRAL EN m	0,0599	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	0,1900
DIAMETRO INFERIOR EN m	0,0599	PESO MUESTRA EN Kg	0,0761
PROMEDIO DIAMETRO EN m	0,0599	VOLUMEN EN m ³	0,00065
AREA EN m ²	0,0028	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	1165
ALTURA MEDIA EN m	0,0232	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	530
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	0,0074	PESO AGUA Kg	0,0174
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	0,0393	PESO SECO Kg	0,0146
P.TARA + SUELO SECO Kg.	0,0219	HUMEDAD %	119,79

CARGA Kg	16,000	ESFUERZO NORMAL EN kg/m ²	5684,06
DIAMETRO SUPERIOR EN m	0,0598	PESO DEL ANILLO EN Kg	0,1139
DIAMETRO CENTRAL EN m	0,0599	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	0,1868
DIAMETRO INFERIOR EN m	0,0599	PESO MUESTRA EN Kg	0,0729
PROMEDIO DIAMETRO EN m	0,0599	VOLUMEN EN m ³	0,0001
AREA EN M ²	0,0028	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	1117
ALTURA MEDIA EN M	0,0232	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	509
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	0,0071	PESO AGUA Kg	0,017
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	0,0386	PESO SECO Kg	0,014
P.TARA + SUELO SECO Kg.	0,0215	HUMEDAD %	119,51

VoBo

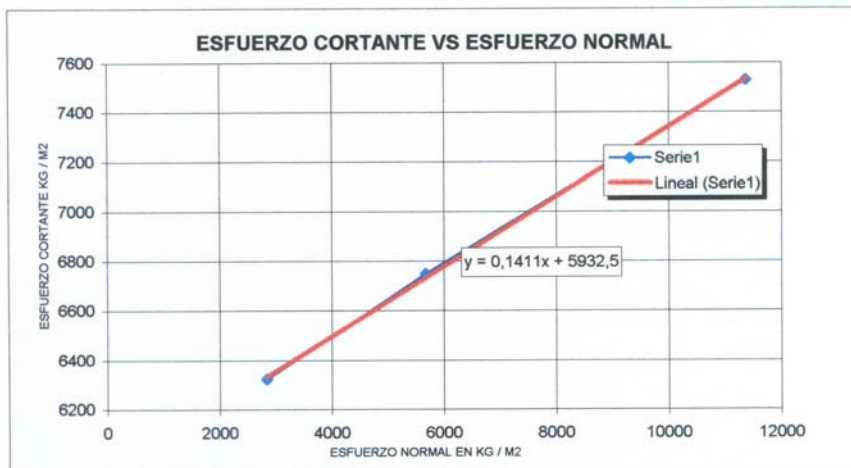

Ing. German Garcia Vera
Director Escuela Ingenieria Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154**

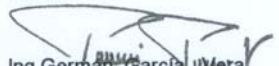
FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	4
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	4
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.80 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m ²	MAXIMA EN Kg	Kg/m ²	Kg/m ²
8	0,0028	17,80	2842	6323
16	0,0028	19,00	5684	6750
32	0,0028	21,20	11368	7531



HUMEDAD %	123,78	DE ENSAYO
PENDIENTE	0,1411	
A. FRICCION	8	grados
COHESION	593,25	gr/cm ²
COHESION	5933	kg/m ²

Vo Bo


 Ing. German Garcia Wera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123**

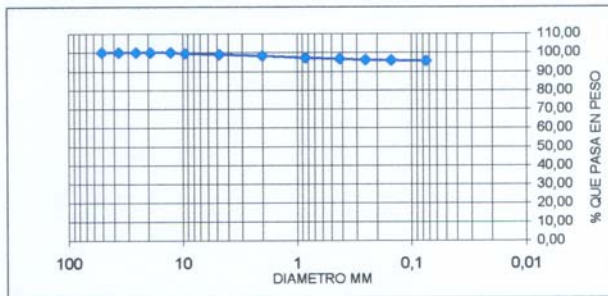
FECHA 17 DE JUNIO DE 2005
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER)

SONDEO 5
 MUESTRA 5
 PROFUNDIDAD 0.60 m

PESO TARA (Kg)	0,00964
TARA+MUESTRA HUMEDA (Kg)	0,13646
TARA+MUESTRA SECA (Kg)	0,08946
PESO AGUA (Kg)	0,047
PESO MUEST. SECA (Kg)	0,07982
HUMEDAD (%)	58,88%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA kg 0,597
 PESO DESPUES DE LAVADO kg 0,026
 PORCENTAJE DE ERROR % 0,02

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	Kg	%	%	****	mm	Kg	%	%
2"	50,8	0,0000	0,00	100,00	10	2	0,0054	0,90	98,15
1 1/2"	36,1	0,0000	0,00	100,00	20	0,84	0,0050	0,84	97,31
1"	25,4	0,0000	0,00	100,00	40	0,42	0,0038	0,63	96,68
3/4"	19,05	0,0000	0,00	100,00	60	0,25	0,0024	0,41	96,27
1/2"	12,7	0,0000	0,00	100,00	100	0,149	0,0015	0,25	96,02
3/8"	9,52	0,0023	0,38	99,62	200	0,074	0,0020	0,34	95,69
No 4	4,75	0,0034	0,57	99,05	PASA 200	*****	0,5711		
SUMA	*****	0,0057	0,95		SUMA	*****	0,5912	3,37	
					TOTAL		0,5969		



GRAVAS= 0,95 %
 ARENAS = 3,37 %
 FINOS= 95,69 %

CLASIFICACION SUCS: MH (LIMO INORGANICO DE ALTA COMPRESIBILIDAD)

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITE DE ATTERBERG INV E- 125-126**

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER)

SONDEO 5
 MUESTRA 5
 PROFUNDIDAD 0.60 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA Kg	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO Kg	PESO CAPSULA + SUELO SECO Kg	PESO DEL AGUA Kg	PESO SUELO SECO Kg	CONTENIDO DE AGUA %
6	47	0,00723	0,02511	0,01772	0,00739	0,0105	70,45%
7	35	0,0069	0,01746	0,0129	0,00456	0,0060	76,00%
13	21	0,00677	0,01692	0,01247	0,00445	0,0057	78,07%
10	16	0,00636	0,02022	0,01409	0,00613	0,0077	79,30%

LIMITE PLASTICO

1		0,0072	0,01089	0,00966	0,00123	0,00246	50,00%
2		0,00761	0,01109	0,00991	0,00118	0,00230	51,30%



LIMITE LIQUIDO : 77%
 LIM. PLASTICO : 51%
 IND. DE PLASTI. : 26%
 CLASIFICACION SUCS. : MH

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 DETERMINACION DEL LIMITE DE CONTRACCION INV E - 127**

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 5
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 5
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.60 m

CAPSULA #	W CAPSULA + W HUMEDO (Kg)	W CAPSULA W SECO (Kg)	W CAPSULA (Kg)	W AGUA (Kg)	W SUELO SECO (Kg)	HUMEDAD % Wo
0	0,10424	0,09511	0,08284	0,00913	0,01227	74,41
3	0,12036	0,1115	0,09935	0,00886	0,01215	72,92
5	0,07434	0,06494	0,05256	0,0094	0,01238	75,93
Promedio					0,01227	74,42

PARA LA CAPSULA (Volumen Inicial)


CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(Kg)	W DEL RECIPIENTE(Kg)	W DEI MERCURIO(Kg)	DENSIDAD Hg (Kg/m3)	VOLUMEN Hg (m3)
0	0,2905	0,0828	0,2077	13600	0,0000153
3	0,3017	0,0949	0,2068	13600	0,0000152
5	0,2594	0,0525	0,2068	13600	0,0000152
Promedio					0,0000152

PARA LA GALLETA (Volumen Final)

CAPSULA #	PESO DEL HG MAS RECIPIENTE	PESO DEL HG+ RECIPIENTE-GALL	PESO DE MERCURIO	DENSIDAD MERCURIO	VOLUMEN MERCURIO
0	1,4895	1,3690	0,1205	13600	0,0000089
3	1,4905	1,3706	0,1199	13600	0,0000088
5	1,4866	1,3688	0,1178	13600	0,0000087
Promedio					0,0000088

LIMITE DE CONTRACCION = $W_o - \frac{[V_o - V]}{W_s} * G_w * 100$ L.C = 21,86 %

VoBo:


 Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingenieria Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>5</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>5</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.60 m</u>

DATOS INICIALES

CARGA Kg	<u>32,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>10228,62</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0629</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,0654</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0632</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,1987</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0633</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1334</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0631</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN m ²	<u>0,00313</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1693</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,02518</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1092</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	<u>0,0071</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,013</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	<u>0,0446</u>	PESO SECO Kg	<u>0,024</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg	<u>0,0313</u>	HUMEDAD %	<u>55,05</u>

VoBo

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION


FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 5
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 5
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.60 m

AREA DE LA MUESTRA EN M2 0,00313

FECHA	HORA	LECTURA CELDA DE CARGA EN KG	CARGA EN KN	PRESION EN Mpa
VIERNES				
	8 A.M.	0	0,000	0
	12 M.	3,5	0,035	0,011
	6 P.M	4	0,040	0,013
SABADO				
	8 A.M.	6,2	0,062	0,020
	12 M.	6,3	0,063	0,020
	6 P.M	6,5	0,065	0,021
MARTES				
	8 A.M.	7,4	0,074	0,024
	12 M.	7,6	0,076	0,024
	6 P.M	7,8	0,078	0,025

PRESION DE EXPANSION = 0,025 Mpa

VoBo


Ing. Germán García Vera
Director de Escuela de Ingeniería Civil




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>5</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>5</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.60 m</u>

DATOS INICIALES

CARGA Kg	<u>32,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>11368,13</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2220</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1081</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN m ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1655</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1062</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	<u>0,0069</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,014</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	<u>0,0448</u>	PESO SECO Kg	<u>0,024</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg	<u>0,0312</u>	HUMEDAD %	<u>55,80</u>

VoBo


Ing. Germán Garofa Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



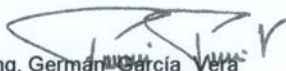
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>5</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>5</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.60 m</u>

CARGA Kg	<u>8,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>2842,03</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2237</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1099</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,000065</u>
AREA EN m ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1682</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1085</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	<u>0,0070</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,0133</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	<u>0,0444</u>	PESO SECO Kg	<u>0,0241</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg.	<u>0,0311</u>	HUMEDAD %	<u>55,04</u>

CARGA Kg	<u>16,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN kg/m ²	<u>5684,06</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2237</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1099</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN M ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1682</u>
ALTURA MEDIA EN M	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1089</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	<u>0,0071</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,013</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	<u>0,0448</u>	PESO SECO Kg	<u>0,024</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg.	<u>0,0315</u>	HUMEDAD %	<u>54,52</u>

VoBo

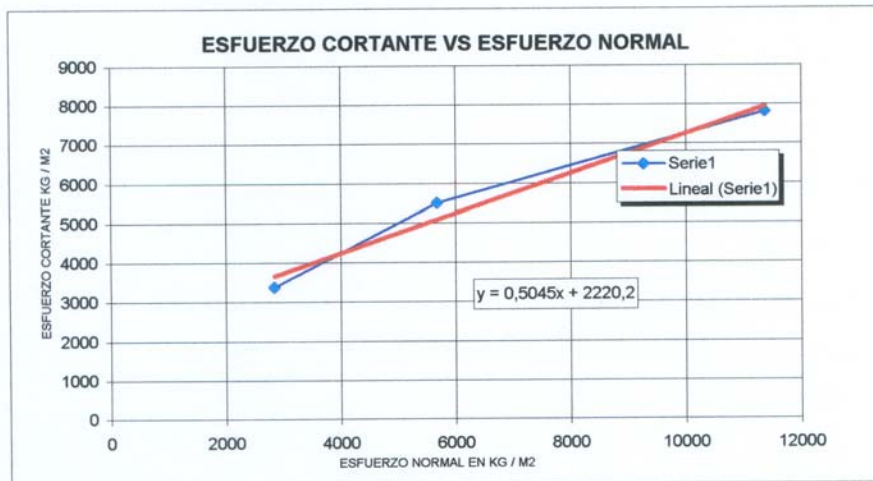

Ing. Germán García Vera
Director Escuela Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 5
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 5
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.60 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m2	MAXIMA EN Kg	Kg/m2	Kg/m2
8	0,0028	9,5000	2842	3375
16	0,0028	15,5000	5684	5506
32	0,0028	22,0000	11368	7815



HUMEDAD % 55,1 DE ENSAYO
PENDIENTE 0,5045
A. FRICCION 27 grados
COHESION 222,02 gr/cm2
COHESION 2220 kg/m2

Vo Bo

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123**

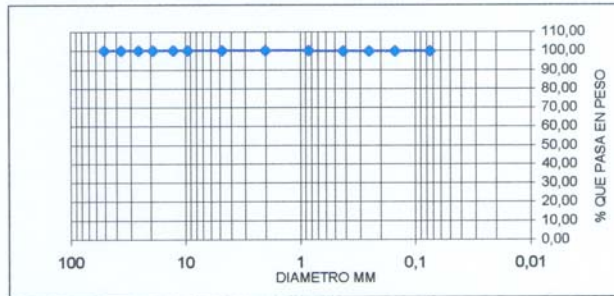
FECHA 17 DE JUNIO DE 2005
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER)

SONDEO 6
 MUESTRA 6
 PROFUNDIDAD 0.70 m

PESO TARA (Kg)	0,00945
TARA+MUESTRA HUMEDA (Kg)	0,13106
TARA+MUESTRA SECA (Kg)	0,09078
PESO AGUA (Kg)	0,04028
PESO MUEST. SECA (Kg)	0,08133
HUMEDAD (%)	49,53%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA kg 0,600
 PESO DESPUES DE LAVADO kg 0,002
 PORCENTAJE DE ERROR % 0,03

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	Kg	%	%	****	mm	Kg	%	%
2"	50,8	0,0000	0,00	100,00	10	2	0,0001	0,02	99,98
1 1/2"	36,1	0,0000	0,00	100,00	20	0,84	0,0002	0,03	99,95
1"	25,4	0,0000	0,00	100,00	40	0,42	0,0002	0,03	99,92
3/4"	19,05	0,0000	0,00	100,00	60	0,25	0,0001	0,02	99,90
1/2"	12,7	0,0000	0,00	100,00	100	0,149	0,0003	0,05	99,84
3/8"	9,52	0,0000	0,00	100,00	200	0,074	0,0009	0,16	99,69
No 4	4,75	0,0000	0,00	100,00	PASA 200	*****	0,5979		
SUMA	*****	0,0000	0,00		SUMA	*****	0,5998	0,31	
					TOTAL		0,5998		



GRAVAS= 0,00 %
 ARENAS = 0,31 %
 FINOS= 99,69 %

CLASIFICACION SUCS: MH (LIMO INORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD)

VoBo:

Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126**

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005
 PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS
 LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER)

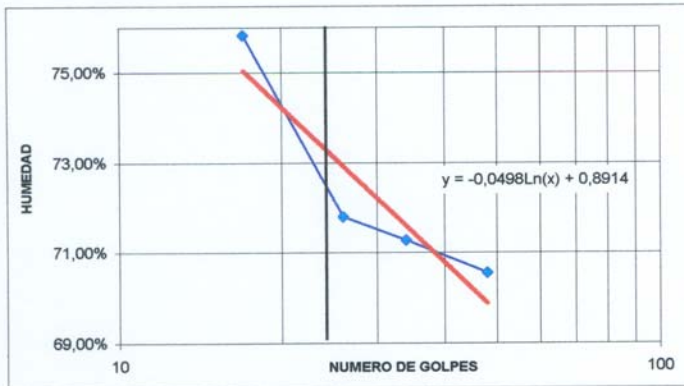
SONDEO 6
 MUESTRA 6
 PROFUNDIDAD 0.70 m

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA Kg	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO Kg	PESO CAPSULA + SUELO SECO Kg	PESO DEL AGUA Kg	PESO SUELO SECO Kg	CONTENIDO DE AGUA %
33	48	0,00686	0,01856	0,01372	0,00484	0,0069	70,55%
13	34	0,00709	0,01848	0,01374	0,00474	0,0067	71,28%
50	26	0,00732	0,01816	0,01363	0,00453	0,0063	71,79%
9	17	0,00716	0,01843	0,01357	0,00486	0,0064	75,82%

LIMITE PLASTICO

No	Numero de Golpes	Peso Capsula	Peso Capsula + Suelo Humedo	Peso Capsula + Suelo Seco	Peso del Agua	Peso Suelo Seco	Contenido de Agua %
13		0,00705	0,01177	0,01045	0,00132	0,00340	38,82%
26		0,0068	0,01185	0,01043	0,00142	0,00363	39,12%



LIMITE LIQUIDO : 73%
 LIM. PLASTICO : 39%
 IND. DE PLASTI. : 34%
 CLASIFICACION SUCS. : MH

VoBo:
 Ingeniero Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
DETERMINACION DEL LIMITE DE CONTRACCION INV E - 127

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	6
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	6
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.70 m

CAPSULA #	W. CAPSULA + W HUMEDO (Kg)	W CAPSULA W SECO (Kg)	W CAPSULA (Kg)	W AGUA (Kg)	W SUELO SECO (Kg)	HUMEDAD % Wo
0	0,10666	0,09659	0,08287	0,01007	0,01372	73,40
3	0,12223	0,11254	0,09932	0,00969	0,01322	73,30
5	0,07784	0,06723	0,05263	0,01061	0,0146	72,67
Promedio					0,01385	73,12

PARA LA CAPSULA (Volumen Inicial)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(Kg)	W DEL RECIPIENTE(Kg)	W DE MERCURIO(Kg)	DENSIDAD Hg (Kg/m3)	VOLUMEN Hg (m3)
0	0,2903	0,0828	0,2075	13600	0,0000153
3	0,3027	0,0992	0,2034	13600	0,0000150
5	0,2591	0,0525	0,2066	13600	0,0000152
Promedio					0,0000151

PARA LA GALLETA (Volumen Final)

CAPSULA #	W DEL HG + RECIPIENTE(kg)	W DEL HG+ RECIP -GALL (Kg)	W DE MERCURIO	DENSIDAD Hg (Kg/m3)	VOLUMEN Hg (m3)
0	1,4982	1,3408	0,1574	13600	0,0000116
3	1,4960	1,3373	0,1587	13600	0,0000117
5	1,4987	1,3214	0,1773	13600	0,0000130
Promedio					0,0000121

LIMITE DE CONTRACCION = $W_o - \left\{ \frac{V_o - V}{W_s} \right\} \cdot G_w \cdot 100$ L.C = 51,16 %

VoBo: 
 Ingeniero Germán García Vera



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>6</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>6</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.70 m</u>

DATOS INICIALES

CARGA Kg	<u>32,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>10228,62</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0629</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,0654</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0632</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2021</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0633</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1367</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0631</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN m ²	<u>0,00313</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1735</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,02518</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1208</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	<u>0,0068</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,013</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	<u>0,0499</u>	PESO SECO Kg	<u>0,030</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg	<u>0,0369</u>	HUMEDAD %	<u>43,60</u>

VoBo

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE PRESION DE EXPANSION

FECHA 17 DE JUNIO DE 2005 SONDEO 6
PROYECTO ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS MUESTRA 6
LOCALIZACION JESUS MARIA (SANTANDER) PROFUNDIDAD 0.70 m

AREA DE LA MUESTRA EN M2 0,00313

FECHA	HORA	LECTURA CELDA DE CARGA EN KG	CARGA EN KN	PRESION EN Mpa
LUNES				
	8 A.M.	0	0,000	0
	12 M.	0,3	0,003	0,001
	6 P.M	0,7	0,007	0,002
MARTES				
	8 A.M.	1,2	0,012	0,004
	12 M.	1,5	0,015	0,005
	6 P.M	2,5	0,025	0,008
MIERCOLES				
	8 A.M.	3,4	0,034	0,011
	12 M.	4,8	0,048	0,015
	6 P.M	5,4	0,054	0,017

PRESION DE EXPANSION = 0,017 Mpa

VoBo

Ing. Germán García Vera
Director de Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	6
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	6
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.70 m

DATOS INICIALES

CARGA Kg	32,000	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	11368,13
DIAMETRO SUPERIOR EN m	0,0598	PESO DEL ANILLO EN Kg	0,1139
DIAMETRO CENTRAL EN m	0,0599	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	0,2184
DIAMETRO INFERIOR EN m	0,0599	PESO MUESTRA EN Kg	0,1046
PROMEDIO DIAMETRO EN m	0,0599	VOLUMEN EN m ³	0,0001
AREA EN m ²	0,0028	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	1601
ALTURA MEDIA EN m	0,0232	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	1129
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA EN Kg	0,007	PESO AGUA Kg	0,013
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg	0,050	PESO SECO Kg	0,031
P.TARA + SUELO SECO Kg	0,037	HUMEDAD %	41,79

VoBo

Ing. Germán García Vera
Director Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E- 154

FECHA	<u>17 DE JUNIO DE 2005</u>	SONDEO	<u>6</u>
PROYECTO	<u>ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS</u>	MUESTRA	<u>6</u>
LOCALIZACION	<u>JESUS MARIA (SANTANDER)</u>	PROFUNDIDAD	<u>0.70 m</u>

CARGA Kg	<u>8,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN Kg/m ²	<u>2842,03</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2204</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1066</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,000065</u>
AREA EN m ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1632</u>
ALTURA MEDIA EN m	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1122</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	<u>0,0067</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,0136</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	<u>0,0501</u>	PESO SECO Kg	<u>0,0298</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg.	<u>0,0365</u>	HUMEDAD %	<u>45,46</u>

CARGA Kg	<u>16,000</u>	ESFUERZO NORMAL EN kg/m ²	<u>5684,06</u>
DIAMETRO SUPERIOR EN m	<u>0,0598</u>	PESO DEL ANILLO EN Kg	<u>0,1139</u>
DIAMETRO CENTRAL EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA+ANILLO EN Kg	<u>0,2209</u>
DIAMETRO INFERIOR EN m	<u>0,0599</u>	PESO MUESTRA EN Kg	<u>0,1071</u>
PROMEDIO DIAMETRO EN m	<u>0,0599</u>	VOLUMEN EN m ³	<u>0,0001</u>
AREA EN M ²	<u>0,0028</u>	DENSIDAD HUMEDA EN Kg/m ³	<u>1639</u>
ALTURA MEDIA EN M	<u>0,0232</u>	DENSIDAD SECA EN Kg/m ³	<u>1144</u>
DETERMINACION DE LA HUMEDAD EN %			
PESO DE LA TARA Kg	<u>0,0068</u>	PESO AGUA Kg	<u>0,013</u>
P.TARA + SUELO HUMEDO Kg.	<u>0,0502</u>	PESO SECO Kg	<u>0,030</u>
P.TARA + SUELO SECO Kg.	<u>0,0371</u>	HUMEDAD %	<u>43,36</u>

VoBo

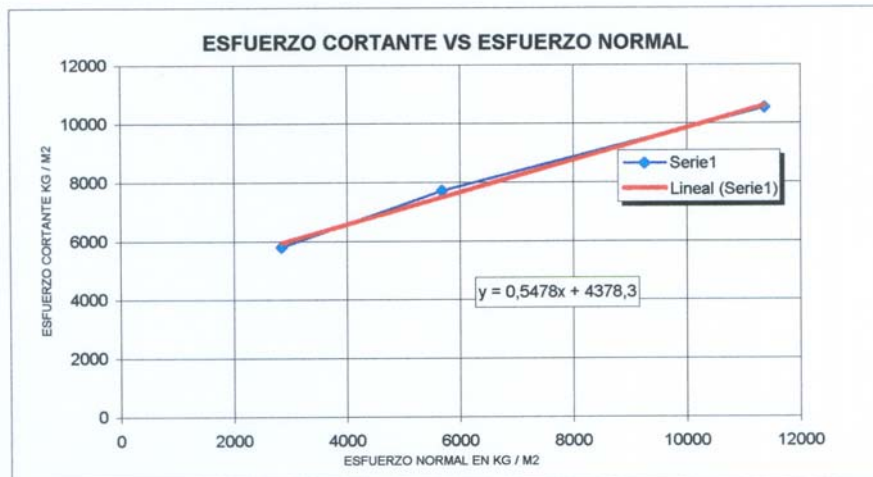
Ing. Germán García Vera
Director Escuela Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO INV E-154**

FECHA	17 DE JUNIO DE 2005	SONDEO	6
PROYECTO	ESTUDIO GEOTECNICO Y DE SUELOS	MUESTRA	6
LOCALIZACION	JESUS MARIA (SANTANDER)	PROFUNDIDAD	0.70 m

CARGA VERTICAL	AREA	CARGA HORIZONTAL	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTANTE
Kg	m ²	MAXIMA EN Kg	Kg/m ²	Kg/m ²
8	0,0028	16,30	2842	5790
16	0,0028	21,70	5684	7709
32	0,0028	29,65	11368	10533



HUMEDAD %	43,5	DE ENSAYO
PENDIENTE	0,5478	
A. FRICCION	29	grados
COHESION	437,83	gr/cm ²
COHESION	4378	kg/m ²

Vo Bo

 Ing. Germán García Vera
 Director Escuela de Ingeniería Civil

ANEXO C

Base de datos en Access creada para cabecera municipal de
Jesús María, Santander.

**DEPARTAMENTO DE SANTANDER,
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**



MUNICIPIO DE JESUS MARIA

**BASE DE DATOS ACCESS
CABECERA MUNICIPAL, JESUS MARIA**

**EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL POR
FENOMENOS DE EROSION Y REMOCION EN MASA DEL MUNICIPIO
DE JESUS MARIA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

PROYECTO DE GRADO

**ESTUDIOS DE AMENAZAS POR EROSION Y REMOCION EN MASA, Y
VULNERABILIDAD DE LA ZONA URBANA Y DE EXPANSION DE JESUS
MARIA, SANTANDER**

BASE DE DATOS

Este modelo servirá para la captura, actualización y generación de información primaria y secundaria y análisis en el municipio de Jesús María en lo correspondiente a base predial, vulnerabilidad, y amenaza por movimiento en masa. Este modelo también es aplicable en otros lugares donde se presenten las mismas condiciones.

La estructura de la base de datos parte de un Modelo Entidad - Relación en el que se encuentran condensados el Modelo Conceptual, Lógico y Físico.

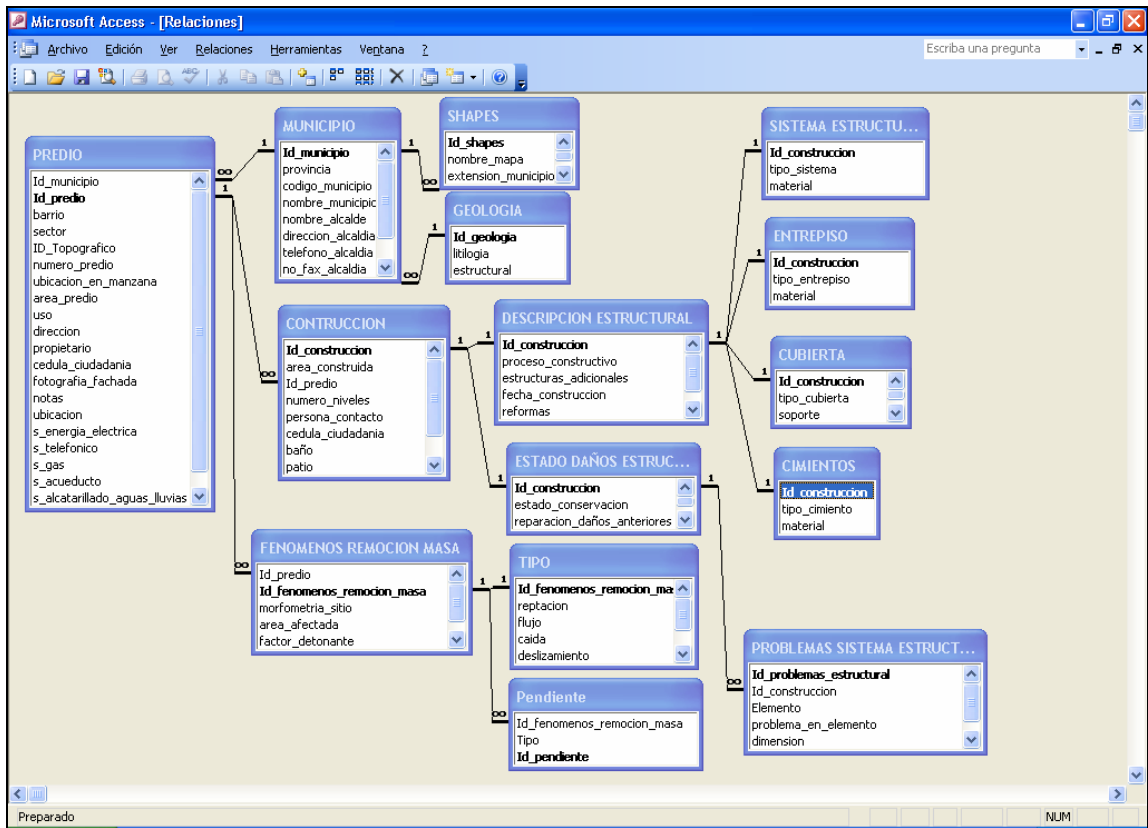


Figura 1. Modelo entidad relación.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

En el modelo conceptual, es un nivel de abstracción en el que se conceptúan y definen formalmente los objetos en estudio, seleccionados del universo del mundo real; que para nuestro caso son los componentes y atributos de la parte predial y de sus características del estado de daño y de la forma de construcción de las estructuras, además, la forma como se presentan los FRM de un municipio de baja complejidad. El resultado de este nivel de abstracción es la concepción humana de la realidad descrita formalmente. Normalmente solo las propiedades consideradas relevantes son incorporadas al modelo. El modelo es denominado formal cuando asume entidades lógicas y simbólicas que satisfacen un conjunto particular de axiomas y teoremas.

La información cartográfica para este proyecto procede del estudio topográfico que se llevo a cabo en dos partes, la primera, el levantamiento de la cabecera municipal con los componentes que la conforman y la segunda una extensión de este levantamiento para complementar la primera, el levantamiento del casco urbano y el complemento están conformadas en escala 1:1000.

La elección de las variables a considerar en este proyecto, está supeditada a los registros provenientes de la toma de datos en campo que se llevo a cabo en el municipio de Jesús María ubicado en la provincia de Vélez Departamento de Santander a través de la encuesta diseñada según el manual de la AIS para estudios de vulnerabilidad y desastres de la ciudad de Manizales.

La forma en que se deben representar adecuadamente los datos en el espacio geográfico, es estudiada por la cartografía. En el modelo conceptual, la cartografía se enfoca en decidir el tipo de mapa en que se van a consignar los datos geográficos según su comportamiento espacial [PINTO, 2004]. De acuerdo a la clasificación de las variables o niveles de información seleccionados en el presente estudio todos los datos del sector aseo son manejados como entidades de tipo punto, líneas y áreas.

A continuación se muestra el ambiente gráfico de la base de datos generada.

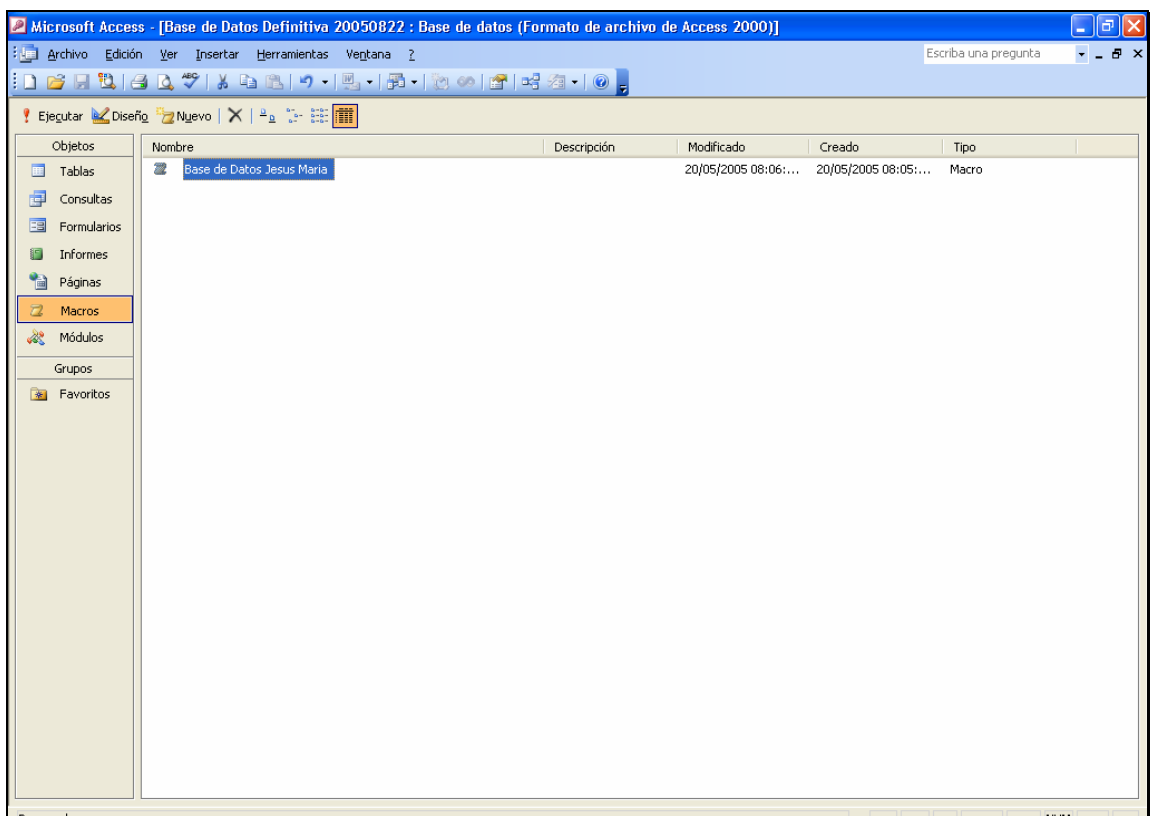


Figura 2 Ambiente gráfico de inicio de la base de datos generada para la captura y sistematización de la información del municipio en lo referente a los parámetros estudiados.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

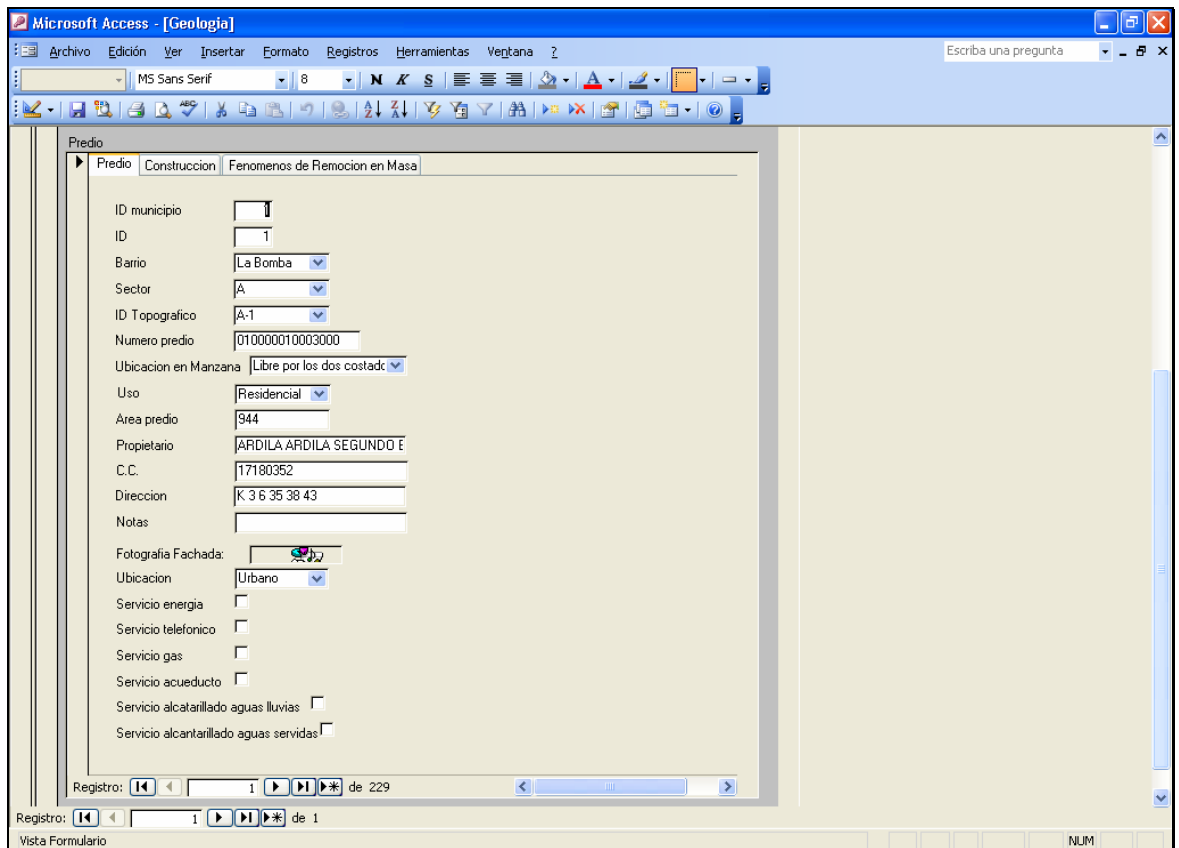


Figura 3 Ambiente gráfico en el que se muestra la información del predio.
Fuente: Investigación de los autores, 2005.

edio

edio Construcción Fenomenos de Remocion en Masa

Construcción

ID construccion Baño

Area construida Patio

ID predio Observaciones

Total Niveles

Persona contacto

C.C.

Descripcion estructural Estado daños estructurales Ocupacion de la estructura

Ocupacion de la estructura1

ID construccion

Menores de 2 años

De 3 a 9 años

De 10 a 70 años

Mayores de 70 años

Enfermos

Cuantos

Edad

Registro:

Registro: de 1

Figura 4. Ambiente gráfico sobre la información de la construcción correspondiente a cada predio.

Fuente: Investigación de los autores, 2005.

Predio

Predio
 Construcción
 Fenomenos de Remocion en Masa

Fenomenos de remocion de masa

ID	<input type="text" value="1"/>	Pendiente	
Morfometria del sitio	<input type="text" value="Pie de ladera"/>	ID fenomenos	<input type="text" value="1"/>
Area afectada	<input type="text" value="General(Mas de 40%)"/>	ID	<input type="text" value="1"/>
Factor detonante	<input type="text" value="Lluvias"/>	Tipo	<input type="text" value="Plano(menor de 5)"/>
Observaciones	<input type="text" value="Pendiente:1 vivienda,2pre"/>		
ID predio	<input type="text" value="1"/>		

Registro: de

Tipo

ID fenomenos remocion masa	<input type="text" value="1"/>
Reptacion	<input checked="" type="checkbox"/>
Flujo	<input checked="" type="checkbox"/>
Caida	<input type="checkbox"/>
Deslizamiento	<input type="checkbox"/>
Ninguno	<input type="checkbox"/>
Observaciones	<input type="text"/>

Registro: de 1

Registro: de 1

Figura 5. Ambiente gráfico sobre el tipo de FRM que afecta a cada predio y/o construcción.

Fuente Investigación de los autores, 2005

ANEXO D

Manual de campo para inspección de construcciones y su relación con los fenómenos de remoción en masa.



**DEPARTAMENTO DE SANTANDER,
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**



MUNICIPIO DE JESUS MARIA

**MANUAL DE CAMPO PARA INSPECCION DE CONSTRUCCIONES
Y SU RELACION CON LOS FENOMENOS DE REMOCIÓN EN
MASA**

**EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL POR
FENOMENOS DE EROSION Y REMOCION EN MASA DEL MUNICIPIO
DE JESUS MARIA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

PROYECTO DE GRADO

**ESTUDIOS DE AMENAZAS POR EROSION Y REMOCION EN MASA, Y
VULNERABILIDAD DE LA ZONA URBANA Y DE EXPANSION DE JESUS
MARIA, SANTANDER**

INTRODUCCION

El objetivo de la elaboración de este Manual consiste en la orientación sobre los aspectos que deben tenerse en cuenta para la realización de una encuesta descriptiva en cualquier localidad a nivel municipal, considerando el nivel de daño estructural de las construcciones causado por la acción de los fenómenos de erosión y remoción en masa.

Es importante resaltar que este Manual se elaboró teniendo en cuenta las características de la zona de estudio basados en otros manuales ya aplicados como el de la AIS en la ciudad de Manizales el cual logró identificar los daños causados por el sismo ocurrido en la zona en enero de 1999.

Para entrar en materia, antes de la aplicación de la encuesta se debe llevar a cabo un reconocimiento preliminar de la zona de estudio. La función principal de este reconocimiento es proveer información rápida sobre la magnitud y extensión de los daños en forma general, identificar las zonas de mayor afectación y detectar la forma como la acción de los fenómenos de erosión y remoción afecta a las redes de servicios públicos.

El reconocimiento preliminar debe ser realizado aprovechando diferentes fuentes de información como por ejemplo, en entidades públicas de acuerdo con las situaciones que la han afectado históricamente, otros estudios que se hayan realizado y llevando un registro de los comentarios de la comunidad a medida que se hace el recorrido inicial.

Posteriormente al reconocimiento, se hace una síntesis de la información preliminar que se recoge y se enfatiza en los puntos clave que determinarán el planteamiento de la forma cómo serán inspeccionadas las edificaciones. A continuación, se debe realizar el formato de encuesta que recoge aquellas indicaciones que puedan determinar la extensión del daño y de los riesgos presentes. Es por este motivo que para cada localidad la encuesta resultante será diferente dependiendo de las tipologías estructurales y su relación con las problemáticas existentes.

PROCEDIMIENTO GENERAL DE ESTUDIO

El procedimiento mas apropiado para evaluar y analizar la vulnerabilidad de las construcciones es iniciar la identificación desde el exterior de la edificación, lo cual permite examinar la calidad de la misma encontrando sus irregularidades y otros aspectos pre-existentes. Antes de ingresar a la edificación se debe observar el estado general de la misma y los daños posibles en la fachada, balcones, etc.

Se debe analizar de igual manera, el estado de la estructura comparándola con las construcciones vecinas, observando con detenimiento el suelo alrededor de la parte construida que pueda presentar grietas, hundimientos, deslizamientos o cualquier otro tipo de anomalía en el terreno.

La cobertura de los servicios públicos debe describirse para cada construcción determinando su grado de afectación si a ello hay lugar, y el manejo que se le da a cada servicio.

Después de la descripción general es posible entrar a definir los tipos de elementos estructurales y los no estructurales con los que está construida la edificación, examinando la seguridad que estos pueden ofrecer a los que la habitan en caso de una emergencia por activación de algún fenómeno erosivo. Inicialmente la inspección debe hacerse desde el exterior para que, al momento de ingresar, sea más fácil caracterizar los diferentes elementos analizando de ellos el grado y el porcentaje de daño dentro de la estructura en general.

En cuanto a los Fenómenos de erosión y Remoción en Masa (FRM) se debe estimar el tipo de movimiento que afecta tanto a la construcción como al predio en general, en caso de que se presente, encontrando los posibles factores detonantes en la inspección.

Cuando todas las encuestas hayan sido aplicadas y toda la información esté recopilada, es conveniente elaborar una base de datos que permita el almacenamiento de los datos recolectados en campo, en los que se resume la evaluación de la estructura en general y su relación con los procesos de remoción en masa

Basados en la recopilación de la información, cada construcción tendrá una clasificación de acuerdo con los resultados de la evaluación y dependiendo de la información procesada, se espacializan los datos en un mapa topográfico a escala 1:1000 de la zona de estudio. De esta manera es posible zonificar el área estudiada tanto estructural como geotécnicamente, permitiendo el análisis de las amenazas naturales y la vulnerabilidad estructural según los resultados obtenidos por las encuestas, de acuerdo con códigos de colores y a la calificación obtenida por cada edificación.

DESCRIPCION DE LA ENCUESTA DE EVALUACION UNICA

La encuesta contiene 7 secciones que incluyen los siguientes aspectos de evaluación

- SECCION 1** Identificación catastral
- SECCION 2** Tipo de Identificación y Clasificación
- SECCION 3** Identificación Predial
- SECCION 4** Inspección de la estructura
- SECCION 5** Estado de daño de la estructura
- SECCION 6** Condiciones de los FRM en el predio
- SECCION 7** Ocupación de la estructura

Cada una de estas secciones tiene como objetivo principal identificar el tipo de estructura que se está evaluando y los niveles de daño que alcanza a registrar por la presencia de Fenómenos de Remoción en Masa.

Para diligenciar el formulario es importante definir tres tipos de modalidad para almacenar la información. Un tipo de preguntas deben ser respondidas indicando mediante números la respuesta correcta; si se presentan varias opciones se marca la elegida con una X y en el caso de presentarse espacios en blanco estos deben diligenciarse para completar preguntas abiertas. A continuación se presenta el formato de la encuesta realizada para el municipio de Jesús María en el Departamento de Santander con las secciones de 1 al 7 que las cuales serán ampliadas mas adelante.



EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD POR FENOMENOS DE EROSION Y REMOCION EN MASA DEL MUNICIPIO DE JESUS MARIA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER



INSPECCION DE CONSTRUCCIONES
FORMULARIO UNICO

FORMULARIO No. _____

Municipio de Jesus Maria

SECCION 1. IDENTIFICACION CATASTRAL

1. UBICACION ESTRUCTURA

NOMBRE DEL BARRIO _____

SECTOR _____ MANZANA _____ ID-TOPOGRAFICO _____ No. DE PREDIO _____

SECCION 2. TIPO DE IDENTIFICACION Y CLASIFICACION

1. IDENTIFICACION CONSTRUCCION

EXTERIOR PARCIAL COMPLETA (INT Y EXT)

2. RAZONES POR NO INSPECCION

NO SE PERMITIO DESOCUPADA COLAPSO OTRO _____

SECCION 3. IDENTIFICACION PREDIAL

1. DIRECCION: CARRERA _____ CALLE _____ DIAGONAL _____ NUMERO _____

2. INFORMACION PROPIETARIO: NOMBRE COMPLETO _____ CEDULA _____

3. SERVICIOS PUBLICOS EN EL PREDIO: S. ALCANTARILLADO _____ S. TELEFONICO _____ 1. AGUAS LLUVIAS _____ S. GAS _____ 2. AGUAS SERVIDAS _____ S. ACUEDUCTO _____ S. ENERGIA ELECTRICA _____

4. NUMERO DE PISOS DE LA ESTRUCTURA: NIVELES SOBRE EL TERRENO _____ NIVELES BAJO EL TERRENO _____ TOTAL NIVELES _____

5. USO PREDOMINANTE: COLOCAR EL NUMERO QUE CORRESPONDA SEGUN EL USO PREDOMINANTE DEL PREDIO
* PRIMER PISO _____ 1. RESIDENCIAL 5. SALUD
* NIVELES SUPERIORES _____ 2. COMERCIAL 6. OFICIAL
* NIVELES BAJO TERRENO _____ 3. EDUCATIVA 7. LOTE 4. HOTELERA 8. OTRO

6. UBICACION EN LA MANZANA: ESQUINA _____ INTERMEDIA _____ LIBRE POR UN COSTADO _____ LIBRE POR LOS DOS COSTADOS _____

SECCION 4. INSPECCION DE LA ESTRUCTURA

1. DESCRIPCION ESTRUCTURAL

EN CADA NUMERAL MARCAR CON UNA X LA OPCION ESCOGIDA EN LA COLUMNA A Y SU CORRESPONDIENTE MATERIAL DE LA TABLA EN LA COLUMNA B

TABLA DE MATERIALES			I. SISTEMA ESTRUCTURAL		II. TIPO DE ENTREPISO		III. TIPO DE CUBIERTA		IV. CIMIENTOS	
			A	B	A	B	A	B	A	B
1. ZINC	6. CEMENTO	11. ASBESTO	PORTICO	<input type="checkbox"/>	PLACA SIMPLE	<input type="checkbox"/>	LOSA	<input type="checkbox"/>	REFORZADA	<input type="checkbox"/>
2. PIEDRA	7. MADERA	12. BAREQUE	MURO DE CARGA	<input type="checkbox"/>	PLACA MACIZA	<input type="checkbox"/>	TEJA	<input type="checkbox"/>	NO REFORZADA	<input type="checkbox"/>
3. TAPIA	8. CASETON	13. LADRILLO	CONFINADA	<input type="checkbox"/>	ALIGERADA CON	<input type="checkbox"/>	SOPORTE	<input type="checkbox"/>	NO HAY	<input type="checkbox"/>
4. BARRO	9. ACERO	14. PLASTICO	REFORZADA	<input type="checkbox"/>	OTRO _____		VIGA MADERA	<input type="checkbox"/>		
5. ADOBE	10. BLOQUE	15. OTRO	NO REFORZADA	<input type="checkbox"/>			VIGA METALICA	<input type="checkbox"/>		
	16. HORMIGON ARMADO	17. CONCRETO CICLOPEO	OTRA	<input type="checkbox"/>			CERCHA MET	<input type="checkbox"/>		
			COMBINADO	<input type="checkbox"/>						

2. ESTRUCTURA ADICIONAL: SI HAY ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN O SOPORTE NOMBRE _____ MATERIAL _____ UBICACION _____

3. FECHA DE CONSTRUCCION: ANTES DE 1960 _____ DE 1960 A 1984 _____ DE 1984 A 1997 _____ DESPUES DE 1997 _____

4. REFORMAS EN LA ESTRUCTURA: * EN ALTURA: No. PISOS ADICIONALES _____ * EN EXTENSION ANCHO (SENTIDO PARALELO VIA) _____ PROFUND (PERPENDICULAR A LA VIA) _____

5. PROCESO CONSTRUCTIVO: AUTOCONSTRUCCION _____ PROYECTO URBANISTICO _____ PROYECTO INDIVIDUAL _____ OTRO _____

SECCION 5. ESTADO DE DAÑO DE LA ESTRUCTURA

1. PROBLEMAS EN EL SISTEMA ESTRUCTURAL

ELEGIR EL ELEMENTO ESTRUCTURAL QUE SE ENCUENTRE AFECTADO CON SU RESPECTIVO PROBLEMA Y COLOCARLOS EN LAS CASILLAS DE EN FRENTE

ELEMENTO AFECTADO	ELEMENTO					
	I	II	III	IV	V	OTRO
1. PISOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. TECHOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. CANALETAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. MUROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ENTREPISOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PROBLEMA						
1. HUMEDADES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. FISURAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1. TEMPOZAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. GRIETAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1. AFLORAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. DESPLAZAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ASENTAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. ESTADO DE CONSERVACION ESTRUCTURAL: BUENO (MENOR DE 10%) _____ REGULAR (DE 10 A 50%) _____ MALO (MAYOR DE 50%) _____

3. REPARACION DE DAÑOS ANTERIORES: TOTAL _____ PARCIAL _____ NO SE HA REPARADO _____ NO SE REPORTAN DAÑOS _____

4. SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS: CONEXIONES AGUAS SERVIDAS DEL MPIO _____ CONEXIONES IMPROVISADAS _____ NO SON RECOGIDAS _____

SECCION 6. CONDICIONES DE LOS FENOMENOS DE REMOCION EN MASA EN EL PREDIO

1. MORFOMETRIA DEL PREDIO: LADERA _____ PIE DE LADERA _____ CRESTA DE LADE _____ ZONA PLANA _____ TALUD _____ OTRO _____

2. PENDIENTE DEL PREDIO: PLANO (MENOR DE 5°) _____ LEVEMENTE INCLINADA (5° A 10°) _____ INCLINADA (DE 10° A 20°) _____ MODERADAMENTE ABRUPTO (20° A 30°) _____ ABRUPTO (30° A 40°) _____ ESCARPADO (MAYOR DE 40°) _____

3. TIPO DE MOVIMIENTO: REPTACION _____ FLUJOS _____ DESLIZAMIENT _____ CAIDA _____ NINGUNO _____




4. FACTOR DETONANTE: LLUVIAS _____ SISMO _____ ACCION ANTROPIC _____ OTRO _____

5. GRADO DE AFECTACION: GENERAL (MAYOR DE 40%) _____ PARCIAL (DE 10 A 40%) _____ PUNTUAL (MENOR DE 10%) _____ NINGUNO _____

DILIGENCIAMIENTO DE LA ENCUESTA

A continuación se hará una referencia de la forma como interpretar cada una de las secciones y los tipos de pregunta que allí se formulan.

ENCABEZADO

	EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD POR FENOMENOS DE EROSION Y REMOCION EN MASA DEL MUNICIPIO DE JESUS MARIA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER	
	INSPECCION DE CONSTRUCCIONES FORMULARIO UNICO	FORMULARIO No. <input type="text"/>
Municipio de Jesus Maria		

El número del formulario será diligenciado en el momento de la digitación en la base de datos, en caso de no poder ser asignado antes de salir a campo, deberá definirse en los procedimientos la forma de asignar una numeración secuencial de acuerdo con los sectores en que se encuentre dividida la ciudad o a la hora de la digitación.

SECCION 1

IDENTIFICACION CATASTRAL

SECCION 1.IDENTIFICACION CATASTRAL			
1.UBICACION ESTRUCTURA			
NOMBRE DEL BARRIO <input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SECTOR	MANZANA	ID-TOPOGRAFICO	No. DE PREDIO

En primer lugar, se debe diligenciar el nombre del barrio, el sector, la manzana, la identificación topográfica y el número del predio que lo diferenciará de los demás y brindarán una llave importante que relacione cada encuesta con el procesamiento de la información recolectada de la base de datos con los registros de catastro.

Los datos de sector y manzana son los correspondientes a la organización catastral que maneje el municipio. La identificación (ID) topográfica es la numeración de cada predio según el plano topográfico del estudio, este número sirve de guía para la ubicación predial. El número de predio se obtuvo de los listados del IGAC actualizados al año 2005.

SECCION 2

TIPO DE INSPECCION Y CLASIFICACION DE LA HABITABILIDAD

SECCION 2.TIPO DE IDENTIFICACION Y CLASIFICACION	
1.IDENTIFICACION CONSTRUCCION	2.RAZONES POR NO INSPECCION
EXTERIOR <input type="radio"/>	NO SE PERMITIO <input type="radio"/>
PARCIAL <input type="radio"/>	DESOCUPADA <input type="radio"/>
COMPLETA (INT Y EXT) <input type="radio"/>	COLAPSO <input type="radio"/>
	OTRO _____

IDENTIFICACION DE LA CONSTRUCCION

En esta sección se debe especificar si la evaluación de los daños se realizó llevando a cabo una inspección exterior solamente, parcial o completa (exterior e interior).

RAZONES POR NO INSPECCION

Si la construcción no se inspeccionó se debe especificar porqué, de acuerdo con las categorías establecidas: no se permitió el ingreso, desocupada, colapso, demolida, otro motivo.

SECCION 3

IDENTIFICACION DE LA ESTRUCTURA

En esta área se describe la ubicación física de la construcción, el uso, los servicios que tiene, el número de pisos y su ubicación en la manzana.

SECCION 3.IDENTIFICACION PREDIAL			
1.DIRECCION	2.INFORMACION PROPIETARIO		3.SERVICIOS PUBLICOS EN EL PREDIO
CARRERA <input type="text"/>	NOMBRE <input type="text"/>	S.ALCANTARILLADO <input type="checkbox"/>	S.TELEFONICO <input type="checkbox"/>
CALLE <input type="text"/>	COMPLETO <input type="text"/>	1.AGUAS LLUVIAS <input type="checkbox"/>	S.GAS <input type="checkbox"/>
DIAGONAL <input type="text"/>	CEDULA <input type="text"/>	2.AGUAS SERVIDAS <input type="checkbox"/>	S.ACUEDUCTO <input type="checkbox"/>
NUMERO <input type="text"/>		S.ENERGIA ELECTRICA <input type="checkbox"/>	
4.NUMERO DE PISOS DE LA ESTRUCTURA	5.USO PREDOMINANTE		6.UBICACION EN LA MANZANA
NIVELES SOBRE EL TERRENO <input type="text"/>	COLOCAR EL NUMERO QUE CORRESPONDA SEGUN EL USO PREDOMINANTE DEL PREDIO		ESQUINA <input type="checkbox"/>
NIVELES BAJO EL TERRENO <input type="text"/>	* PRIMER PISO <input type="text"/>	1.RESIDENCIAL	5.SALUD <input type="checkbox"/>
TOTAL NIVELES <input type="text"/>	* NIVELES SUPERIORES <input type="text"/>	2.COMERCIAL	6.OFICIAL <input type="checkbox"/>
	* NIVELES BAJO TERRENO <input type="text"/>	3.EDUCATIVA	7.LOTE <input type="checkbox"/>
		4.HOTELERA	8.OTRO <input type="checkbox"/>
			LIBRE POR UN COSTADO <input type="checkbox"/>
			LIBRE POR LOS DOS COSTADOS <input type="checkbox"/>

DIRECCION

Se debe indicar el número de la carrera, calle o diagonal, colocando en las casillas de número el resto de la dirección, especificando el número interior de cada predio. En los sectores donde exista doble nomenclatura, debe incluirse la dirección actualizada en caso de que se hayan presentado cambios, y comentarios sobre la existencia de números adicionales. Después de completar esta información debe ir el nombre del propietario del predio con su número de identificación, si es una edificación de propiedad horizontal o es una institución pública se debe indicar el nombre de este o de la organización a la que pertenece.

NUMERO DE PISOS

Debe especificarse por separado el número de niveles que tenga el predio, tanto sótanos como niveles sobre el terreno sin contar la cubierta y la terraza y deberá evaluarse desde la entrada principal del predio en caso de que la edificación en un terreno de ladera.

USO PREDOMINANTE

Para especificar el uso de cada edificación se debe colocar el código de uso en las casillas frente a cada una de las plantas que le correspondan respecto a la tabla que se relaciona a continuación:

Código de Uso	1	2	3	4	5	6	7	8
Uso Predominante	Residencial	Comercial	Educativo	Hotelero	Salud	Oficial	Lote	Otro

En la Tabla se especifica el material que corresponde al sistema estructural que se identifique, en caso de que existan varios sistemas estructurales, se debe seleccionar el de mayor relevancia y en la sección de comentarios se hace alusión a la combinación de sistemas y al sector de la estructura o piso donde existe el cambio.

Dependiendo del tipo de material con que estén contruidos los sistemas estructurales, se puede hacer una clasificación y evaluación de cada construcción. A continuación, se describe cada sistema estructural dependiendo del material con el que se pueda encontrar.

- PORTICO



Vivienda en Jesús Maria, Santander con sistema pórtico.

Se define así el conjunto estructural conformado por vigas y columnas unidas en forma rígida o reticular.

MURO DE CARGA

Se define así el conjunto estructural en que los elementos verticales son muros diseñados para resistir cargas verticales y horizontales por sismo. En esta categoría se encuentra una serie de casos específicos por tratarse de una zona donde la mayoría de las construcciones son antiguas y no sobrepasan los tres (3) pisos de altura. Después de hacer una visita de reconocimiento, se considera que los casos más representativos de esta categoría son:

Muros de carga:

- CONFINADA



Vivienda en Jesús María, Santander con sistema muros confinados.

Construcción de muros de mampostería en ladrillo o cemento con elementos perimetrales de concreto reforzado de pocas dimensiones (viguetas y columnetas), construidos alrededor de las paredes formando elementos que confinan las piezas de mampostería.

- REFORZADA



Vivienda en Jesús María, Santander con sistema muros reforzados.

Construcción en muros de mampostería con piezas de perforación vertical que se refuerzan horizontalmente en los sitios de pega e internamente con barras de acero en concreto. Dentro de esta clasificación se incluyen dos tipos de edificaciones definidas en las normas colombianas de Diseño y Construcción Sismo resistente, las clasificadas como parcialmente reforzada y mampostería reforzada

- NO REFORZADA



Vivienda en Jesús Maria, Santander con sistema de muros no reforzados.

Es una construcción de mampostería usualmente de bloques o piezas de ladrillo o cemento que no tiene ningún tipo de refuerzo ni confinamiento mediante elementos estructurales

- MATERIALES LOCALES

En este grupo se encuentran las estructuras que están construidas con materiales locales, entre ellas se encuentran predios construidos en adobe, tapia, bahareque y madera.

ADOBE



Vivienda en Jesús Maria, Santander con sistema de materiales locales Adobe.

Son construcciones de bloques hechos de tierra arcillosa sin cocer (adobes) y secados al sol. Se pueden moldear con facilidad mientras están húmedos, pero cuando se secan son prácticamente indeformables. Los adobes se fabrican formando pequeños bloques (del tamaño de un ladrillo) de barro y paja o heno, que se dejan secar al sol durante una o

dos semanas. Debido a su escasa resistencia a la humedad, sólo se construye con adobes en zonas poco lluviosas, en lugares donde no sea el caso, suele recubrirse con materiales que lo protejan del agua aunque esto no se logra totalmente ya que son altamente vulnerables

MADERA



Vivienda en Jesús Maria, Santander construida en muros de madera.

Los elementos estructurales no muy resistentes pueden ser contruidos en madera. En muchos casos la madera no es el único material sino que esta acompañado por otro que le de mayor rigidez.

TAPIA



Vivienda en Jesús Maria, Santander construida combinada en tapia.

Las tapias son muros o paredes compuestas por tierra estabilizada apisonada dentro de un encofrado de madera que en ocasiones, se mezclan con fibras vegetales u otros

materiales como ladrillos de arcillas o piedras. Entre las cualidades de la tapia se destaca su elevada inercia, que le dota de una extraordinaria capacidad aislante, térmica y acústica, aunque también le confiere un excesivo peso que ha provocado su desaparición de la construcción industrializada.

La construcción del tapial comienza con la extracción del terreno en el lugar de la obra y, si es necesario, su estabilización con una lechada de cal o cemento. Después se dispone un encofrado rígido compuesto por tablas, llamadas costales o tapieras, donde se vierte el material para su posterior apisonado manual. Esta operación se repite en sucesivas tongadas o tapiadas del tamaño adecuado, hasta que se completa el muro, que deberá secarse antes de proceder a su puesta en carga. En algunos casos, además, se realiza un recubrimiento exterior con mortero de cal, conocido con el nombre de calicostra.

BAHAREQUE



Vivienda en Jesús Maria, Santander construida en bahareque.

La construcción con bahareque son muros de palos entretejidos compuesto de madera, cañas, guadua con o sin relleno de tierra y con recubrimientos diversos: pañete de cagajón y tierra, pañete de mortero de cemento, barro, tablas o láminas metálicas. Se encuentran también, muros de bahareque sin relleno (bahareque hueco), con recubrimiento de esterilla de guadua en una tipología denominada bareque rustico.

ESTRUCTURAS MIXTAS



Vivienda en Jesús María, Santander construida en sistema combinado.

Son aquellas construcciones cuyo sistema estructural esta conformado por una combinación de materiales, para las que no es posible definir cual es el que predomina. Las estructuras en las cuales exista combinación de materiales, pero sea fácil definir uno como predominante debe ser clasificada en cualquiera de las categorías anteriores.

TIPO DE ENTREPISO

Debido a su peso y desempeño como diafragma rígido o flexible, el entrepiso puede tener influencia en el comportamiento de la estructura ante eventos externos, por esto se debe especificar el tipo de entrepiso predominante teniendo en cuenta que existen diferentes tipologías. Para el caso en estudio, se agruparon varias categorías relacionadas con el material del que están elaborados y la forma como fueron construidas

TIPO DE CUBIERTA

Teniendo en cuenta que la cubierta aporta peso a la estructura, es importante realizar un registro del tipo de cubierta de cada estructura. Para la zona de estudio se pudo generalizar como categorías predominantes las placas macizas, simples y las aligeradas con algún material con su respectivo tipo de soporte.

TIPO DE CIMIENTOS

Es de fundamental importancia el tipo de cimientos que existan en cada edificación ya que es el soporte que recibe la transmisión de la carga total hasta el suelo. Se divide la selección entre cimientos reforzados, no reforzados o ningún tipo de cimiento.

ESTRUCTURAS ADICIONALES

En algunos predios podrán existir estructuras adicionales que jueguen un papel estructural en la edificación, estas estructuras pueden ser de soporte o contención y considerando el tipo de problemas que pueden sufrir las estructuras es necesario identificarlas, conocer el motivo de su construcción y ubicarlas dentro del predio.

FECHA DE CONSTRUCCION

Aunque es difícil determinar con exactitud la edad de una construcción, es importante tratar de averiguar con los ocupantes o personas vecinas una fecha aproximada, con el fin de poder analizar posteriormente el comportamiento de las construcciones según los criterios bajos los cuales fueron diseñados o los procesos constructivos utilizados. Para este ítem se presentan cuatro (4) categorías en las que se consideran las edificaciones construidas antes de 1960; desde 1960 hasta 1984, año en el cual se empezó a aplicar el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes; entre los años 1984 y 1997 y después de 1997, año en el cual comenzaron a regir las Normas Sismo Resistentes NSR-98.

REFORMAS

A través de esta pregunta se puede establecer qué partes del predio son actuales y cuales pertenecen a la estructura original. Esto aclara dudas sobre la formación de fallas en la estructura por problemas al empatar elementos, ya sean estructurales o no construidos en diferentes épocas y a través de diversos procesos de construcción.

PROCESO CONSTRUCTIVO

Es importante identificar si la estructura forma parte de algún tipo de plan de vivienda, es un proyecto urbanístico o si únicamente hace parte de un proyecto de autoconstrucción, ya que es posible corroborar la información de las anteriores preguntas y complementar el tipo de procesos que se utilizaban dependiendo del año de construcción.

SECCION 5

ESTADO DE DAÑO DE LA ESTRUCTURA

En esta sección se evalúa el daño de la edificación a partir de cuatro aspectos diferentes pero complementarios: Problemas en el sistema estructural, Estado de conservación, Reparación de daños anteriores y Sistema de recolección de aguas lluvias. Se clasifica y describe la influencia que tienen los daños detectados en la estabilidad de la estructura y su relación con la seguridad de sus ocupantes.

SECCION 5. ESTADO DE DAÑO DE LA ESTRUCTURA																																																																	
1. PROBLEMAS EN EL SISTEMA ESTRUCTURAL																																																																	
ELEGIR DE LA TABLA EL ELEMENTO ESTRUCTURAL QUE SE ENCUENTRE AFECTADO CON SU RESPECTIVO PROBLEMA Y COLOCARLOS EN LAS CASILLAS DE EN FRENTE																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ELEMENTO AFECTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. PISOS</td> <td>3. TECHOS</td> <td>5. CANALETAS</td> </tr> <tr> <td>2. MUROS</td> <td>4. ENTREPIOS</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3">PROBLEMA</th> </tr> <tr> <td>1. HUMEDADES</td> <td>3. FISURAS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.1 EMPOZAMIENTOS</td> <td>4. GRIETAS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.2 AFLORAMIENTOS</td> <td>5. DESPLAZAMIENTOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. ASENTAMIENTOS</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		ELEMENTO AFECTADO			1. PISOS	3. TECHOS	5. CANALETAS	2. MUROS	4. ENTREPIOS		PROBLEMA			1. HUMEDADES	3. FISURAS		1.1 EMPOZAMIENTOS	4. GRIETAS		1.2 AFLORAMIENTOS	5. DESPLAZAMIENTOS		2. ASENTAMIENTOS			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> <th>V</th> <th>OTRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ELEMENTO</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>PROBLEMA</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DIMENSION</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DIRECCION</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>						I	II	III	IV	V	OTRO	ELEMENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PROBLEMA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DIMENSION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DIRECCION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ELEMENTO AFECTADO																																																																	
1. PISOS	3. TECHOS	5. CANALETAS																																																															
2. MUROS	4. ENTREPIOS																																																																
PROBLEMA																																																																	
1. HUMEDADES	3. FISURAS																																																																
1.1 EMPOZAMIENTOS	4. GRIETAS																																																																
1.2 AFLORAMIENTOS	5. DESPLAZAMIENTOS																																																																
2. ASENTAMIENTOS																																																																	
	I	II	III	IV	V	OTRO																																																											
ELEMENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																											
PROBLEMA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																											
DIMENSION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																											
DIRECCION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																											
2. ESTADO DE CONSERVACION ESTRUCTURAL BUENO (MENOR DE 10%) <input type="radio"/> REGULAR (DE 10 A 50%) <input type="radio"/> MALO (MAYOR DE 50%) <input type="radio"/>		3. REPARACION DE DAÑOS ANTERIORES TOTAL <input type="radio"/> PARCIAL <input type="radio"/> NO SE HA REPARADO <input type="radio"/> NO SE REPORTAN DAÑOS <input type="radio"/>		4. SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS CONEXIONES AGUAS SERVIDAS DEL MPIO <input type="radio"/> CONEXIONES IMPROVISADAS <input type="radio"/> NO SON RECOGIDAS <input type="radio"/>																																																													

PROBLEMAS EN EL SISTEMA ESTRUCTURAL

Esta parte de la encuesta permite identificar los daños que cada estructura presenta identificando los elementos que se encuentran afectados con su respectiva dimensión dada en metros y dirección expresada como horizontal (H), vertical (V) o diagonal (D).

De la tabla se seleccionan tanto los elementos como los problemas, y se colocan cuadros en frente de la palabra que lo indique en forma de número. Si se encuentran fisuras en los muros de una vivienda se completa la Tabla como se muestra en la figura a continuación

ELEMENTO	1
	2
PROBLEMA	3
	4
DIMENSION	0.60 mts
DIRECCION	H

Los daños que se presentan en elementos no estructurales, por lo general no implican peligro para la estabilidad de la estructura, pero sí pueden poner en peligro la vida de los ocupantes, aunque en algunos casos este peligro puede minimizarse con medidas de seguridad de fácil y rápida aplicación. Es el caso de cubiertas, escaleras, fachadas, antepechos, muros divisorios, tanques elevados, etc. los cuales se consideran como objetos de esta inspección, el conjunto de la estructura y los materiales acabados (tejas, madera, ladrillo, laminas de asbesto cemento, zinc, plástico, etc.). Las fallas en estos elementos pueden representar un gran peligro por la posible caída de elementos por partes, por este motivo, el riesgo en los elementos no estructurales se evalúa teniendo en cuenta si están desprendidos o tienen la posibilidad de caerse.

Algunos de los problemas estructurales que pueden presentarse en las construcciones de la zona de estudio son humedades como afloramientos o como empozamientos de agua, fisuras, grietas, asentamientos y desplazamientos

HUMEDADES

Las humedades que pueden detectarse son debidas a la filtración de agua por un elemento estructural o por la acumulación de la misma en un sector determinado de la construcción, de estos se determina la causa realizando una inspección general, identificando posibles fugas de agua o elementos que no se encuentren adecuadamente impermeabilizados si tienen contacto directo con el terreno.



Ejemplos de humedades en muros

FISURAS Y GRIETAS

ELEMENTOS EN CONCRETO

En vigas se pueden presentar principalmente fallas por flexión, cortante, una combinación de ambas, pandeo del refuerzo longitudinal o falla por adherencia. Cuando solo ocurren grietas a flexión, la fluencia del acero en tensión se concentra a través de grietas críticas. Las grietas de tensión diagonal se forman en los miembros debido a la presencia de fuerzas cortantes relativamente grandes que actúan en conjunto con la flexión. El esfuerzo principal de tensión, desarrollado como resultado de los esfuerzos combinados de cortante y flexión, se ubica formando un ángulo con el eje del miembro y produce grietas de tensión diagonal. Este tipo de agrietamiento es aceptable bajo condiciones de carga de servicio, siempre que los anchos de las grietas no excedan los indicados de la Tabla siguiente:

NIVEL DEL DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
Ninguno / muy leve	Algunas fisuras de ancho menor a 0.2mm, casi imperceptibles sobre la superficie de concreto.
Leve	Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0mm sobre la superficie de concreto
Moderado	Grietas con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del concreto, pérdida incipiente del recubrimiento
Fuerte	Agrietamiento notable del concreto, pérdida del recubrimiento y exposición de las barras de esfuerzo longitudinal.
Severo	Degradación y aplastamiento del concreto, agrietamiento del núcleo y pandeo de las barras de refuerzo longitudinal.

Descripción de los niveles de daño en elementos de concreto reforzado.



Ejemplos de muros con fisuras y grietas

Otro tipo de falla que se presenta en columnas y también en vigas es la debida al deslizamiento del refuerzo, la cual se conoce como falla de adherencia y se caracteriza por que la resistencia se alcanza cuando se presentan extensos agrietamientos longitudinales al nivel de acero a tensión.



Ejemplo de muros con grietas

Las conexiones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga-columna (nudos), el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas de adherencia y anclaje de refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión.



Problemas en uniones viga-columna

ELEMENTOS EN MAMPOSTERIA

La evaluación de los daños en las edificaciones de mampostería depende del tipo de mampostería utilizada así como del sistema de refuerzo, por ejemplo confinada, con refuerzo interior o no reforzada.

De manera general y para fines de realizar la evaluación de daños y de seguridad estructural de las edificaciones de mampostería, se puede considerar que en estas estructuras ocurren los siguientes tres tipos de falla: por carga axial, por flexión o por cortante. Es importante conocer bajo que características se presenta cada uno de estos tipos de falla para poder realizar una evaluación a conciencia.



Falla presentada en muros de mampostería

Antes de agrietarse, la mampostería experimenta deformaciones laterales bajas y tiene un comportamiento elástico lineal. Inmediatamente después del agrietamiento, su comportamiento dependerá de la cantidad y disposición del refuerzo. Si se cuenta con refuerzo suficiente en las columnetas de confinamiento o en el interior del muro, el muro es capaz de soportar altos niveles de carga con deformaciones laterales importantes antes de llegar al colapso. En la etapa inicial de agrietamiento aparecen las primeras grietas diagonales en la parte media del muro, las cuales son casi imperceptibles siendo niveles leves.

Por carga axial

La falla por carga axial se presenta debido a incrementos importantes de carga vertical, por lo cual la mampostería se aplasta. Este tipo de falla es difícil que ocurra dependiendo del área que tengan los muros para resistir cargas verticales elevadas. Puede favorecer este tipo de desgaste de las piezas que están sometidas a la intemperie o que las piezas sean de baja calidad.

Por flexión

Las grietas por flexión suelen aparecer súbitamente, pues la mampostería al igual que el concreto presenta muy baja capacidad a la tensión. Estas grietas se manifiestan de forma horizontal en los extremos del muro.



Ejemplos de falla por flexión

Por cortante

La falla por esfuerzo cortante se presenta de diversas formas: un tipo de grieta es diagonal y se prolonga únicamente a través de las juntas de mortero, mientras que el otro tipo de grieta se presenta casi recta rompiendo las piezas de mampostería.



Ejemplos de falla por cortante

ASENTAMIENTOS

Cuando la edificación presenta problemas de hundimiento con relación a la superficie del suelo, esta condición se conoce como asentamiento y puede tener su causa por fallas presentadas en la cimentación y/o en el suelo. Pueden existir otros casos en que se presentan asentamientos diferenciales por comportamiento no homogéneo de los suelos o de la cimentación sobre la cual se apoya la construcción provocando una serie de inclinaciones que afectan el comportamiento estructural de la edificación.



Ejemplos de pisos con asentamientos

Entre los fenómenos más comunes que generan asentamientos del suelo está la subsidencia, la cual se manifiesta por medio de hundimientos diferenciales del terreno, sin evidenciar una componente horizontal clara o importante de movimiento. El proceso de subsidencia es tan solo la expresión superficial, y último paso, de una gran variedad de mecanismos subsuperficiales de índole natural, que en algunos casos pueden ser acelerados e incluso iniciados por actividades antrópicas que involucran excavaciones, carga, o cambios en el régimen del agua (Allen, A.S., 2000).

El termino subsidencia incluye tanto procesos de hundimiento lento como colapsos súbitos en la superficie del suelo, cualquiera sean las dimensiones del área afectada, la tasa de desplazamiento o su mecanismo de origen. La subsidencia de materiales superficiales puede ocurrir por las siguientes causas: tuberías de desagües perforados, ya que los escapes de agua pueden erosionar los cimientos; las obras subterráneas tales como, las minas fuera de uso y el apisonamiento de terraplenes; la vegetación, ya que los árboles robustos absorben el agua durante los periodos secos, etc.

DESPLAZAMIENTOS

Por ultimo, este tipo de problema esta muy relacionado con los asentamientos ya los movimientos diferenciales del suelo hacen que las estructuras cedan de forma horizontal. La mayoría de veces, estos movimientos son originados por asentamientos no provocados en el sitio que hacen que la estructura que se encuentra cercana se desplace

en dirección del hundimiento. Estos problemas son comunes en lugares donde los problemas de erosión y remoción en masa se presentan, provocando que la acción del movimiento sea lenta pero efectiva.



Ejemplos de estructuras con desplazamientos



Ejemplos de estructuras con desplazamientos

ESTADO DE CONSERVACION

Los elementos estructurales que se evalúan dependen del sistema estructural con que cuenta la edificación. Para cada edificación se hace una revisión total y se registran los

daños existentes y el elemento donde se localiza. A partir de la información del daño que se presenta en cada tipo de elemento y la de los demás elementos estructurales involucrados se obtiene la noción de la gravedad del daño en el piso o la planta de mayores daños.

El porcentaje de daños se determina como la proporción entre el número, área o longitud de elementos afectados y el número, área o longitud total de elementos de ese tipo en el piso. Para este caso se realizó una diferenciación entre tres tipos de estado: Bueno si es menor del 10%, Regular si esta entre el 10 y el 50% y Malo si es mayor del 50%

Generalmente, el sistema estructural se encuentra oculto por elementos divisorios, de recubrimiento o elementos no estructurales. Debe examinarse cada piso, así como los sótanos, escaleras y otras áreas que por estar expuestas permiten observar claramente el sistema estructural.

REPARACION DE DAÑOS ANTERIORES

La evaluación de los daños y la reparación o no de los mismos, permite determinar si la estructura ya se encontraba debilitada previamente o hubo intenciones que no disminuyeron su vulnerabilidad generando problemas de rigidez o de configuración estructural adicionales, o por el contrario, proporcionaron a la estructura mejores condiciones de estabilidad y resistencia. Esto se evalúa determinando el estado de la construcción entre las opciones de reparación total o parcial, si no se han realizado reparaciones o si hasta el momento no se han reportado ningún tipo de daños.

RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS

En esta sección, se evalúa el sistema de recolección de aguas lluvias. Es importante conocer el manejo que cada predio le hace a este servicio, ya que la presencia de fugas o malos manejos pueden activar los problemas relacionados con los fenómenos de remoción en masa. Este sondeo incluye la inspección del estado y funcionamiento de las canaletas utilizadas, teniendo en cuenta si se unen con la red de alcantarillado del municipio, si son improvisadas o si, en el más crítico de los casos, no son recogidas.

SECCION 6

CONDICIONES DE LOS FENOMENOS DE REMOCION EN MASA

En este ítem se busca realizar una descripción de las condiciones del terreno de cada predio para hacer una evaluación de la afectación total (tanto de la construcción como de la parte del predio que es solar) teniendo presentes factores detonantes que pueden aumentar la intensidad de los procesos.

Es posible que la cercanía a un tipo de movimiento característico, afecte la seguridad de la edificación o que, debido a la proximidad de este, la estructura pueda ver comprometida su estabilidad. El agrietamiento del suelo en una ladera puede ser indicio de que un deslizamiento esta próximo a ocurrir y puede comprometer la seguridad de la edificación.

SECCION 6.CONDICIONES DE LOS FENOMENOS DE REMOCION EN MASA EN EL PREDIO				
1.MORFOMETRIA DEL PREDIO	2.PENDIENTE DEL PREDIO	3.TIPO DE MOVIMIENTO	4.FACTOR DETONANTE	5.GRADO DE AFECTACION
LADERA <input type="radio"/>	PLANO (MENOR DE 5°) <input type="radio"/>	REPTACION <input type="radio"/>	LLUVIAS <input type="radio"/>	GENERAL (MAYOR DE 40%) <input type="radio"/>
PIE DE LADERA <input type="radio"/>	LEVEMENTE INCLINADA (5° A 10°) <input type="radio"/>	FLUJOS <input type="radio"/>	SISMO <input type="radio"/>	PARCIAL (DE 10 A 40%) <input type="radio"/>
CRESTA DE LADERA <input type="radio"/>	INCLINADA (DE 10° A 20°) <input type="radio"/>	DESPLAZAMIENTO <input type="radio"/>	ACCION ANTROPICA <input type="radio"/>	PUNTUAL (MENOR DE 10%) <input type="radio"/>
ZONA PLANA <input type="radio"/>	MODERADAMENTE ABRUPTO(20° A 30°) <input type="radio"/>	CAIDA <input type="radio"/>	OTRO _____	NINGUNO <input type="radio"/>
TALUD <input type="radio"/>	ABRUPTO (30° A 40°) <input type="radio"/>	NINGUNO <input type="radio"/>		
OTRO _____	ESCARPADO (MAYOR DE 40°) <input type="radio"/>			

MORFOMETRIA DEL SITIO

La morfometría del sitio permite la descripción de la posición topográfica de la edificación, por medio de denominaciones como ladera, cresta de ladera, pie de ladera, zona plana y talud. Esta última se tendrá en cuenta cuando se trate de cortes del terreno realizados antrópicamente, para desarrollo vial, urbano o algún otro tipo de intervención.

PENDIENTE

Por medio del rango utilizado en el esquema de ordenamiento territorial, se establecerá de forma cualitativa, durante la inspección en campo, el grado dominante de pendiente tanto del sector donde se localiza la construcción como la que no esta construida y es la que complementa el predio

Clasificación	Descripción
plano	Menor de 5%
Levemente Inclinada	Entre 5 y 10%
Inclinada	Entre 10 y 20%
Moderadamente Abrupto	Entre 20 y 30%
Abruto	Entre 30 y 40%
Escarpado	Mayor de 40%

TIPO DE MOVIMIENTO

Considerando el caso de Jesús María y la relación de sus problemas de geoinestabilidad con los efectos de la erosión y los fenómenos remoción en masa, se hace una verificación de la presencia de algún tipo de movimiento en el predio. Es esencial además, atender los comentarios de los habitantes ya que estos tipos de movimientos se presentan a largo plazo y es importante registrar si con el paso del tiempo estas personas han percibido cambios trascendentales en el terreno.

FACTOR DETONANTE

En cuanto a los movimientos en masa, se establecieron tres (3) grupos en los que se pueden clasificar los agentes detonantes de los fenómenos de remoción en masa: las lluvias, los sismos y la acción antrópica. Dependiendo del caso en estudio, la lista de agentes detonantes cambia, es por eso necesario, recopilar información primaria para establecer que tipo de problemas afectan el área de aplicación de la encuesta y los posibles factores causan su desarrollo.

GRADO DE AFECTACION

En este campo el inspector debe considerar el porcentaje del área afectada con relación al área total de la edificación. Este porcentaje se estima teniendo en cuenta los daños estructurales y no estructurales de la edificación y su relación con los problemas detectados en el área libre sin construir. Los criterios para realizar la evaluación y la forma final de asignación del grado de afectación en la tabla continuación:

SIGNOS VISIBLES PARA EVALUAR EL GRADO DE AFECTACIÓN	
MENOR	El fenómeno presenta evidencias de estar alcanzando su estabilidad y no muestra signos particulares de deterioro o avance ya sea sobre la masa desplazada o sobre la infraestructura relacionada
PROBABLE	Aunque el fenómeno presenta evidencias de estar alcanzando su estabilidad y no muestra signos particulares de deterioro o avance ya sea sobre la masa desplazada o sobre la estructura relacionada, su entorno muestra condiciones desfavorables para alcanzar su equilibrio
MUY PROBABLE	Se presentan signos tales como grietas de tensión, desniveles y escarpes en avance lento, se evidencian escalonamientos, grietas o deformación de obras civiles, aporte moderado a bajo de aguas hacia la masa inestable. Así mismo cuando se pueden diferenciar masas o bloques moderadamente inestables al colapso o deslizamiento, ya sea por la falencia estructural (materiales sueltos o friables, materiales con pérdida de matriz o alto fracturamiento) o por la posición relativa en la ladera bajo la acción de la componente tangencial de la gravedad que evidencian potencial de reactivación a mediano plazo.
INMINENTE	Se presentan signos muy recientes.

NIVEL DE DAÑO	
GENERAL MAYOR DE 40%	El fenómeno geotécnico produjo fallas severas en las estructuras de cimentación o existen problemas de hundimiento, deformación, inclinación o asentamiento en la edificación. Cuando la edificación, habiendo sufrido daño o no, se encuentra localizada sobre o muy cerca al área de influencia potencial por avance o reactivación del fenómeno
PARCIAL DE 10 A 40%	El fenómeno geotécnico produjo fallas moderadas pero sugiere una disminución significativa de la capacidad del suelo para resistir las cargas verticales de la edificación. Cuando la edificación, aparte de haber sufrido daño o no, se encuentra localizada a cierta distancia, que aun no es suficiente para excluirla del área de influencia potencial por avance o reactivación del fenómeno.

NIVEL DE DAÑO	
PUNTUAL	El fenómeno geotécnico es puntual y es evidente en la construcción. la estructura no se encuentra localizada en el área de influencia del fenómeno, pero si en sus proximidades y no existen claramente condiciones que hagan la ocupación de la edificación insegura, pero se recomiendan algunas medidas de carácter preventivo ya que es probable la reactivación
NINGUNO	Cuando el fenómeno no produjo daños sobre la edificación y ha sido clasificado con probabilidad menor de reactivación

SECCION 7

OCUPACION DE LA ESTRUCTURA

SECCION 7.OCUPACION DE LA ESTRUCTURA			
SI LA ESTRUCTURA TIENE FUNCION RESIDENCIAL			
1.NUMERO DE HABITANTES		2.HABITANTES ENFERMOS	
MENORES DE 2 AÑOS <input type="radio"/>	DE 10 A 70 AÑOS <input type="radio"/>	SI	CUANTOS <input type="text"/>
DE 3 A 9 AÑOS <input type="radio"/>	MAYORES DE 70 AÑO <input type="radio"/>	NO	EDAD <input type="text"/>

Para efectos de la aplicación de las recomendaciones y medidas de seguridad, se debe conocer si la edificación está o no ocupada clasificando a los habitantes en rangos según la edad y teniendo en cuenta si hay habitantes enfermos. Estos rangos determinarán si en una eventual evacuación de la edificación todos los ocupantes tienen la misma facilidad y disponibilidad para movilizarse y así poder realizar una evaluación de vulnerabilidad de las vidas de los habitantes de cada construcción.

SECCION 8

PERSONA PARA CONTACTO

SECCION 8.PERSONA PARA CONTACTO _____	
NOMBRE _____	
CEDULA _____	NUMERO TELEFONICO _____

El nombre y el número de identificación de una persona para contacto en la edificación, sirven para cualquier diligencia posterior que se pueda realizar, ya que se puede pedir actualización de información, autorización para visitas futuras y además para facilidad en el registro por predio y la correspondiente búsqueda en la base de datos.

SECCION 9

COMENTARIOS

SECCION 9.COMENTARIOS	
AMPLIAR LA INFORMACION DE LOS OBSERVADORES SOBRE ALGUNA SECCION EN ESPECIAL	
SECCION	COMENTARIO

En esta sección se debe ampliar la información de la evaluación realizada con observaciones que ayuden a darle claridad a la encuesta y explicar los motivos principales de la identificación y de los posibles daños detectados. Se indica en el lado izquierdo la sección a la cual hace referencia el comentario o recomendación.

SECCION 10

ESQUEMA

En esta sección se realiza un bosquejo si es necesario, donde se muestre la ubicación de la edificación, su regularidad o irregularidad de aquellos detalles que se considere importante resaltar.

SECCION 11

FOTOGRAFIAS

Para una mejor y fácil identificación, es pertinente tomar una foto primordialmente de la fachada como referencia y los daños que se consideren más importantes. También se debe indicar el número de fotos tomadas y la referencia de la numeración.

SECCION 12

INSPECTORES Y FECHA DE INSPECCION

Cada evaluador debe colocar su registro ya sea nombre completo o código asignado dependiendo de la cantidad de evaluadores con su firma. En la parte derecha se indica la fecha en la que fue elaborada la encuesta.

OBSERVACIONES FINALES

Es importante aclarar que la forma como sean evaluados los resultados obtenidos de esta encuesta, depende de los requerimientos del estudio que se realice. Para este caso en particular, debe tenerse en cuenta, que el fin de la obtención de información directa de las características prediales de la cabecera municipal de Jesús María es la evaluación de la vulnerabilidad de la zona frente a los procesos de erosión y remoción en masa.

De esta manera, la estimación de la vulnerabilidad se efectúa al darle a las secciones de la encuesta que están directamente relacionadas con la estructura, el daño presentado y las condiciones de los FRM un porcentaje que sume el 100% (Seccion1=30%, Seccion3=70%). Cada pregunta incluida en estas secciones será evaluada con un valor de 0 a 1. Al finalizar, cada predio tendrá una evaluación de 0 a 1 considerando que un puntaje de 1 es un caso crítico de afectación mayor.

ANEXO E

Mapas temáticos de la zona urbana y expansión urbana de Jesús María, Santander.

Mapas Índice

A- Formas de la Pendiente

B- Afloramientos de agua subterránea

Mapas temáticos

Mapa Topográfico

Mapa Geológico

Mapa morfométrico

Mapa Morfodinámico

Mapa Morfológico

Mapa de Zonificación Geotécnica

Mapa de Amenazas Naturales

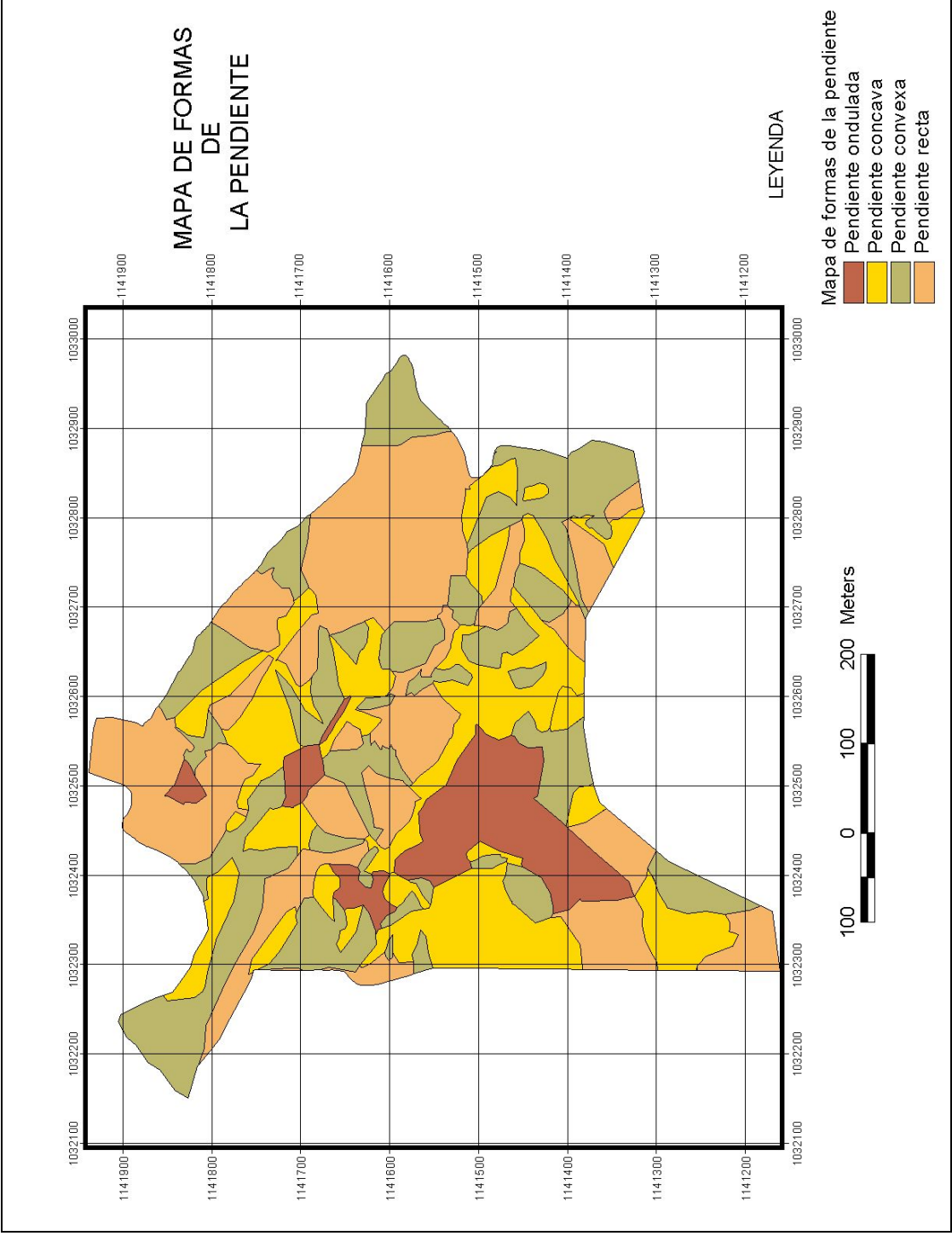
Mapa de Tipologías estructurales

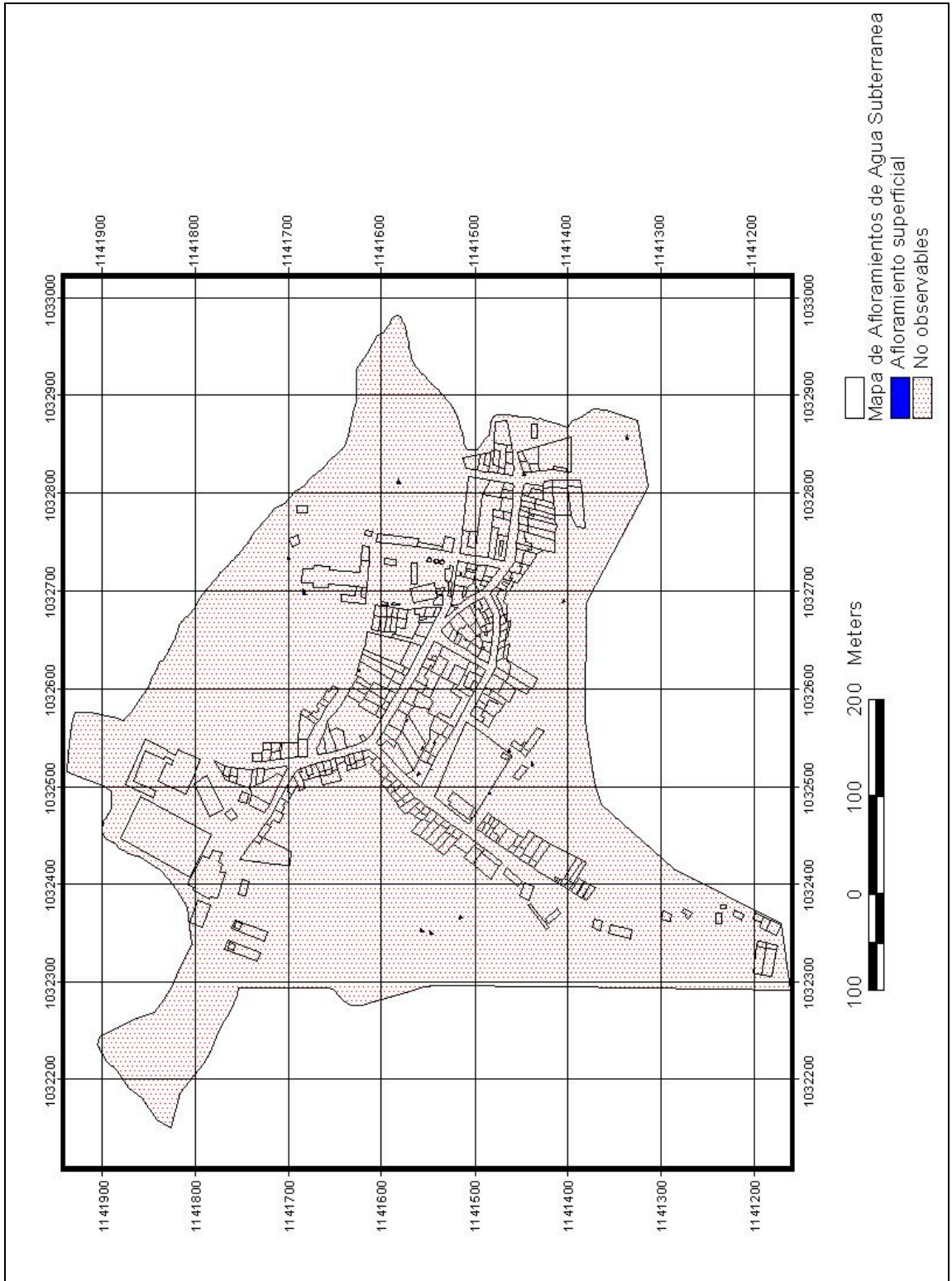
Mapa de Grados de Afectación

Mapa de Obras Civiles

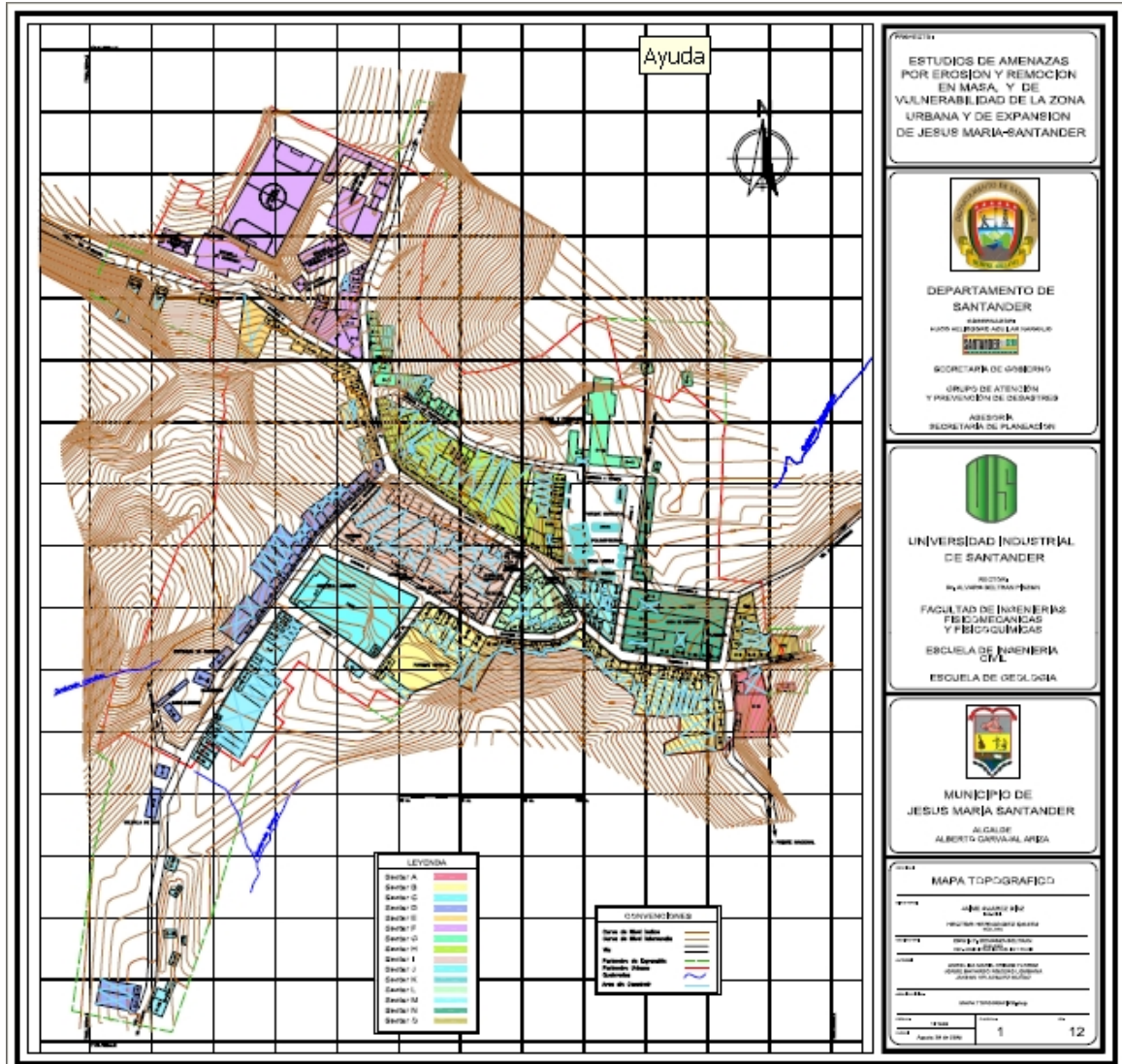
Mapa de Vulnerabilidad

Mapa de Riesgo

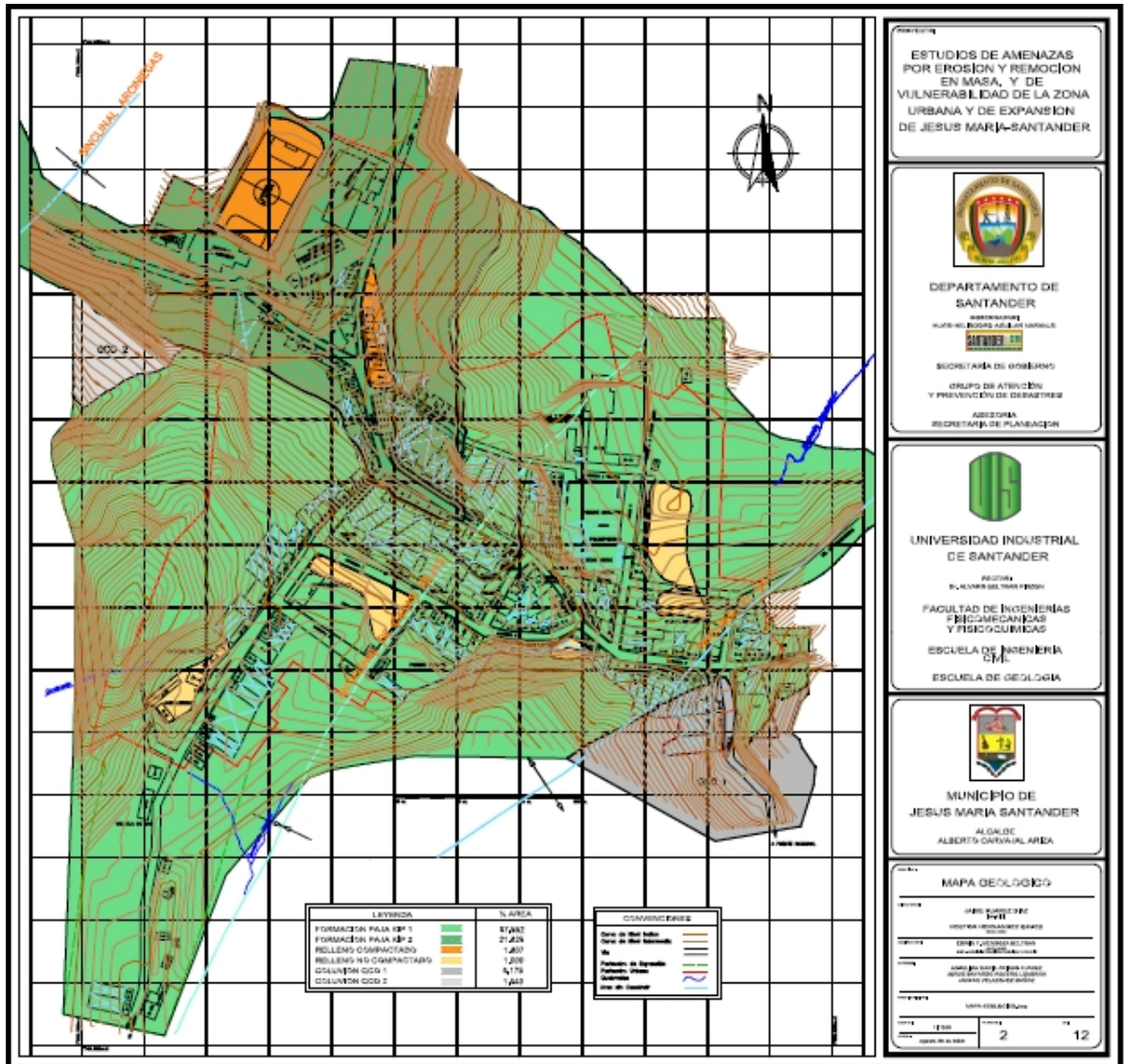




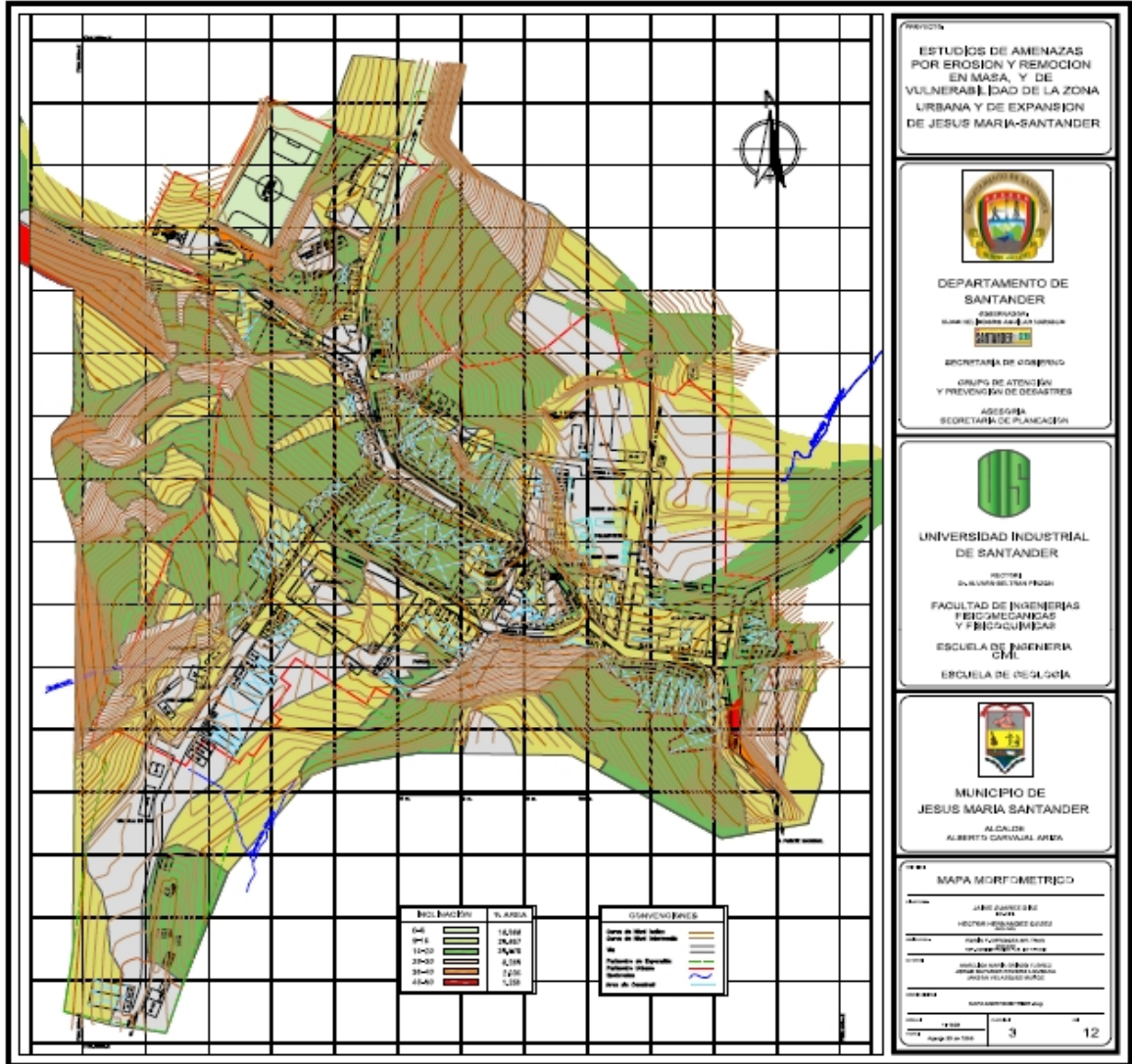
MAPA TOPOGRAFICO



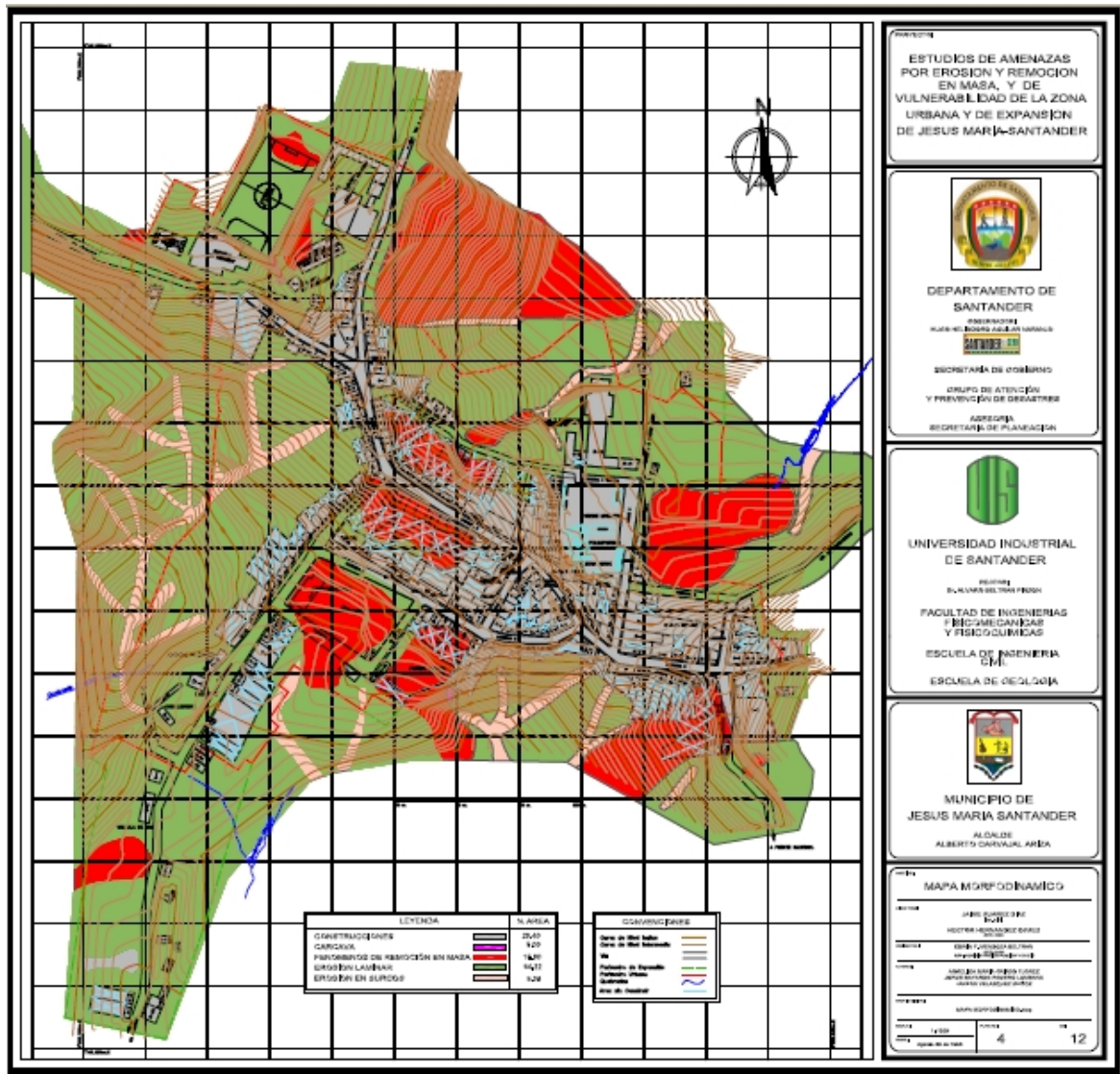
MAPA GEOLOGICO



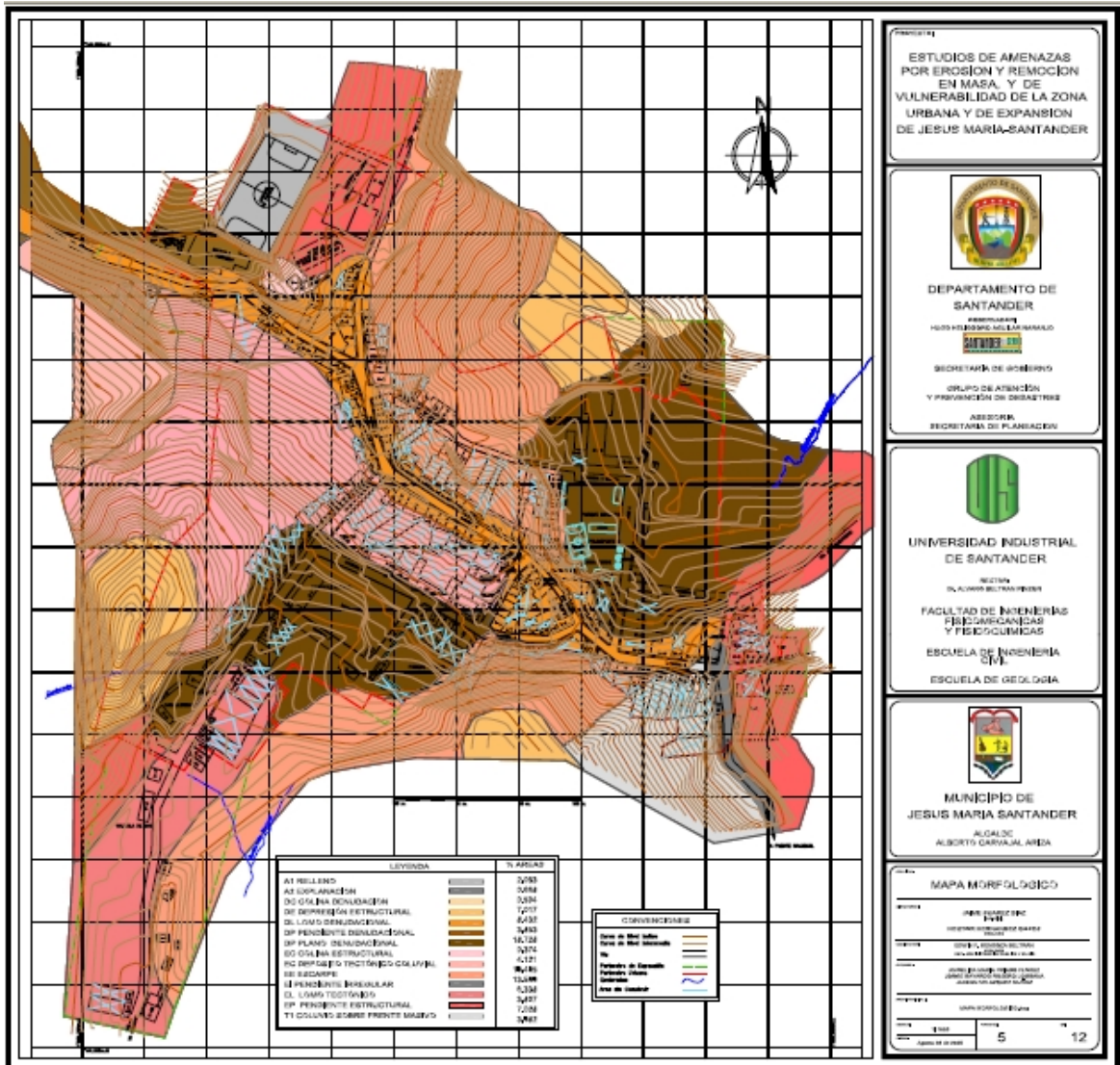
MAPA MORFOMETRICO



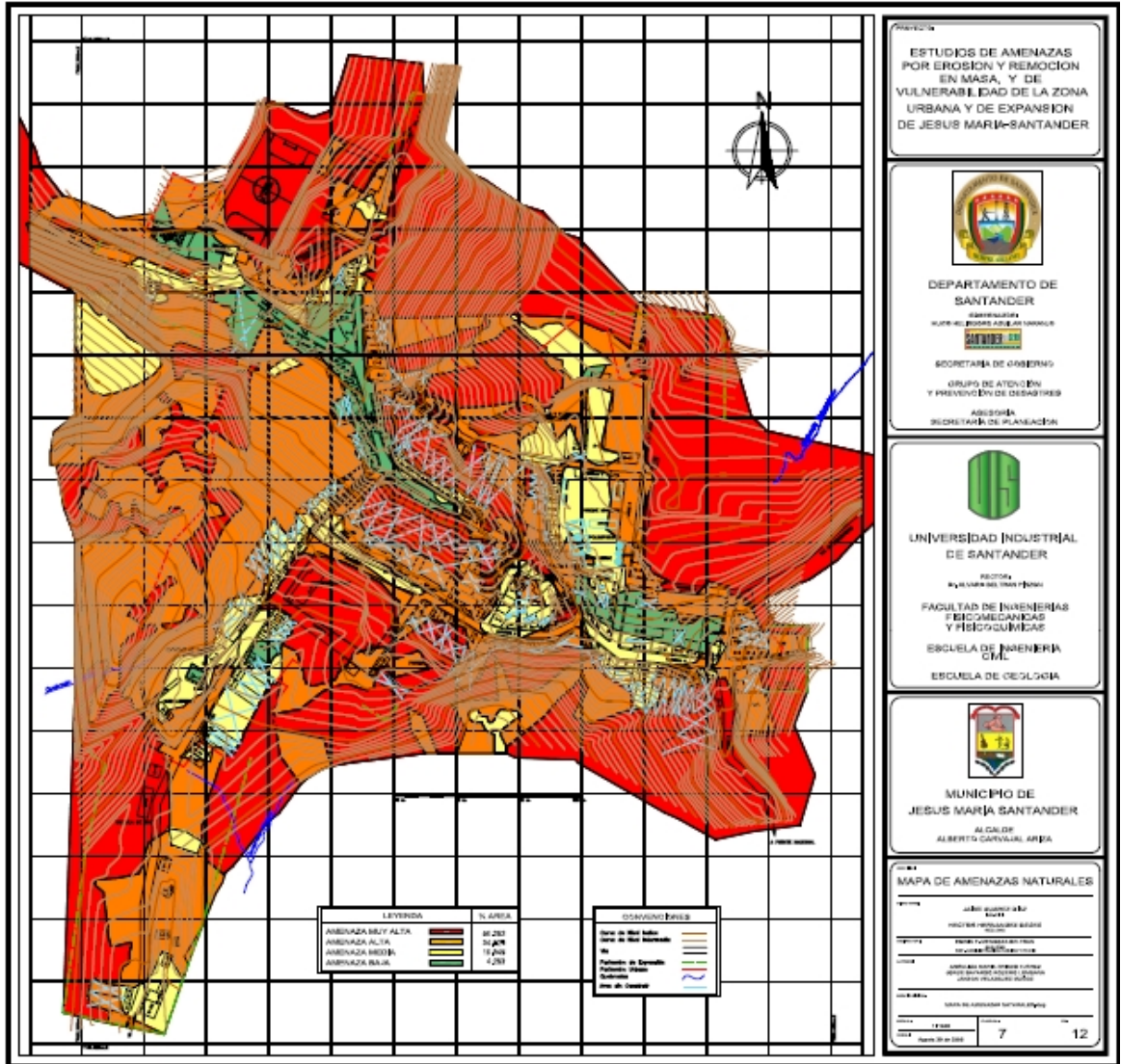
MAPA MORFODINAMICO



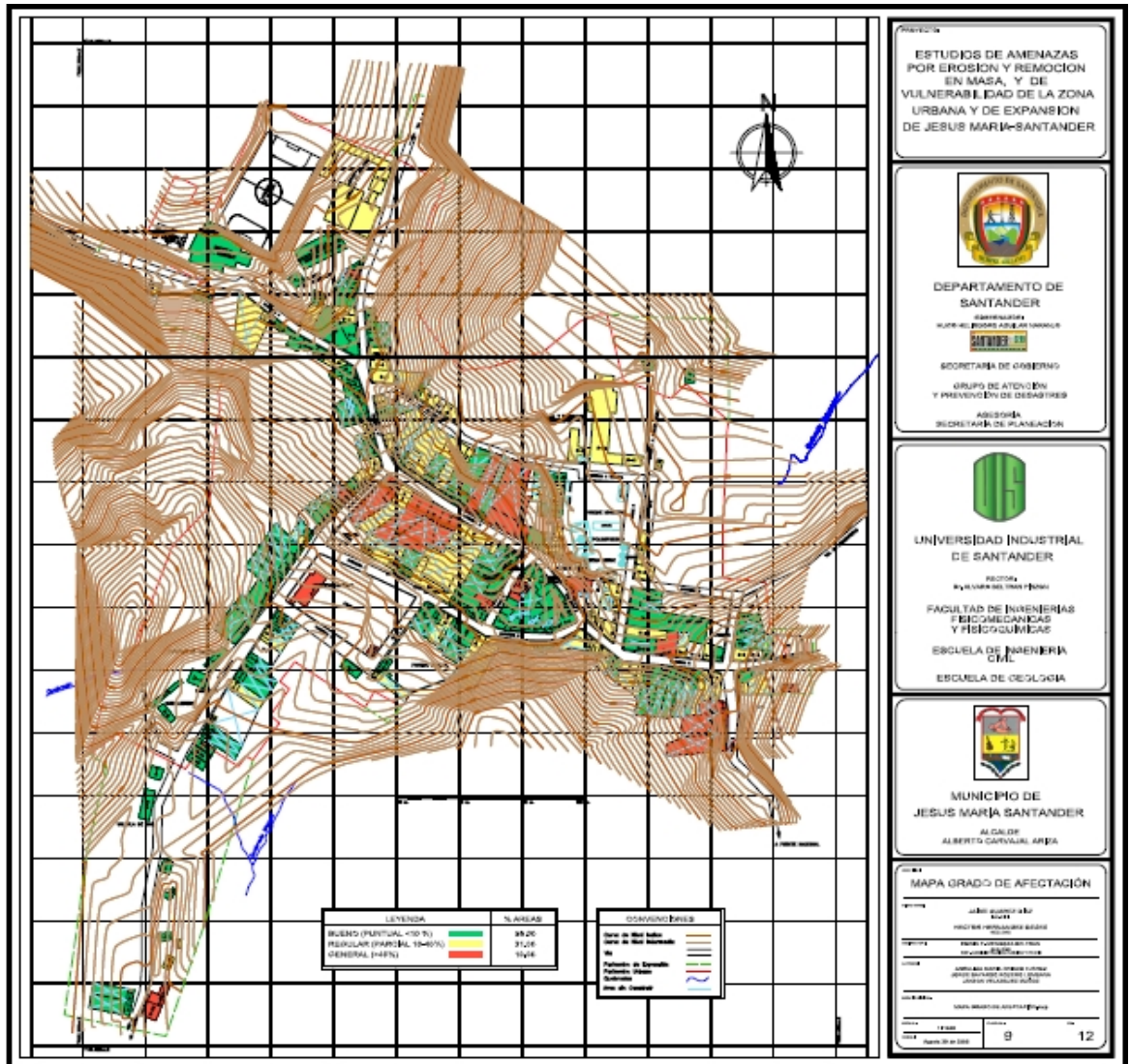
MAPA MORFOLOGICO



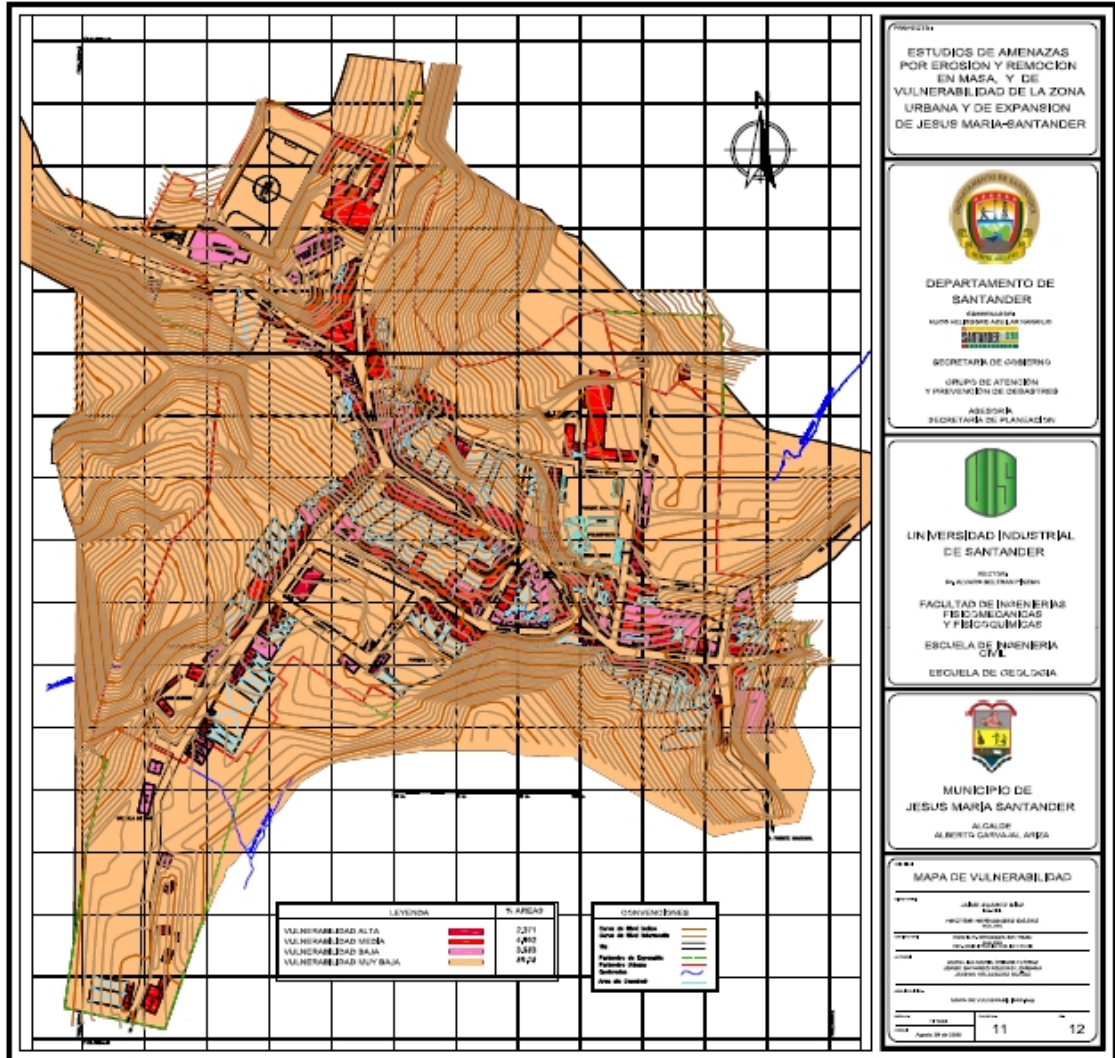
MAPA DE AMENAZAS NATURALES



MAPA DE GRADO DE AFECTACION



MAPA DE VULNERABILIDAD



MAPA DE RIESGO

