

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA PARA EL TRAZADO DE LA
CARRETERA POR EL CAÑÓN DEL CHICAMOCHA, COMO PARTE
INTEGRAL DEL CORREDOR VIAL BUCARAMANGA-LLANOS
ORIENTALES.**

**SERGIO AUGUSTO LÓPEZ ORTEGA
HÉCTOR HENRIQUE RETAMOSO LLAMAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2005

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA PARA EL TRAZADO DE LA
CARRETERA POR EL CAÑÓN DEL CHICAMOCHA, COMO PARTE
INTEGRAL DEL CORREDOR VIAL BUCARAMANGA-LLANOS
ORIENTALES.**

**SERGIO AUGUSTO LÓPEZ ORTEGA
HÉCTOR HENRIQUE RETAMOSO LLAMAS**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingenieros Civiles**

Director

**HERNÁN PORRAS DÍAZ
Ingeniero Civil, Msc, Phd**

Codirector

**VÍCTOR MANUEL CASTELLANOS NIÑO
Ingeniero Vías y Transportes, Msc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2005

*A Dios,
por ser la luz que me muestra el camino a seguir.*

*A mi padre Clemente Antonio,
porque gracias a su esfuerzo y apoyo
he conseguido todos mis logros,
y se que siempre será la guía que necesito en mi vida.*

*A mi madre Miryam,
Quien con su amor incondicional,
ayudó a formar al hombre que soy hoy en día.*

*A mis hermanos Alonso y Claudia,
quienes siempre fueron un ejemplo
de responsabilidad y dedicación para mi.*

*A mi compañero y amigo Sergio Augusto,
quien lucho junto a mí durante este año
para la culminación de este gran logro*

*A Ana Maria,
porque llego a mi vida en el momento que más la necesitaba.*

*A los buenos amigos,
porque son difíciles de encontrar...*

HÉCTOR HENRIQUE

*A Dios nuestro creador,
fuente de toda inspiración para alcanzar este logro.*

*A mi padre Emiro,
quien a pesar de todas los problemas
siempre estuvo ahí dispuesto con sus consejos,
para darme animo y apoyarme en los momentos más difíciles.*

*A mi madre María Elizabeth,
porque gracias a su trabajo y sacrificio,
he alcanzado mi mayor logro.
Depositaste en mi toda tú confianza hoy la vez recompensada...*

*A mis hermanos Fabián y José,
quienes siempre creyeron en mi,
y nunca se alejaron cuando el camino fue oscuro....*

*A mis Abuelitos José y Adela,
quienes con sus oraciones y buenos deseos
me iluminaron el camino.*

*A mi gran amigo y compañero de proyecto Héctor Henrique,
por permitirme compartir en los buenos y malos momentos,
cuenta con migo siempre.*

*A Alex y Cesar,
quienes más que compañeros de estudio
son esos verdaderos amigos que todos queremos tener,
gracias por tantos momentos de alegría.*

*A Patico por cruzarse en mi vida,
permitir que renaciera en mi una nueva ilusión.*

SERGIO AUGUSTO

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Hernán Porras Díaz quien en su calidad de director del proyecto nos brindo todos sus conocimientos y apoyo en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Al ingeniero Víctor Manuel Castellanos quien en su calidad de codirector del proyecto nos ofreció su valiosa colaboración.

Al Grupo de Investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas quienes nos proporcionaron los medios necesarios para el desarrollo de las diferentes labores que fueron necesarias para la culminación del proyecto.

A los ingenieros Sergio Manuel Pineda y Sandra Rocío Villamizar por su constante apoyo.

Al Ingeniero Fabio Hernando Esparza por la orientación recibida en el manejo de la herramienta utilizada para el desarrollo del proyecto.

A la Secretaria de Planeación de la Gobernación de Santander y a la Corporación Autónoma de Santander por la información suministrada.

A todos nuestros familiares y amigos que lucharon junto a nosotros a lo largo de todos estos años de estudio, para la consecución de este gran logro.

CONTENIDO

	pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL TRABAJO DE GRADO</u>	4
1.1. TÍTULO	5
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	12
<u>2. MARCO CONCEPTUAL</u>	18
2.1. ETAPAS EN EL ESTUDIO DE PREINVERSIÓN DE UNA VÍA	19
2.1.1. Justificación del proyecto	24
2.1.2. Definición y clasificación de una carretera	29
2.1.3. Estudio de Prefactibilidad Vial	35
2.2. HERRAMIENTA DE APOYO PARA LA SELECCIÓN DE CORREDORES VIALES PRODIVIAL	48

2.2.1. Generalidades de la herramienta	48
2.2.2. Datos necesarios para procesamiento	51
2.2.3. Pasos para la ejecución de la herramienta	55
2.3. OTRAS HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS UTILIZADAS	65
2.3.1. Arcview	65
2.3.2. Arcinfo	65
2.3.3. Eagle Point 97	66
<u>3. ZONA DE INFLUENCIA</u>	<u>67</u>
3.1. ASPECTOS GENERALES	68
3.2. MODELO DIGITAL EN 3D DE LA ZONA DE INFLUENCIA	69
3.2.1. Recopilación de la información cartográfica	69
3.2.2. Procesamiento de la cartografía	74
3.2.3. Elaboración de los temas a incluir en el modelo	77
3.2.4. Elaboración del modelo en 3d	79
3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO VIAL BUCARAMANGA-LLANOS ORIENTALES	82
3.3.1. Aspectos generales	83
3.3.2. Municipios beneficiados por el corredor vial	83
3.3.3. Vías que intervienen en el corredor	90
3.4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA EN SANTANDER	101
3.4.1. Departamento de Santander	102

4. ESTUDIO DEL CORREDOR VIAL **138**

4.1. MUNICIPIOS QUE INTERVIENEN EN LA SELECCIÓN DEL CORREDOR VIAL **139**

4.2. FUENTES DE INFORMACIÓN **142**

4.3. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL ANÁLISIS DEL CORREDOR VIAL. MAPAS TEMÁTICOS **142**

4.3.1. Selección de temas a utilizar en el análisis 143

4.3.2. Unificación de clases 145

4.3.3. Ensamble de mapas 146

4.3.4. Procesamiento de mapas en herramienta SIG Arcinfo 147

4.3.5. Conversión de coberturas en formato Shape de Arcview 155

4.3.6. Almacenamiento de la información 156

4.4. DESCRIPCIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS OBTENIDOS **157**

4.4.1. Aptitud Física 157

4.4.2. Aptitud Ambiental 184

4.4.3. Aptitud Social 201

4.4.4. Mapa de pendientes 229

4.5. VALORACIÓN DE APTITUD DE LAS CLASES DE LOS MAPAS TEMÁTICOS. TABLAS DE PONDERACIÓN **231**

4.5.1. Criterios Generales 232

4.5.2. Formato de las tablas 232

4.5.3. Ponderación de clases 233

4.5.4. Almacenamiento de la información 245

4.6. OBTENCIÓN DE CORREDORES VIALES DE SEGÚN SU APTITUD 245

4.6.1. Inicio de la aplicación	246
4.6.2. Cargar mapas temáticos	247
4.6.3. Cargar tablas de ponderación	248
4.6.4. Asignación de valores de ponderación a las clases de los temas	249
4.6.5. Selección de temas para analizar y clasificación de los mismos. Tipo de análisis.	252
4.6.6. Generación de mapa de aptitud total	255
4.6.7. Selección de zonas óptimas para el trazado de alternativas	258
4.6.8. Problemática con el mapa de pendientes	261

5. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 262

5.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO VIAL 263

5.1.1. Métodos para la estimación del Tráfico	264
5.1.2. Matriz Origen Destino de carga	273
5.1.3. Demanda de la vía	275

5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REQUERIDAS 275

5.2.1. Clasificación de la vía	276
5.2.2. Velocidad de Diseño	276
5.2.3. Alineamiento Horizontal	278
5.2.4. Alineamiento Vertical	278

5.3. TRAZADO DE LÍNEAS DE PENDIENTES 278

5.3.1. Visualización de mapa de aptitud total	279
5.3.2. Visualización de topografía de la zona	279

5.3.3. Selección de corredores óptimos para el trazado de líneas de pendientes	280
5.3.4. Cruces de corrientes de agua	282
5.4. TRAZADO DE ANTEPRELIMINARES MEDIANTE EL USO DE LA HERRAMIENTA EAGLE POINT	283
5.4.1. Interpolación de topografía aledaña a las alternativas	284
5.4.2. Prediseño en Planta de Antepreliminares	285
5.4.3. Prediseño en Perfil de Antepreliminares	291
5.5. EVALUACIÓN DE TRAZADO DE ANTEPRELIMINARES POR CRITERIOS FÍSICOS DE LA ZONA	296
5.5.1. Cargar temas de trazado horizontal de alternativas en la herramienta PRODIVIAL	297
5.5.2. Intersección de diversos mapas temáticos con líneas antepreliminares	299
5.5.3. Consultas de longitudes de afectación de clases de cada mapa temático en alternativas.	300
5.5.4. Cálculo de pesos ponderados de alternativas en cada mapa temático	329
5.5.5. Resumen de resultados obtenidos para los mapas temáticos	346
5.5.6. Aptitud Total	349
5.5.7. Mapa de pendientes	352
5.6. EVALUACIÓN DE TRAZADO DE ANTEPRELIMINARES POR CRITERIOS GEOMÉTRICOS	353
5.6.1. Alineamiento Horizontal	354
5.6.2. Alineamiento vertical	359

5.7. ESTIMACIÓN DE COSTOS APROXIMADOS DE CONSTRUCCIÓN	364
5.7.1. Costos de construcción por tipo de terreno por Kilómetro	364
5.7.2. Distancias por tipo de terreno	364
5.7.3. Costos aproximados de construcción	365
<u>6. CONCLUSIONES</u>	<u>366</u>
<u>7. RECOMENDACIONES</u>	<u>372</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>374</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>376</u>

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Estado de la red vial nacional Junio de 2004.....	7
Tabla 2 Tipos de Estudios de una carretera	24
Tabla 3. Tipos de Terreno.....	33
Tabla 4. Valores de k para cada Tipo de Superficie de Rodamiento	42
Tabla 5. Clasificación de alineamientos en planta y perfil según ISOHDM....	46
Tabla 6. Características de alineamientos en planta y perfil según INVIAS ..	46
Tabla 7. Rangos de pendiente	61
Tabla 8. Tamos del corredor vial propuesto en Santander	93
Tabla 9. Tamos del corredor vial existente en Santander	93
Tabla 10. Tamos del corredor vial propuesto en Boyacá.....	96
Tabla 11. Tamos del corredor vial existente en Boyacá	96
Tabla 12. Tamos del corredor vial propuesto en Casanare	99
Tabla 13. Tamos del corredor vial existente en Casanare.....	99
Tabla 14. Tamos del corredor vial existente en Arauca	100
Tabla 15. Relación de áreas por piso térmico en el Departamento	107
Tabla 16. Características Morfométricas e Hidrográficas del Departamento	107
Tabla 17. Población del Departamento de Santander	109
Tabla 18. Municipios de la zona de estudio del corredor	140

Tabla 19. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Geología.	158
Tabla 20. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Geomorfología	168
Tabla 21. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Fallas.....	182
Tabla 22. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Ambiental.....	186
Tabla 23. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Amenazas.....	194
Tabla 24. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Clima	197
Tabla 25. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Suelos	204
Tabla 26. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Uso Potencial	219
Tabla 27. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Uso Actual.....	225
Tabla 28. Áreas y Descripción de los rangos del Mapa de Pendientes	230
Tabla 29. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Geología	235
Tabla 30. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Geomorfología	236
Tabla 31. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Fallas	238
Tabla 32. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Ambiental.....	239
Tabla 33. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Amenazas.....	240
Tabla 34. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Clima	241
Tabla 35. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Suelos.....	242
Tabla 36. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Uso Potencial.....	244

Tabla 37. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Uso Actual	244
Tabla 38. Volúmenes de Tráfico para corredor existente	266
Tabla 39. Calculo de Tráfico por ponderación de longitudes de tramos	267
Tabla 40. Población de los Municipios involucrados en el Modelo de Tráfico al año 2003.....	269
Tabla 41. Volúmenes de vehículos para cada tramo modelado	270
Tabla 42. Aplicación del Modelo Gravitacional para los autos.....	271
Tabla 43. Aplicación del Modelo Gravitacional para los camiones	272
Tabla 44. Toneladas anuales con destino Llanos Orientales.....	274
Tabla 45. Toneladas anuales con origen Llanos Orientales	274
Tabla 46. Velocidades de Diseño según el Tipo de Carretera y Tipo de Terreno	277
Tabla 47. Velocidades de Diseño según condiciones e transito y tipo de Terreno	277
Tabla 48. Radios Mínimos según Velocidad de Diseño.....	287
Tabla 49. Entretangencia recomendada según Velocidad de Diseño.....	289
Tabla 50. Pendientes Máximas según velocidad de Diseño.....	293
Tabla 51. Valores de K para curvas verticales según velocidad de diseño .	294
Tabla 52. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Geología	330
Tabla 53. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Geomorfología	332
Tabla 54. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Fallas	334

Tabla 55. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Ambiental.....	336
Tabla 56. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Amenazas.....	338
Tabla 57. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Clima.....	339
Tabla 58. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Suelos.....	341
Tabla 59. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Uso Potencial.....	343
Tabla 60. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Uso Actual.....	345
Tabla 61. Resumen de pesos ponderados y calculo de pesos totales de alternativas.....	348
Tabla 62. Porcentajes de Longitud para rangos de aptitud total por alternativa.....	350
Tabla 63. Porcentajes de Longitud para tipo de terreno por alternativa.....	352
Tabla 64. Resultados de evaluación por Tortuosidad para las alternativas.....	354
Tabla 65. Resultados de evaluación por Curvatura horizontal media para las alternativas.....	355
Tabla 66. Curvas con radios menores al mínimo para la Alternativa 1.....	356
Tabla 67. Curvas con radios menores al mínimo para la Alternativa 2.....	358
Tabla 68. Curvas con radios menores al mínimo para la Alternativa 3.....	359
Tabla 69. Resultados de evaluación por Longitud resistente para las alternativas.....	360

Tabla 70. Resultados de evaluación por Subidas más bajadas para las alternativas	361
Tabla 71. Tramos con pendientes mayores a la máxima para la Alternativa 1	362
Tabla 72. Tramos con pendientes mayores a la máxima para la Alternativa 2	363
Tabla 73. Tramos con pendientes mayores a la máxima para la Alternativa 3	363
Tabla 74. Costos de construcción por Kilómetro para cada tipo de Terreno	364
Tabla 75. Longitudes por Tipo de Terreno para las alternativas	365
Tabla 76. Costos estimados para las alternativas	365

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema general de la zona del proyecto.....	9
Figura 2. Ciclo de vida de un proyecto.....	20
Figura 3. Curvatura horizontal media.....	43
Figura 4. Rampas más pendientes	45
Figura 5. Ventana de presentación de la herramienta PRODIVIAL	49
Figura 6. Barra de herramientas y menús de la aplicación PRODIVIAL	50
Figura 7. Vista del modelo Digital en Tres dimensiones de la zona de estudio	82
Figura 8. Zona de Influencia del proyecto integral	84
Figura 9. Ubicación de la zona de influencia en Santander	85
Figura 10. Municipios de la zona de influencia en Santander	86
Figura 11. Ubicación de la zona de influencia en Boyacá.....	87
Figura 12. Municipios de la zona de influencia en Boyacá	88
Figura 13. Ubicación de Municipios de la zona de influencia en Casanare ..	89
Figura 14. Municipios de la zona de influencia en Casanare	90
Figura 15. Infraestructura vial de Santander.....	92
Figura 16. Infraestructura vial de Boyacá	95
Figura 17. Infraestructura vial de Casanare y Arauca.....	98
Figura 18. Ubicación Geográfica del Departamento de Santander en el	

país	103
Figura 19. División Político-Administrativa Departamento de Santander	106
Figura 20. Municipios por Provincias que se benefician por el corredor vial en el Departamento de Santander	110
Figura 21. Localización del Municipio de Piedecuesta en el Departamento de Santander	112
Figura 22. Localización del Municipio de Cepitá en el Departamento de Santander	117
Figura 23. Localización del Municipio de Molagavita en el Departamento de Santander	121
Figura 24. Localización del Municipio de San José de Miranda en el Departamento de Santander.....	127
Figura 25. Localización del Municipio de Capitanejo en el Departamento de Santander	132
Figura 26. Localización de otros Municipios del Departamento de Santander que se benefician del proyecto	137
Figura 27. Municipios que intervienen en el estudio	141
Figura 28. Visión general de la zona de estudio para el análisis del corredor vial	141
Figura 29. Mapa Temático de Geología.....	167
Figura 30. Mapa Temático de Geomorfología	181
Figura 31. Mapa Temático de Fallas.....	184
Figura 32 . Mapa Temático de Ambiental	191
Figura 33. Mapa Temático de Amenazas	196

Figura 34. Mapa Temático de Clima	202
Figura 35. Mapa Temático de Suelos	218
Figura 36. Mapa Temático de Uso Potencial	224
Figura 37. Mapa Temático de Uso Actual.....	229
Figura 38. Mapa de Pendientes de la zona del proyecto	231
Figura 39. Ubicación del proyecto base	246
Figura 40. Nombre y código del proyecto	247
Figura 41. Ventana Cargar Temas.....	248
Figura 42. Ventana Cargar tablas ponderación	249
Figura 43. Ventana de selección de tema a ponderar	250
Figura 44. Ventana de selección de tabla de ponderación del tema escogido	251
Figura 45. Ventana de revisión de tema	252
Figura 46. Ventana Selección de Temas	254
Figura 47. Ventana de Confirmación de temas seleccionados	255
Figura 48. Mapa de Aptitud Total de la zona del proyecto	257
Figura 49. Ventana de Intersectar temas para análisis específico.....	259
Figura 50. Ventana de Hacer consulta.....	260
Figura 51. Ventana de selección de criterios de consulta.....	261
Figura 52. Ventana para la selección de mapa y alternativa a intersectar ...	300
Figura 53. Ventana para la selección del tema a consultar	301
Figura 54. Ventana para la selección del atributo para realizar la consulta	302

Figura 55. Resultado por longitud del Mapa Temático Geología Alternativa 1	303
Figura 56. Resultado por longitud del Mapa Temático Geología Alternativa 2	304
Figura 57. Resultado por longitud del Mapa Temático Geología Alternativa 3	305
Figura 58. Resultado por longitud del Mapa Temático Geomorfología Alternativa 1	306
Figura 59. Resultado por longitud del Mapa Temático Geomorfología Alternativa 2	307
Figura 60. Resultado por longitud del Mapa Temático Geomorfología Alternativa 3	308
Figura 61. Resultado por longitud del Mapa Temático Fallas Alternativa 1	309
Figura 62. Resultado por longitud del Mapa Temático Fallas Alternativa 2	310
Figura 63. Resultado por longitud del Mapa Temático Fallas Alternativa 3	311
Figura 64. Resultado por longitud del Mapa Temático Ambiental Alternativa 1	312
Figura 65. Resultado por longitud del Mapa Temático Ambiental Alternativa 2	313
Figura 66. Resultado por longitud del Mapa Temático Ambiental Alternativa 3	314
Figura 67. Resultado por longitud del Mapa Temático Amenazas Alternativa 1	315
Figura 68. Resultado por longitud del Mapa Temático Amenazas Alternativa 2	315

Figura 69. Resultado por longitud del Mapa Temático Amenazas Alternativa 3.....	316
Figura 70. Resultado por longitud del Mapa Temático Clima Alternativa 1.....	317
Figura 71. Resultado por longitud del Mapa Temático Clima Alternativa 2..	317
Figura 72. Resultado por longitud del Mapa Temático Clima Alternativa 3..	318
Figura 73. Resultado por longitud del Mapa Temático Suelos Alternativa 1.....	319
Figura 74. Resultado por longitud del Mapa Temático Suelos Alternativa 2.....	320
Figura 75. Resultado por longitud del Mapa Temático Suelos Alternativa 3.....	321
Figura 76. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Potencial Alternativa 1.....	322
Figura 77. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Potencial Alternativa 2.....	322
Figura 78. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Potencial Alternativa 3.....	323
Figura 79. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Actual Alternativa 1.....	324
Figura 80. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Actual Alternativa 2.....	324
Figura 81. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Actual Alternativa 3.....	325
Figura 82. Resultados por Longitud del Mapa de Pendientes	

Alternativa 1	326
Figura 83. Resultados por Longitud del Mapa Temático Pendientes Alternativa 2	327
Figura 84. Resultados por Longitud del Mapa Temático Pendientes Alternativa 3	328
Figura 85. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Geología	331
Figura 86. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Geomorfología	333
Figura 87. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Fallas	335
Figura 88. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Ambiental	337
Figura 89. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Amenazas	339
Figura 90. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Clima	340
Figura 91. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Suelos	342
Figura 92. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Uso Potencial	344
Figura 93. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Uso Actual	346
Figura 94. Peso Ponderado para los diferentes Mapas Temáticos en cada Alternativa	349

Figura 95. Porcentajes de Longitud para rangos de aptitud total por alternativa351

Figura 96. Porcentaje de Longitud por Tipo de Terreno por alternativa.....353

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Serie Histórica y Composición del Tránsito Promedio Diario Semanal.....	377
Anexo B. Matriz Origen - Destino Toneladas Transportadas (Año 2000)	381
Anexo C. Cartera resumen del alineamiento horizontal trazado para la Alternativa 1	384
Anexo D. Cartera resumen del alineamiento vertical trazado para la Alternativa 1	391
Anexo E. Cartera resumen del alineamiento horizontal trazado para la Alternativa 2	393
Anexo F. Cartera resumen del alineamiento vertical trazado para la Alternativa 2	399
Anexo G. Cartera resumen del alineamiento horizontal trazado para la Alternativa 3	401
Anexo H. Cartera resumen del alineamiento vertical trazado para la Alternativa 3	407

RESUMEN

TITULO:

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA PARA EL TRAZADO DE LA CARRETERA POR EL CAÑÓN DEL CHICAMOCHA, COMO PARTE INTEGRAL DEL CORREDOR VIAL BUCARAMANGA-LLANOS ORIENTALES.

AUTORES:

**SERGIO AUGUSTO LÓPEZ ORTEGA
HECTOR HENRIQUE RETAMOSO LLAMAS****

PALABRAS CLAVE: VÍAS, CARRETERAS, PREFACTIBILIDAD, CORREDOR VIAL, PRODIVIAL, CAÑÓN DEL CHICAMOCHA, BUCARAMANGA, LLANOS ORIENTALES.

DESCRIPCIÓN:

Este trabajo es el primer desarrollo de una idea de conexión vial que esta enmarcada dentro de un proyecto de integración regional para el nororiente Colombiano, a través de un corredor vial que conecte mas eficientemente a Bucaramanga con los Llanos Orientales. A la par, este proyecto busca el desarrollo de la Provincia de García Rovira, una zona aislada hasta el momento del desarrollo económico y social del departamento de Santander, a través de una vía que comunique mas rápidamente a Bucaramanga con Málaga, capital de la Provincia.

El desarrollo de este proyecto se realizo en tres etapas: La primera fue la descripción y análisis de la zona de influencia del proyecto, en donde se realiza una comparación entre el corredor vial existente y el propuesto; de esta etapa se obtuvo un insumo muy importante que fue la realización de un modelo digital en tres dimensiones de la zona de influencia del corredor vial propuesto. Una segunda etapa fue el estudio del corredor vial mas optimo para el trazado de la carretera por el cañón del Río Chicamocha; este análisis se realizo mediante el uso de la herramienta de apoyo para el diseño de corredores viales PRODIVIAL, la cual genera un mapa que muestra las mejores zonas para el trazado de la carretera. En la etapa final se trazaron diferentes alternativas para las líneas antepreliminares de la carretera propuesta, de acuerdo a las especificaciones dadas por la importancia de la carretera, y se evaluaron de acuerdo a criterios físicos de las zonas que atraviesan y a criterios geométricos de los alineamientos, realizando una estimación de los costos de construcción para cada alternativa.

Con la realización de este trabajo, se cumplieron los objetivos propuestos en sus inicios, realizando un importante aporte para los desarrollos futuros que se realicen en este proyecto.

* Trabajo de Grado, Modalidad Trabajo de Investigación.

** UIS, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director: Hernán Porras Díaz

SUMMARY

TITLE:

STUDY OF THE TECHNICAL PRE - FEASIBILITY FOR THE LAYOUT OF THE HIGHWAY BY THE CANYON OF THE CHICAMOCHA, AS PART OF THE ORIENTAL CORRIDOR OF BUCARAMANGA-LLANOS ORIENTALES.*

AUTHORS:

**SERGIO AUGUSTO LÓPEZ ORTEGA
HECTOR HENRIQUE RETAMOSO LLAMAS****

KEY WORDS: ROADS, HIGHWAYS, FEASIBILITY, HIGHWAY CORRIDOR, CANYON OF THE CHICAMOCHA, BUCARAMANGA, LLANOS ORIENTALES.

DESCRIPTION

This work is the first development of an idea of highway connection that this framed inside a project of regional integration for the Colombian northeast; through a road corridor that connects efficiently Bucaramanga with the Llanos Orientales. At the same time, this project looks for the development of García Rovira's County, an isolated area until the moment of the economic and social development of the department of Santander, through a road that communicates quickly Bucaramanga with Málaga, capital of the County.

The development of this project was carried out in three stages: The first one was the description and analysis of the area of influence of the project where is carried out a comparison among the existent highway corridor and the one proposed; of this stage a very important input was obtained that was the realization of a digital model in three dimensions of the area of influence of the highway corridor proposed. A second stage was the study of the optimums highway corridor for the layout of the highway for the canyon of the River Chicamocha; this analysis was carried out by means of the use of the support tool for the design of corridors PRODIVIAL, which generates a map that shows the best areas for the layout of the highway. In the final stage different alternatives were traced for the pre-lines of the proposed highway, according to the specifications given by the importance of the highway, and they were evaluated according to physical approaches of the areas crossed and to geometric approaches of the alignments, carrying out an estimate of the construction costs for each alternative.

With the realization of this work, the proposed objectives were completed in their beginnings, carrying out an important contribution for the future developments that are carried out in this project.

* Thesis. Modality Work of Investigation

** UIS, Faculty of Physical-mechanical Engineering, Civil Engineering School, Director: Hernán Porras Díaz

INTRODUCCIÓN

El desarrollo, mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura vial de un país, es un factor primordial en el desarrollo económico del mismo. Son las vías, el medio por el cual las demás actividades económicas y sociales de una región tienen la posibilidad del intercambio con las demás zonas, creándose así círculos de intercambio comercial y cultural. La necesidad del transporte se ve reflejada en varios aspectos.

Primero se encuentra la deficiencia que tiene la tierra para producir toda la cantidad de productos agropecuarios básicos para el consumo de la sociedad en una misma zona del planeta, es por eso que existe la necesidad de construir canales de comunicación por los cuales los productos que se generan en una región puedan ser transportados a otra que no pueda producirlos.

Otro aspecto son los procesos de especialización que se ven en las economías mundiales, en donde una persona o un grupo de personas deciden dedicar todo su esfuerzo en concentrarse en la producción especializada de determinado bien, sin vías de acceso rápido a mercados de gran escala este productor tendería a fracasar en su intento de promover la venta de su trabajo. En países como Colombia los sobre costos del transporte, debidos al mal estado y la insuficiencia de carreteras, tienen una influencia muy marcada sobre los costos finales de los productos de exportación, debido a que la mayoría son productos primarios que pierden competitividad en mercados internacionales cuando deben cubrir costos de transporte altos.

Por otra parte se tienen los objetivos políticos y militares, esto en cuanto al control de la soberanía por parte del estado en los territorios más apartados del país. Para que el estado pueda controlar y mantener las funciones gubernamentales en todo el territorio nacional, es necesario que tanto la fuerza pública como los funcionarios del estado tengan acceso rápido y seguro a todos los rincones de la soberanía nacional. En los países industrializados, con la infraestructura que poseen para los fines económicos es suficiente para alcanzar tal fin, pero en Colombia la presencia de estado en muchas regiones es débil y hasta nula, causando los problemas de orden público que a diario se viven en nuestro país.

Por ultimo se puede mencionar que en los últimos tiempos la tendencia de la población se ha encaminado a ubicar su lugar de residencia alejado de las grandes urbes en donde se encuentra sus sitios de trabajo y compras, esto en busca de mejores condiciones ambientales, costos de tierras y servicios públicos más bajos y búsqueda de tranquilidad. Esta condición hace imprescindible que las personas cuenten con medios de transporte adecuados que no le generen pérdidas de tiempo en estos largos recorridos que deben hacer desde su hogar hacia sus sitios de trabajo.

Estas son solo algunas de las razones por las cuales es necesaria la búsqueda de medios de transporte más eficientes que le permitan a la sociedad una mejora sustancial en las diferentes actividades que realizan a diario, porque para la mayoría de ellas es imprescindible desplazarse de un lugar a otro, posibilitando así un aumento importante en la calidad de vida de las personas.

El presente proyecto puede enmarcarse dentro de un estudio más detallado que debe realizarse para encontrar la viabilidad técnica, económica y social

de un corredor vial que conecte más eficientemente la ciudad de Bucaramanga, con los Departamentos de los llanos orientales.

En esta etapa del proyecto se propondrá una alternativa para el estudio de este corredor involucrando vías existentes en los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare, diagnosticando el estado de las mismas y proponiendo alternativas de mejoramiento que deben ser estudiadas con mayor profundidad en estudios posteriores; y se enfocará el análisis al estudio de Prefactibilidad Técnica del trazado de una vía nueva por el Cañón del Chicamocha como parte de los trabajos a realizar en el Departamento de Santander.

Para el trazado de esta carretera se buscará encontrar el corredor vial con mejores características físicas, ambientales y sociales, para posteriormente proponer y evaluar diferentes alternativas para encontrar un trazado adecuado para la línea antepreliminar de eje de la vía, estimando a grandes rasgos los costos de construcción de cada alternativa.

1. DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL TRABAJO DE GRADO

En el siguiente capítulo se muestra una visión general del trabajo de investigación realizado, en donde se pueden observar los objetivos, la justificación y el alcance del trabajo de grado.

Se explican de una manera muy concisa cuales fueron los alcances final del trabajo de investigación, mediante el planteamiento del objetivo general y los objetivos específicos que sirvieron como guía para realizar las labores necesarias para la consecución del trabajo.

Los objetivos que se plantearon al iniciar con las labores de investigación, cambiaron un poco debido a la dificultad que se encontró para la consecución de cierta información necesaria para realizar algunas actividades planteadas al inicio del trabajo; conservando la finalidad inicial, la cual es mostrar la posibilidad de inversión en un proyecto vial que puede ser muy útil para la integración regional entre la zona del Departamento de Santander y los Llanos Orientales.

Se muestra cual es la problemática que se intenta resolver con el desarrollo del presente trabajo de grado, descubriendo las falencias existentes actualmente en el desarrollo de la integración entre las regiones mencionadas, y mostrando a grandes rasgos la comparación entre las alternativa actual y la propuesta para hacer la conexión entre Bucaramanga y los Llanos Orientales.

De la misma manera, se hace una breve recopilación de los antecedentes que tiene esta idea de esta conexión en la historia, y la manera como la misma fue retomada para proceder con este estudio preliminar que sirve como base para investigaciones posteriores más detalladas, en donde se justifique de manera integral este proyecto encaminado a la integración regional del Nororiente Colombiano.

A la par de exponer la idea, se plantean algunos aspectos que sirven como justificación para la realización de este trabajo de grado, en lo que respecta a la visión global de la idea planteada, en el ámbito local, regional y nacional.

Se plantean de manera general los objetivos económicos, sociales, políticos y técnicos que se pueden plantear en estudios posteriores para hacer la justificación integral del proyecto vial.

1.1. TÍTULO

Estudio de Prefactibilidad Técnica para el trazado de la carretera por el Cañón del Chicamocha, como parte integral del corredor vial Bucaramanga-Llanos Orientales.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Realizar la evaluación del trazado de la vía por el Cañón del Chicamocha, de acuerdo a criterios técnicos; enmarcada como parte integral de un proyecto vial que sirva para integrar los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Demarcar la zona de influencia del proyecto de integración entre los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare, describiendo las características físicas, económicas, sociales y de transporte de los Municipios que estarán dentro de esta zona de influencia.
2. Realizar un modelo en tres dimensiones de la zona de influencia del proyecto, en donde se pueda apreciar de una forma general, la topografía e hidrografía de la zona de estudio, los Municipios y las diferentes vías que comunican entre ellos.
3. Procesar y uniformizar la información necesaria de mapas temáticos de la zona del Cañón del Chicamocha para el análisis de aptitud física, ambiental y social de la zona.
4. Obtener las zonas de mejor aptitud física, ambiental y social que se encuentren en la zona del Cañón del Chicamocha, con el fin de visualizar cual es el mejor corredor vial para el trazado de las diversas alternativas.
5. Trazar diversas alternativas viales para la conexión por el Cañón del Chicamocha entre el sector de Pescadero y el Municipio de Capitanejo, mediante líneas de pendientes que cumplan los criterios para el trazado de carreteras en zonas de montaña.
6. Realizar el trazado de la línea antepreliminar en planta y perfil para cada una de las alternativas a evaluar, tomando como base la línea de pendiente.

7. Evaluar las alternativas trazadas, mediante criterios físicos de las zonas por donde pasarán los trazado (Aptitud física, ambiental y social) y analizando sitios críticos por donde pueda pasar la vía.
8. Analizar las diversas antepreliminares, con criterios para el alineamiento horizontal, vertical y con estimativos de costos aproximados de construcción.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente Colombia vive una situación muy crítica en cuanto a infraestructura vial se refiere, debido a la poca cantidad de Kilómetros de carreteras que existen en el país y al mal estado en que se encuentran algunas de estas carreteras. Hacia Junio del 2004 Colombia contaba con aproximadamente 16.600 Kilómetros de carreteras en su red vial nacional de los cuales el 73.5% se encuentran pavimentadas, pero de estos solo el 67% de los mismos se encuentran en buen estado como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Estado de la red vial nacional Junio de 2004

RED NACIONAL VIAL	RED PAVIMENTADA			RED AFIRMADA			RED TOTAL		
	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Pavimentada	Afirmada	TOTAL
Longitud (Km)	8.254,04	3.007.30	971,08	1.664,77	1.718,27	1.025,48	12.232,42	4.408,52	16.640,93
Porcentaje	67%	25 %	8%	38%	39%	23%	73.5%	26.5%	100.00%

Fuente: Página de Internet del Instituto Nacional de Vías, INVIAS (<http://www.invias.gov.co>)

Esta situación de escasez de recursos en infraestructura vial ha generado en el país grandes consecuencias económicas y sociales, debido a que ha dificultado el movimiento del comercio interregional y ha causado problemas

de orden público por el difícil acceso que se tiene a determinadas zonas del país en donde no se establece totalmente la institucionalidad del estado.

La historia ha demostrado que una de las bases para el desarrollo de un país es contar con una adecuada infraestructura vial lo cual se ha demostrado en el caso de los países del primer mundo, los cuales tras las crisis que han afrontado después de las guerras que han librado, tuvieron como prioridad el desarrollo de sus redes de carreteras con el objeto de contar con los medios de transporte y comunicación necesarios para la comercialización de los productos entre las diferentes regiones del país, lo cual trae consigo un movimiento del capital dentro del país y a su vez genera un acelerado crecimiento de la economía.

Debido a esto es importante realizar estudios que promuevan el desarrollo de nuevas vías o el mejoramiento de las vías existentes para que el país exista un mayor movimiento de la economía nacional.

El movimiento de la economía trae implícito el desarrollo de un sector que no se ha explotado en el país como es debido: El Turismo. A partir del desarrollo de nuevas vías se generan recorridos turísticos que pueden ser explotados por los habitantes de la zona de influencia del proyecto vial, generando más trabajo y movimiento de personas en el país.

En el caso concreto que se quiere investigar con la realización de este proyecto, se estudiará la viabilidad que tiene una conexión vial más eficiente entre los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare, a través de una conexión por el Cañón del Chicamocha.

Actualmente, para viajar de Bucaramanga y encontrar la Marginal del Llano, la cual es una vía que sirve de interconexión entre casi todos los

Departamentos de los Llanos Orientales, es necesario tomar la Troncal Central pasando por el sector de Pescadero, los Municipios de San Gil, Socorro, Oiba y Barbosa hasta la ciudad de Tunja en el Departamento de Boyacá, para luego tomar la vía que conduce a Paipa y a Sogamoso y entrar a Casanare por la vía que conduce del Municipio de Pajarito hasta Aguazul, para encontrar la Marginal del Llano a la altura de este Municipio, a 27 Kilómetros de Yopal, en un recorrido total desde Bucaramanga hasta Aguazul de aproximadamente 459 Kilómetros. En la Figura 1 se muestra un esquema general de la zona de proyecto con el trazado que actualmente se utiliza para llegar de Bucaramanga a los Llanos Orientales.

Figura 1. Esquema general de la zona del proyecto



Fuente: www.igac.gov.co, editada por los autores de la investigación.

Este recorrido tan extenso, dificulta el intercambio comercial y turístico entre esta región del Oriente Colombiano con la ciudad de Bucaramanga, aparte que el paso por el Municipio de Pajarito es muy complicado debido a la inestabilidad geológica que se presenta a esta altura de la vía.

La solución que se ha planteado en un principio para este problema es la construcción de una vía que atravesase todo el Cañón del Río Chicamocha desde el paso por este río en el sector de Pescadero, hasta el Municipio de Capitanejo (Santander). Desde ese punto se plantea inicialmente que la vía podría seguir el siguiente recorrido: Capitanejo-Tipacoque-Soatá-La Uvita-Chita-Sácama-Hato Corozal, en donde habría que realizar un reconocimiento visual para conocer el estado de las vías existentes y plantear las diferentes actividades de rehabilitación o pavimentación que serían necesarias para la readecuación de la vía a las necesidades del proyecto.

El inicio del recorrido propuesto es igual al actual partiendo de Bucaramanga hasta el sector del Pescadero con una distancia de 31 Kilómetros. En seguida se plantea la construcción de la vía por el Cañón del Chicamocha aproximadamente sería de 65 Kilómetros, llegando a la vía que de Capitanejo conduce a San José de Miranda a 6 Kilómetros del casco urbano de Capitanejo. El resto del recorrido para el cual sería necesario la inspección visual con el fin de conocer el estado actual de las vías, seguiría la trayectoria Capitanejo-Tipacoque-Soatá-Boavita-La Uvita-Chita-El Arbolito-Arenal-Sácama-La Cabuya. Este recorrido sería de aproximadamente 206 Kilómetros, desde el Municipio de Capitanejo en Santander, hasta el sector la Cabuya en Casanare a 32 Kilómetros del Municipio de Hato Corozal, sitio donde se encuentra la Marginal del Llano. En este punto se encuentra en el límite entre los Departamentos de Arauca y Casanare, a 163 Kilómetros del Municipio de Yopal y a 232 Kilómetros del Municipio de Arauca. La Longitud total de este recorrido desde la Ciudad de Bucaramanga hasta el sector la

Cabuya, donde se hace la conexión con la Marginal del Llano, sería de 318 Kilómetros.

Con esto se estaría reduciendo la conexión entre Bucaramanga y la Marginal del Llano en aproximadamente 141 Kilómetros, y se llegaría a un punto donde se pueden conectar fácilmente tanto las zonas productivas del Departamento de Casanare y Arauca, con lo cual se pueden dar un intercambio comercial más eficiente con las zonas petroleras, ganaderas y agrícolas de estos dos Departamentos. Al hacer la conexión con la Marginal del Llano, se puede llegar a un corredor turístico por los Llanos Orientales, en donde se da la posibilidad de visitar los atractivos turísticos de esta bella zona del oriente Colombiano. Esta vía sería una importante conexión comercial entre los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare generándose un atractivo corredor turístico en el cual se podría apreciar la majestuosidad del Cañón del Chicamocha en toda su extensión y la belleza del páramo del Chita en un solo recorrido.

El alcance final de la investigación plasmada en el presente trabajo, es estudiar la viabilidad técnica de las zonas por donde se realizaría la construcción de la vía por el Cañón del Chicamocha y el planteamiento y evaluación de diferentes alternativas para el trazado de esta vía, la cual esta enmarcada en el corredor vial Bucaramanga – Llanos Orientales que se describió anteriormente. Este estudio es solamente una fase inicial, que puede servir como base para la realización de investigaciones más avanzadas, en donde se analice la factibilidad económica, de la realización del proyecto integral de conexión regional, dándole así la justificación necesaria para adelantar los estudios para el diseño y construcción de la vía por el Cañón del Chicamocha y de las diferentes labores de mejoramiento vial necesarias para el mejoramiento de las características geométricas y

estructurales de las otras vías que intervienen en el proyecto, cuando estas así lo requieran.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO³

Desde los inicios de los procesos de industrialización del País, Santander fue concebido como uno de los Departamentos líderes a nivel nacional tanto en aspectos económicos, políticos y sociales. Sus procesos de crecimiento poblacional y de desarrollo industrial fueron acelerados debido a la diversidad de pisos térmicos presentes en el Departamento lo cual ofrecía una variedad de climas, zonas de cultivos, hidrografía, etc.

Todos estos factores favorecieron el crecimiento de la industria agropecuaria y manufacturera, la maquinización en la producción de alimentos y equipos y la creación de mercados locales y regionales, lo cual produjo un impulso en la economía departamental y un aumento en las relaciones comerciales con otras regiones.

Este crecimiento económico se vio reflejado en la inversión de capital tanto en la industria petroquímica como en el desarrollo de la infraestructura vial del Departamento y en el desarrollo de nuevas tecnologías generadas a partir de la apertura de la Universidad Industrial de Santander.

Las actividades manufactureras ubicadas principalmente en Bucaramanga y la industria petroquímica de Barrancabermeja posibilitaron el desarrollo del sistema Urbano-Regional del Departamento, con la consecuente acumulación de capital y aceleración de la urbanización de estos centros en

³ Fuente: SANTANDER NUESTRO DEPARTAMENTO Edición Centro de Estudios Regionales - UIS

los primeros 50 años del siglo XX, se empieza a desarrollar la malla vial del Departamento con la apertura de la carretera Bucaramanga – Barrancabermeja (1930-1969).

A partir de la segunda mitad del siglo XX los procesos de violencia y desplazamiento que vivió la población rural del Departamento, produjeron un estancamiento en la producción agropecuaria y un lento crecimiento en la producción industrial, reduciendo su participación en la economía a nivel nacional siendo desplazado por otros Departamentos que siguieron con sus procesos de industrialización como Antioquia, Valle del Cauca y Atlántico que junto con la Capital del País, Santa Fe de Bogotá, se constituyen hoy en día en los principales centros de desarrollo económico en el país.

Debido a este atraso a nivel económico nacional es importante la búsqueda de nuevos proyectos de desarrollo que reactiven la economía y la sociedad del Departamento así como también que busquen la integración con otras regiones del país para atraer nuevos capitales de inversión.

El objetivo general de este proyecto es dejar la inquietud de una posible solución a este atraso socioeconómico que se vive hoy en día en el Departamento. Al realizar el estudio de un corredor vial que una a la capital del Departamento de Santander con los Llanos Orientales, se buscan nuevas oportunidades de realizar relaciones comerciales con otras regiones del País.

Se busca a su vez, reactivar la economía de la Provincia de García Rovira, una de las regiones más aisladas del Departamento, integrando esta región con el centro del desarrollo del Departamento ubicado en el Área Metropolitana de Bucaramanga (A.M.B), al buscar una ruta de acceso más fácil desde Bucaramanga hasta Málaga, debido a que hoy en día la vía

existente hacia este Municipio se encuentra en unas condiciones precarias que no ofrece las mínimas condiciones de seguridad y comodidad.

A grandes rasgos se ha planteado que la vía atravesase por los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare, iniciando cerca al punto sobre el río Chicamocha de la vía Bucaramanga-Bogotá, en donde se construiría un trayecto que borde todo el Río Chicamocha por el margen derecho, hasta el Municipio de Capitanejo, de donde se seguiría por la vía que une Capitanejo con Soatá en el Departamento de Boyacá la cual debe ser pavimentada, de Soatá se puede seguir por los Municipios de La Uvita y Chita, por una vía que debe ser mejorada, para continuar hacia el Departamento de Casanare por el Municipio de Sácoma y seguir hasta Hato Corozal por una vía que debe ser pavimentada, en donde se conecta con la vía Marginal de la Selva, aproximadamente en la mitad del trayecto entre las ciudades de Yopal y Arauca. Al llevarse a cabo todas estas labores en las vías, se lograría una integración regional entre los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare generándose anillos viales entre los Municipios de la provincia de García Rovira en Santander, los Municipios del Nororiente boyacense y los del noroccidente del Casanare.

A nivel nacional esta vía sería un importante corredor para facilitar las relaciones comerciales con los Departamentos de Casanare y Arauca donde actualmente se comercializa el 60% de la producción pecuaria del País e integrar esta región ganadera con la región del Magdalena Medio Santandereano.

La vía también sería una importante conexión entre los pozos petroleros ubicados en los Departamentos de Casanare y Arauca con la refinería de Barrancabermeja, facilitando las comunicaciones entre estas dos partes independientes en el proceso de la producción del petróleo. En este sector

de hidrocarburos también será importante la integración de las regiones productoras de estos Departamentos.

A nivel internacional esta vía sería importante para Bucaramanga debido a la conexión con la Marginal del Llano teniendo acceso al comercio terrestre entre Colombia y Venezuela y siendo un importante paso entre los puertos de Venezuela y los del pacífico colombiano.

En los aspectos económicos, como ya se ha mencionado antes, la vía sería importante para la integración de regiones productivas del Departamento que hasta ahora han estado aisladas del centro de producción económica, como es integrar las zonas productoras de tabaco, tomate, maíz y frijol del valle del Chicamocha con el centro de integración económica del A.M.B, además de la integración nacional con la región de los Llanos Orientales y la integración internacional con los puertos de Venezuela.

En aspectos sociales, la vía será un importante medio de comunicación a nivel departamental entre los Municipios de la Provincia de García Rovira con la capital del Departamento, sobre todo para su capital Málaga, debido a que hoy en día es muy demorado el transporte hasta esta zona del Departamento en un trayecto que aproximadamente demora 6 horas por un camino tortuoso y de difícil acceso, restringido en épocas de lluvia. A los habitantes de esta región se les facilitaría el acceso a centros de atención, de salud, servicios públicos, educación, así como mayores oportunidades para comercializar los productos que se generan en la región.

A nivel político se puede buscar la integración de fronteras con el hermano país de Venezuela al buscar otra vía de acceso desde Santander hacia ese país a través de los Llanos Orientales. Además se puede trabajar en la búsqueda de la seguridad al tener una vía para el acceso de la fuerza pública

hacia una región alejada del Departamento que actualmente esta parcialmente en control de grupos al margen de la ley.

En los aspectos técnicos, se busca con este proyecto la realización de una vía con buenas especificaciones que permita la conexión de Bucaramanga con la región oriental del país en aproximadamente 8 horas manejando a una velocidad promedio de 40 Km/h, mediante el análisis de diferentes alternativas deben estudiadas para seleccionar aquella que presente las mejores características.

En la parte ambiental se buscara minimizar el impacto ecológico que pueda producir la construcción de esta vía, al cuidar que no se afecten en el trayecto regiones de bosques naturales y habitad de diferentes especies de flora y fauna importantes para la estabilidad ecológica del Departamento.

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta es la atracción de turismo que se generaría por el desarrollo de esta vía, debido a que el trazado que se piensa diseñar, integra zonas con atractivos turísticos apreciables, como son tener una vista del Cañón del Chicamocha en toda su extensión, y a su vez se podría contemplar la belleza del nevado del Chita en el Departamento de Boyacá y las regiones del Piedemonte Llanero en los Departamentos de Casanare y Arauca. La integración turística de estos Departamentos traería grandes dividendos económicos para las regiones involucradas en el proyecto debido a los intercambios económicos, culturales y turísticos que se generarían.

La idea de la realización de este proyecto no es nueva; desde los tiempos en que el General Solom Wilches era Presidente del Estado Soberano de Santander, cuando se desarrollo la primera Universidad Agrónoma de Colombia, se planteo la posibilidad de la realización de una importante obra

vial destinada a unir Santander con los Llanos Orientales, iniciativa que fue presentada por el mismo General Wilches hace más de un siglo pero que no tuvo la debida acogida y fue olvidada con el pasar de los años.

La iniciativa de retomar esta idea fue del Ingeniero Hernán Porras Díaz, director del Grupo de Investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas, quien les planteo a los autores de este trabajo la opción de desarrollar este estudio como proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Civil. Para los autores del estudio, la propuesta tuvo acogida y empezó a ser desarrollada con la valiosa asesoría del Ingeniero Porras y de su grupo de investigación.

La realización de este proyecto servirá para conocer la viabilidad técnica para la construcción de esta carretera, dando pie para futuros estudios encaminados a estudiar la factibilidad, diseño geométrico y construcción de esta vía que sería un importante medio no solo de comunicación sino de integración y desarrollo para la región nororiental del país.

2. MARCO CONCEPTUAL

En el siguiente capítulo se muestran los conceptos fundamentales que se debieron tener en cuenta para comenzar con la investigación.

Se describen las diferentes etapas que se deben realizar en los estudios de preinversión para una carretera, describiendo los procesos preliminares de clasificación y justificación del proyecto vial, y haciendo especial énfasis en el estudio de prefactibilidad técnica necesario para adelantar los trazados de los alineamientos preliminares de la carretera, el cual es el objeto principal de la investigación desarrollada en este trabajo de grado para la carretera por el Cañón del Chicamocha.

En la etapa de prefactibilidad técnica para el trazado de la carretera, se tocaron aspectos como la definición de los controles primarios que definen el alineamiento general de los trazados, el trazado de las líneas de pendientes y las líneas antepreliminares, y ciertos criterios geométricos para realizar la evaluación de las diferentes alternativas que se planteen para la conexión de los sitios de origen y destino que se deseen unir por la carretera.

Para la selección del corredor vial óptimo en términos físicos de las zonas por donde pasa la carretera se utilizó la herramienta de apoyo para la selección de corredores viales PRODIVIAL, desarrollada por el Ingeniero Fabio Hernando Esparza. En este capítulo también se presenta una descripción de los conceptos fundamentales que se deben tener en cuenta para el desarrollo de la herramienta.

Se explican de manera general los diferentes procesos que se deben llevar a cabo para la utilización de esta herramienta, como son la consecución de la información necesaria para analizar los corredores viales, el manejo de esta información dentro de la herramienta y el análisis de estos datos para generar las zonas que tienen más aptitud para ser parte de un corredor vial.

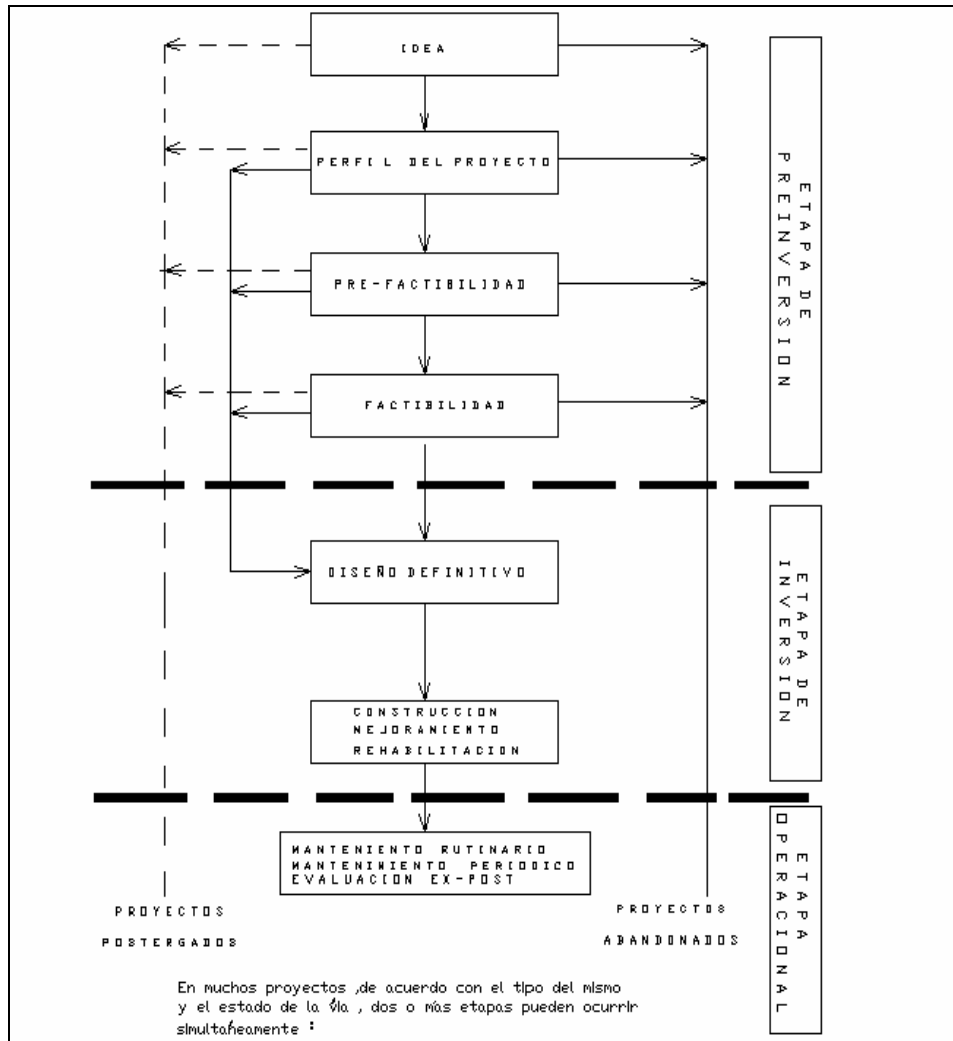
Los conceptos del manejo de esta herramienta debieron ser revisados cuidadosamente, debido a que esta es la base fundamental para la obtención de los resultados esperados de este trabajo de grado y para el correcto análisis de estos con el objeto de evaluar diferentes alternativas para el trazado de la vía por el Cañón del Chicamocha.

2.1. ETAPAS EN EL ESTUDIO DE PREINVERSIÓN DE UNA VÍA

El inicio del proyecto de una carretera se da cuando se identifica el problema o necesidad de transporte que se debe solucionar, pasa por las diferentes etapas de planteamiento, formulación y evaluación de las alternativas posibles para la solución del problema, y finaliza cuando se logra satisfacer dicha necesidad, y por ende se logran alcanzar los objetivos que se plantearon inicialmente en la formulación del proyecto.

El ciclo de un proyecto vial comprende diferentes etapas como son: etapa de Preinversión, etapa de Inversión y etapa de Operación (Ver Figura 2).

Figura 2. Ciclo de vida de un proyecto



Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998.

Como en cualquier tipo de proyecto, para los estudios de preinversión de una vía es necesario pasar por una serie de etapas antes de llegar a la consecución y materialización final del proyecto. En la etapa de preinversión se toma la decisión de realizar o no el proyecto, examinando la viabilidad del proyecto de la carretera a través de la identificación del proyecto, la preparación de la información técnica, financiera, económica y ambiental necesaria para el análisis de la influencia del proyecto en su entorno, y el

procesamiento de los datos para obtener productos como son las cantidades aproximadas de obra, estimativos de costos y beneficios que traerá la elaboración del proyecto y el trazado y evaluación de ejes preliminares de la vía.

Las etapas que comprenden los estudios de preinversión, pueden resumirse en las siguientes:

- Etapa 1: se plantea la oportunidad de realizar el proyecto, que puede ser con objetos económicos o sociales. Es donde se concibe la idea del proyecto.
- Etapa 2: se identifican las oportunidades de inversión mediante estudios de oportunidad. Puede ser resumida en los perfiles del proyecto.
- Etapa 3: se realiza una selección y definición preliminar del proyecto, mediante los estudios de prefactibilidad.
- Etapa 4: se realiza la formulación del proyecto mediante estudios de factibilidad de los cuales hacen parte los estudios de apoyo o funcionales de las diferentes ramas que intervienen en la formulación.

Al final de estas etapas se debe realizar una evaluación final de la viabilidad final del proyecto, en lo referente a aspectos técnicos, económicos, financieros, ambientales, políticos y sociales para tomar la decisión de ejecutar o no las obras definitivas que den vida al proyecto.

La idea del proyecto se refiere a identificar de manera preliminar la necesidad o problemática existente y las posibles soluciones que se puedan adoptar

para darle respuesta a la misma. Esta idea esta fundamentada en los planes de desarrollo económicos y sociales de la zona de influencia y en las políticas del sector transporte reflejadas en los planes viales de la zona. Un correcto desarrollo de la idea servirá como base para tomar la decisión de continuar con estudios adicionales más profundos.

En la etapa del desarrollo del perfil del proyecto, se comienza a recopilar información secundaria de la economía, sociedad, aspectos físicos y ambientales de la zona en donde se plantea la posibilidad de ejecución del proyecto. Es aquí donde se estudian de forma muy preliminar las posibles alternativas para afrontar el problema y se evalúan rápidamente mediante aspectos técnicos, ambientales y económicos con el objeto de descartar aquellas que presenten alta dificultad para su ejecución y de obtener aquellas alternativas que sean susceptibles a ser evaluadas con estudios más detallados.

En la fase de prefactibilidad se busca hacer el descarte de alternativas y el estudio más detallado de aquellas que parezcan atractivas para ejecutar. Se debe hacer un diagnostico económico preliminar y se definen las orientaciones para los estudios técnicos, financieros, económicos y ambientales del proyecto, para posteriormente evaluar las alternativas de acuerdo a estos mismos aspectos. Finalmente se estiman los costos y beneficios de cada una de las soluciones y se comparan con una alternativa de referencia o alternativa sin proyecto mediante el uso de indicadores económicos como la relación beneficio costo, tasa interna de retorno, valor presente neto y mediante estudios de sensibilidad descartar aquellas menos óptimas y obtener una o dos que serán llevadas a estudios de factibilidad. Al obtener la evaluación final de esta en todos los aspectos técnicos, económicos, financieros y ambientales se debe tomar la decisión de pasar a estudios de factibilidad cuando no se concluye muy bien cual es la mejor

alternativa, entrar a la etapa de inversión con los diseños definitivos cuando aparece una sola alternativa que es netamente superior a las demás, o descartar el proyecto cuando este no presenta ninguna viabilidad.

En la etapa de factibilidad se deben realizar estudios más detallados de las alternativas que se hayan recomendado en la fase de factibilidad, con el objeto de disminuir la incertidumbre asociada al proyecto de inversión en la vía. Se amplían los estudios técnicos, económicos para obtener la solución más óptima y conveniente para el desarrollo social. Luego de esta etapa se deben tener los criterios con los cuales se pasara a la etapa de diseños definitivos.

El nivel de importancia de las decisiones que se toman para el proyecto decrece a medida que se va avanzando en los estudios de los mismos, porque un error en la orientación que se le da al proyecto desde sus etapa de preinversión, puede repercutir en las demás fases del proyecto, haciendo casi imposible el implementar este cambio en las etapas de inversión; esto contrasta con el nivel de precisión de los estudios y el costo conlleva el hacer un cambio en el proyecto, en donde al inicio del mismo son bajos, pero en las etapas de diseño y construcción hacer un cambio en la orientación del proyecto implica una inversión que difícilmente será asumida por las entidades encargadas de la ejecución del mismo.

Es por esta razón que los estudios de preinversión son de vital importancia para el desarrollo de un proyecto, porque son en estas etapas donde se toman decisiones trascendentales acerca de las diferentes orientaciones que tendrá el proyecto a lo largo de todas sus etapas, desde la idea hasta la construcción y puesta en operación del mismo; es aquí en donde se deben plantear las directrices principales en los aspectos técnicos, económicos y financieros que servirán de guía para el desarrollo de los estudios.

El nivel de análisis de los estudios técnicos y el grado de exactitud en las cuantificaciones se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Tipos de Estudios de una carretera

TIPO DE ESTUDIO	NIVEL DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS	GRADO DE EXACTITUD DE LAS CUANTIFICACIONES	ESCALA DE PRECISIÓN
Perfil del proyecto	Bosquejos	55 a 60%	
Prefactibilidad	Anteproyecto preliminar	65 a 70%	1:50000
Factibilidad	Anteproyecto definitivo	75 a 80%	1:10000

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

2.1.1. Justificación del proyecto⁴

Antes de llevar a cabo cualquier tipo de proyecto es necesario buscar los objetivos que este busca y describir el porque es necesario la implementación del mismo. En esta instancia es necesario identificar las necesidades de la zona de implementación del proyecto y evaluar si la alternativa con la cual se le piensa dar solución es la más adecuada para afrontar la problemática.

Debido a su alto grado de influencia en los proyectos, esta instancia se lleva a cabo en organismos que están por encima del nivel técnico que manejan los ingenieros, siendo más relevantes a la hora de justificar un proyecto los criterios políticos que los técnicos en la mayoría de los casos. Es así, como la justificación del proyecto es realizada por entes como los concejos de

⁴ *PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE DISEÑO VIAL. Víctor Manuel Castellanos. Pagina 2.*

gobierno nacionales, departamentales o municipales, en los cuales se debaten todos los proyectos a estudiar y se deciden cuales de ellos son más necesarios y factibles de ejecutar de acuerdo a los recursos disponibles en el momento.

Esta justificación se evalúa con respecto a criterios económicos, sociales, y políticos principalmente, que tratan de responder a los interrogantes más comunes como son el porque y para que del proyecto, cuales son los beneficios sociales que traerá la ejecución del mismo o que rentabilidad económica puede manejares con la puesta en marcha del proyecto.

En resumen los proyectos en general y los viales pueden ser tomados con dos perspectivas de justificación principales:

- Económica: son aquellos proyectos que buscan un interés económico en la ejecución del mismo, buscan que la construcción, rehabilitación o mantenimiento de la vía sea vista como un negocio, el cual debe ser rentable a largo plazo para la entidad encargada de manejar el proyecto. En la actualidad este tipo de proyectos se ven reflejados en las concesiones viales, en la cuales mediante el cobro de los respectivos pajes, el concesionario busca recuperar su inversión inicial, obtener el dinero suficiente para el mantenimiento y operación de la vía, y tener ganancias al final de cada periodo contable.
- Social: son aquellos proyectos en los cuales se busca un beneficio para la sociedad sin esperar retribuciones económicas por parte de los beneficiarios del proyecto. El caso más común para las vías es el de los caminos vecinales, en donde el estado busca mediante carreteras de bajas especificaciones, que los habitantes de las veredas alejadas de las grandes urbes tengan la posibilidad de tener acceso a los centros

económicos de la nación mediante el cual puedan comercializar sus productos, generando un desarrollo social en estos sitios alejados de la territorio nacional.

Sea cual sea su finalidad, los proyectos viales son una importante rublo en la economía de un país, debido a que mediante las carreteras se logra la integración regional y los demás sectores de la economía tienen la posibilidad de llegar a mercados distantes de los sitios de producción. A medida que crezca y mejore la red vial nacional, se tendrá la posibilidad de transportar los productos de una manera más económica y eficiente con lo cual se puede dar un salto grande en materia de desarrollo para el país.

2.1.1.1. Aspectos Económicos. Cualquier tipo de inversión se justifica desde el punto de vista económico si los beneficios generados en el tiempo por la puesta en marcha del proyecto son mayores a los costos de que conlleva la realización del mismo.

Un medio de transporte por si solo no genera desarrollo, pero sin este el desarrollo no es posible; sin el transporte las demás actividades económicas quedarían reducidas a niveles mínimos de subsistencia viéndose limitada la posibilidad de expansión económica y de crear estímulos a la producción, y no se pueden aprovechar las ventajas del intercambio. Por otro lado la especialización regional producto de las cualidades humanas y de los factores de producción de la zona se vería afectada por la imposibilidad de comercialización con otras regiones que se especialicen en otras ramas de la economía. Algunos de los aspectos que se deben tener en cuenta para realizar la justificación económica de un proyecto son los siguientes:

- Integración de nuevas tierras a la producción: en una región aislada, la construcción de una carretera genera un incremento en el valor de la tierra, como efecto de las expectativas del mejoramiento de la producción y de la integración total de la zona a las actividades de producción. La región sobre la cual la carretera genera desarrollo se denomina zona de influencia, en la cual se verán efectos representados por la posibilidad de explotación del potencial productivo de la tierra, y por la facilidad de acceso a los factores básicos de la producción.
- Producción de agregada de bienes y servicios: como consecuencia directa de la construcción de una carretera se presenta un incremento en los volúmenes de producción derivados de un mayor rendimiento de la tierra, en donde se aprovechan las ventajas del intercambio en el mercado causados por la facilidad de acceso a los insumos de producción.
- Estímulo a otros sectores de la economía: a través de la eficiente explotación de la tierra se generan estímulos a otros sectores de la economía incrementando niveles de producción y consumo, lo cual estimula el continuo movimiento del mercado de bienes y servicios.
- Reducción de los costos de transporte: los costos de transporte tienen una incidencia muy significativa sobre los costos finales del producto. La reducción de estos costos se refleja en mejores condiciones de competencia en la producción de la zona de influencia de la carretera.

2.1.1.2. Beneficios sociales. Estos beneficios son más difíciles de cuantificar, pero son estos los que incrementan la calidad de vida de la población, generando un importante desarrollo de la estructura social de la nación.

Los tipos de beneficios sociales que estudian comúnmente en los estudios viales están relacionados con factores propios de las actividades que realiza la población que se ve beneficiada con el proyecto como son:

- La población servida: el principal parámetro a evaluar en el en un proyecto vial es el numero de habitantes que se verán beneficiados por la materialización de un proyecto. Los beneficios por este aspectos son más notables en zonas totalmente aisladas que en zonas parcialmente desarrolladas, por lo cual es más justificable la realización del proyecto en el primer caso.
- El nivel de empleo: en el momento de la construcción se crea la necesidad de contar con mano de obra, y más a largo plazo se incrementan los niveles de empleo como consecuencia del aumento de los volúmenes de producción de bienes y servicios en la zona de influencia, derivados de las facilidades de transporte.
- Turismo y recreación: la construcción de una vía genera que la población se interese por los atractivos turísticos que tiene las zonas aledañas a la vía, con lo cual se diversifica el intercambio cultural entre las diferentes regiones de una nación.

2.1.1.3. Objetivos Políticos. Los objetivos políticos en muchos de los casos determinan las orientaciones generales de los proyectos viales, ya que la mayoría de ellos son ejecutados con dineros del estado; esto en ciertas ocasiones restringe la versatilidad que se pueda tener para el estudio de las alternativas de solución a un problema junto con la disponibilidad de recursos para realzar el proyecto.

Estos objetivos tienen que ver con la defensa nacional, la integración de fronteras, y la necesidad de hacer presencia del estado en zonas aisladas del país, que por si solos pueden justificar la necesidad de un proyecto vial.

2.1.1.4. Aspectos Técnicos. La posibilidad física de la construcción de un proyecto vial es un factor fundamental en la justificación de un proyecto. Las características topográficas, geológicas, y ambientales son factores importantes a evaluar dado el impacto que tienen en los costos de ejecución de las labores para la materialización del proyecto.

2.1.2. Definición y clasificación de una carretera⁵

La carretera es una infraestructura de transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad.

De acuerdo a las condiciones de tránsito y la funcionalidad de la mismas, estas pueden ser proyectadas como uno o varios sentidos de circulación o de uno o varios carriles por circulación.

Las carreteras pueden ser definidas por diversos factores que tienen que ver con su importancia, categoría, requerimientos técnicos, los cuales la definen dentro de un sistema vial. Algunos de estos factores se mencionan a continuación:

- **Institucionales:** están relacionados con las necesidades de infraestructura vial que se evidencian por la búsqueda del control del orden público y la

⁵ *MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías, 1998.*

soberanía nacional. También están enmarcadas en los planes de desarrollo nacionales y regionales para el sector transporte.

- Operacionales: referidas a las características del servicio para la cual la carretera esta proyectada, en cuando a diversos aspectos de volumen y características del transito actual y futuro, velocidad de operación, aspectos de seguridad y comediada para los usuarios.
- Físicos: son aquellos factores relacionados con la naturaleza del terreno físico sobre el cual será proyectada la carretera, los cuales le imponen restricciones al diseño de la vía, como son la topografía, hidrografía, geología y climatología de la zona de influencia del proyecto.
- Humanos y ambientales: se relacionan con las características de comunidad que será beneficiada por el desarrollo de la infraestructura de transporte, como son la actividades económicas de la zona de influencia, los usos del suelo, costumbres de la población y efectos ambientales que pueda causar la construcción de la vía.
- Costos: es uno de los aspectos que más restringe el diseño y construcción de carreteras deben distinguirse los costos iniciales de construcción, los costos de operación para los usuarios y los costos de mantenimiento y rehabilitación a lo largo de la vida operativa del proyecto.

Las carreteras se pueden clasificar de acuerdo a diferentes parámetros:

2.1.2.1. Clasificación por competencia. Se refiere a la importancia institucional y administrativa que tenga la vía dentro del país, y a las entidades que están a cargo de su construcción, mantenimiento y operación.

Carreteras nacionales. Son aquellas carreteras que están a cargo del Instituto nacional de vías.

Carreteras departamentales. Son aquellas vías que son propiedad de los Departamentos, o que han sido transferidas a estos por parte del INVIAS (Red Secundaria) o del Fondo Nacional de Caminos Vecinales (Red Terciaria).

Carreteras distritales y municipales. Son aquellas vías que están a cargo del Municipio o del distrito, que pueden ser urbanas o suburbanas, dependiendo de la cercanía al casco urbano del Municipio.

Carreteras veredales o vecinales. Son aquellas vías que conectan a las veredas o sitios alejados de la red nacional, y que están a cargo del Fondo Nacional de Caminos Vecinales.

2.1.2.2. Clasificación según sus características. Esta clasificación esta ligada a las características geométricas de operación que brinda la vía a los usuarios en aspectos como velocidad de operación, capacidad y nivel de servicio.

Autopistas. Son las vías de mejores especificaciones técnicas, en donde su característica primordial es la alta velocidad a la cual los usuarios pueden transitar. Son vías con calzadas divididas físicamente por un separador y que pueden tener dos o más carriles por sentido de circulación y que posee control total de accesos y de salidas, es decir que las entradas y salidas de vehículos de la carretera se hacen exclusivamente con intersecciones a desnivel o mediante entradas y salidas directas a otras carreteras. Proporcionan un tipo de flujo continuo, sin restricciones de pares o intersecciones semaforizadas.

Carreteras multicarriles. Son carreteras divididas con dos o más carriles por sentido que pueden o no tener separador físico entre los sentidos, con control total o parcial de accesos, es decir que se pueden establecer entrada o salidas de flujo de la vía con vías de servicio con entradas y salidas específicas. Se permiten intersecciones a nivel.

Carreteras de dos carriles. Son aquellas que tienen una sola calzada con un carril por sentido de circulación, con intersecciones a nivel y accesos directos desde sus márgenes. Dependiendo del volumen de tráfico para el cual estén proyectadas y de las velocidades de operación que se deseen, pueden tener ciertas especificaciones muy variadas entre ellas y entre tramos de una misma carretera.

Son las vías más comúnmente diseñadas y construidas en nuestro medio, debido a las restricciones que se tienen en los diferentes factores que enmarcan una vía, como son el relieve complicado que presenta la topografía nacional, y la escasez de recursos económicos que hay en el país que no permiten hacer vías de mejores especificaciones.

2.1.2.3. Clasificación según el tipo de terreno y velocidad de diseño. En Colombia se tienen cuatro tipos de terreno, de acuerdo a las pendientes transversales y longitudinales que presente la vía. Estos son: plano, ondulado, montañoso y escarpado.

En la Tabla 3 se pueden apreciar los rangos de pendientes para cada tipo de terreno.

Tabla 3. Tipos de Terreno

PENDIENTE TRANSVERSAL (%)	TIPO DE TERRENO
0 - 3	Plano
3 - 7	Levemente inclinado
7 - 12	Inclinado
12 - 25	Moderadamente abrupto
25 - 50	Abrupto
50 - 75	Escarpado
> 75	Muy escarpado

La pendiente longitudinal del terreno es aquella medida en el sentido del eje de la vía.

La pendiente transversal del terreno es aquella medida en el sentido perpendicular al eje de la vía.

De acuerdo al tipo de terreno y a las características de la vía, esta puede manejar diferentes rangos para la velocidad de diseño según las especificaciones dadas por el Instituto Nacional de Vías dadas en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras de 1998.

De acuerdo al tipo de terreno y a la velocidad que los vehículos pueden desarrollar en la vía, estas pueden clasificarse en:

- Carretera de terreno plano: es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que permiten a los vehículos pesados transitar aproximadamente a la misma velocidad que los vehículos livianos.
- Carretera de terreno ondulado: es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a transitar a

velocidades inferiores a los de pasajeros, por intervalos de tiempos no muy largos de velocidad sostenida en rampa.

- *Carretera de terreno montañoso:* es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes.
- *Carretera de terreno escarpado:* es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en rampa menores que para terrenos montañosos, para distancias significativas o a intervalos considerables de tiempo.

2.1.2.4. Clasificación según su función. De acuerdo a la importancia que tengan las carreteras en el ámbito económico y social del país, también pueden clasificarse las carreteras de acuerdo a las siguientes clases:

Principales o de primer orden. Son las carreteras que unen capitales de Departamentos que tienen como función la integración de centros principales de producción y consumo de la economía del país. En estas carreteras se esperan volúmenes altos de carga a velocidades apreciables.

En Colombia estas carreteras se dividen en troncales con orientación Norte-Sur, y transversales con orientación Este-Oeste.

Secundarias o de segundo orden. Son aquellas que conectan cabeceras municipales entre si o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una vía principal. Sus especificaciones y características de operación serán menores que las vías principales.

Terciarias o de tercer orden. Son aquellas que conectan cabeceras municipales entre si, o estas con sus veredas. Son caminos de penetración locales, conformados principalmente por caminos vecinales y carreteras municipales. Son de bajos requerimientos de velocidad y volúmenes de tránsito, por ende de bajas especificaciones.

2.1.3. Estudio de Prefactibilidad Vial

El objeto de los Estudios de Prefactibilidad es la selección de una, dos o tres rutas que ofrezcan los mejores beneficios y las mejores características técnicas para el trazado de la carretera, para que estas alternativas sean presentadas a las entidades estatales o privadas encargadas de autorizar y evaluar los estudios, y por ende el descarte de las demás opciones para el trazado de la carretera.

Este proceso de selección de alternativas viables y descarte de aquellas que no sean convenientes, se realiza desde el descarte inicial sobre mapas a escalas pequeñas desde 1:100.000 hasta 1:200.000, en donde se identifican grandes corredores viales, tomando como base los puntos obligados del trazado y las orientaciones del proyecto. También se pueden definir los corredores a escalas mayores 1:25.000, en donde se pueden estudiar con mayor precisión los alineamientos preliminares del trazado de la carretera.

A la par que se adelanten los estudios sobre cartografía, se debe hacer un reconocimiento de campo de las rutas, con lo cual se pueden eliminar alternativas, adoptar otras y señalar puntos de alineamientos definidos, con lo cual se puede tener una aproximación mejor a la realidad que se encontrara al momento de realizar los levantamientos topográficos de las rutas y las futuras construcciones. Algunas veces en estos reconocimientos

de campo se pueden hacer levantamientos aproximados de algunos sectores menores.

El proceso de análisis por prefactibilidad comprende una serie de actividades técnicas y otras de análisis económicos y de tráfico, con lo cual se puede tener una evaluación integral de las alternativas y seleccionar aquellas que presenten las mejores características y beneficios.

2.1.3.1. Determinación de alternativas. Para el trazado de una carretera se debe hacer el estudio de todas las rutas posibles que existen, lo cual puede ser un proceso tedioso si no se tiene la experiencia para hacer un descarte preliminar de aquellas que no sean convenientes mediante un procedimiento adecuado.

Determinación de controles primarios. Los controles primarios son grandes centros de producción económica y de concentración de la población que se convierten en pasos obligados de la carretera por su importancia económica, política y social. Estos definen la orientación de los proyectos y para carreteras de alta importancia son seleccionados en esferas de decisión con alto poder político. Cuando las características de la carretera son de orden local, la decisión sobre estos es tomada más por el ingeniero director del proyecto, con criterios más técnicos que políticos.

Estudios sobre planos a pequeña escala. Los primeros trazados de las rutas deben realizarse sobre planos a pequeña escala desde 1:100.000 y más conveniente a mediana escala 1:25.000, en donde se debe resaltar como característica del terreno la topografía del terreno conformada por las curvas de nivel. También sobre estos planos se puede superponer información adicional sobre la geología, hidrografía y usos del suelo. Mediante estos planos se puede

hacer un análisis integral de los corredores viales que tienen mejor aptitud para el trazado de la carretera.

Reconocimiento preliminar. Se realiza para tener un conocimiento preliminar de las características físicas de los trazados entre controles primarios. Con este se busca recoger información de campo sobre el trazado de las alternativas antes de iniciar con los levantamientos topográficos. Al hacer el reconocimiento se pueden identificar las características más sobresalientes de los trazados y así poder descartar aquellas que por inspección visual no sean viables.

Para terrenos planos la línea recta entre los controles primarios al parecer puede ser la mejor solución, pero por criterios para la seguridad del tránsito de vehículos no se recomienda tener alineamientos rectos demasiado largos, sea por el encandilamiento que producen las luces nocturnas a los conductores que circulan en sentido opuesto o por la fatiga y la propensión al sueño que producen en los conductores estos tipos de alineamientos.

En terrenos montañosos para el reconocimiento predomina el factor de la pendiente longitudinal del que se estipule para el trazado de la vía. En este caso el alineamiento debe tratar de ajustarse lo más posible a la línea recta imaginaria, pero siempre con la orientación de la línea de pendiente.

La ayuda de sobrevuelos en avión o helicóptero para el reconocimiento de terrenos accidentados, puede ser muy útil, debido a que se tiene una visión completa de la topografía de la zona por donde se realizarán los trazados entre controles primarios y así poder identificar los controles secundarios de los alineamientos que posteriormente se materializarán en labores por tierra.

Controles secundarios. A lo largo del reconocimiento de campo se determinan sitios especiales que definen una orientación más específica de los trazados de las alternativas; estos puntos, llamados controles secundarios, definen los alineamientos intermedios entre controles primarios. Estos son: sitios apropiados para la construcción de puentes, depresiones en cadenas de montañas, características geológicas y centros especiales de población o producción existentes o potenciales.

El fondo de los valles de las corrientes de agua y en las partes altas de las cordilleras, son trazados que se pueden hacer con líneas de pendientes aceptables, tratando que no se aparten mucho a la dirección que hay entre los sitios que se deben conectar. Estos pasos ofrecen diferentes alternativas que se deben evaluar.

El sitio de paso por una corriente de agua importante o ponedero, puede ser un punto obligado de control debido a las características inmejorables para la construcción del puente que se tengan en esa zona. Igual para los sitios menos altos de una cordillera llamados serranías a los cuales se puede tener acceso con pendientes aceptables.

2.1.3.2. Trazado de Antepreliminares. Después de hacer los estudios sobre planchas y los reconocimientos de campo, los trazados de las diferentes alternativas son la base para las líneas antepreliminares, si se tiene un solo trazado este será un trazado preliminar.

Estas antepreliminares son la base para la selección de la alternativa definitiva mediante un proceso de evaluación comparativa de aquellas.

Línea de pendiente. Esta línea busca unir controles adyacentes mediante alineamientos cuyo principal criterio es la pendiente adecuada que se espera

en el trazado de la carretera con el objeto de que los vehículos que algún día transiten por la carretera tengan una correcta operación.

Esta línea esta constituida por una serie de tramos cortos en donde se restringe el valor de la pendiente entre dos puntos consecutivos del trazado y es una aproximación al trazado definitivo de la carretera y por ende para su trazado deben tenerse en cuenta otros factores como la geometría horizontal del trazado y los costos de construcción

Línea antepreliminar. Tomando como base la línea de pendiente y la topografía cada franja de estudio, se hace un proyecto aproximado para cada alternativa como líneas antepreliminares, determinando la geometría horizontal y vertical, y un dimensionamiento tentativo y presupuesto aproximado de cada alternativa.

Con la información de las etapas anteriores y teniendo como base los costos y la calidad de los trazados, se hace una evaluación comparativa entre antepreliminares para así tener un trazado que pueda ser ajustado hasta constituirse en un trazado preliminar

2.1.3.3. Comparación geométrica de antepreliminares. Existen algunos factores que de forma sencilla pueden evaluar las características de los alineamientos tanto horizontal como vertical de las antepreliminares trazadas. Algunas de estos factores son:

Tortuosidad de una carretera⁶. Comparativamente una carretera puede considerarse más tortuosa que otra cuando su longitud total presenta un mayor

⁶ DISEÑO DE CARRETERAS. Técnicas y Análisis del Proyecto. Paulo Emilio Bravo. Página 217.

desarrollo en curva, o si se tiene una igualdad en estas condiciones, cuando la carretera presenta menores radios de curvatura.

Las buenas características de un alineamiento horizontal están en función directamente proporcional a la magnitud de los radios de curvatura y en función inversa a la tortuosidad. Por lo tanto la tortuosidad es directamente proporcional a las longitudes de las curvas e inversamente proporcional a los radios de curvatura. La tortuosidad de una carretera según Escario, esta dada por una expresión que indica la relación entre la suma de los cocientes de la longitud de cada curva y su radio respectivo, y la longitud total de la vía considerada, de la siguiente manera:

$$T = \frac{\sum (D/R)}{L} \quad 2.1$$

T = Tortuosidad

D = Desarrollo o longitud de cada curva

R = Radio de la respectiva curva

L = Longitud total de la vía

Longitud resistente o virtual de una carretera⁷. Otro de los métodos que se puede utilizar para la evaluación de las diferentes alternativas de antepreliminares, es el método de longitud virtual o método de Bruce. Este compara para cada ruta o trazado las longitudes, los desniveles, tomando únicamente el aumento de la longitud correspondiente al esfuerzo de tracción

⁷ DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS. James Cárdenas Grisales. Página 3.

en las pendientes. Aquella carretera que tendrá una menor longitud virtual o resistente, tendrá una mejor combinación de alineamientos horizontal y vertical en cuanto a los esfuerzos de tracción que deben hacer los vehículos para superar los desniveles de la vía.

Para calcular la longitud virtual o resistente de una carretera se utiliza la siguiente expresión propuesta por Bruce:

$$x_o = x + k * \sum y \quad 2.2$$

x_o = Longitud resistente (m)

x = longitud total del trazado (m)

$\sum y$ = sumatoria de desniveles (m)

k = inverso del coeficiente de tracción de la superficie de rodadura

La evaluación de la longitud resistente se debe hacer en ambos sentidos. Los desniveles que se encuentran son de dos tipos para cada sentido:

- *Desniveles por contrapendientes*: son todos los desniveles causados por las pendientes en ascenso. Se calculan así:

$$y = \frac{(P * L)}{100} \quad 2.3$$

p = pendiente del tramo (%)

L = longitud del tramo que corresponde a esa pendiente (m)

- *Desniveles por exceso de pendientes:* son todos los desniveles causados por las pendientes en descenso que sobrepasan la pendiente recomendada para el trazado de cada tramo. Se calculan así:

$$y = \frac{(p - p_r) * L}{100} \quad 2.4$$

p = pendiente del tramo (%)

p_r = pendiente recomendada para el tramo (%)

L = longitud del tramo que corresponde a esa pendiente (m)

Los valores del coeficiente k para diferentes valores de superficie de rodadura son mostrados en Tabla 4.

Tabla 4. Valores de k para cada Tipo de Superficie de Rodamiento

TIPO DE SUPERFICIE	VALOR MEDIO DE k
Tierra	21
Grava o asfalto	35
Macadán	32
Concreto	44

FUENTE: DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS. James Cárdenas Grisales. Página 3

Curvatura horizontal media. El grado de curvatura horizontal media mide la magnitud de los cambios de dirección que tiene una carretera en su alineamiento horizontal. Se calcula hallando la sumatoria de los ángulos de deflexión de los diferentes tramos del trazado en planta de las alternativas y dividiéndola por la longitud total del trazado en estudio, como lo muestra el esquema en planta de un alineamiento de la Figura 3.

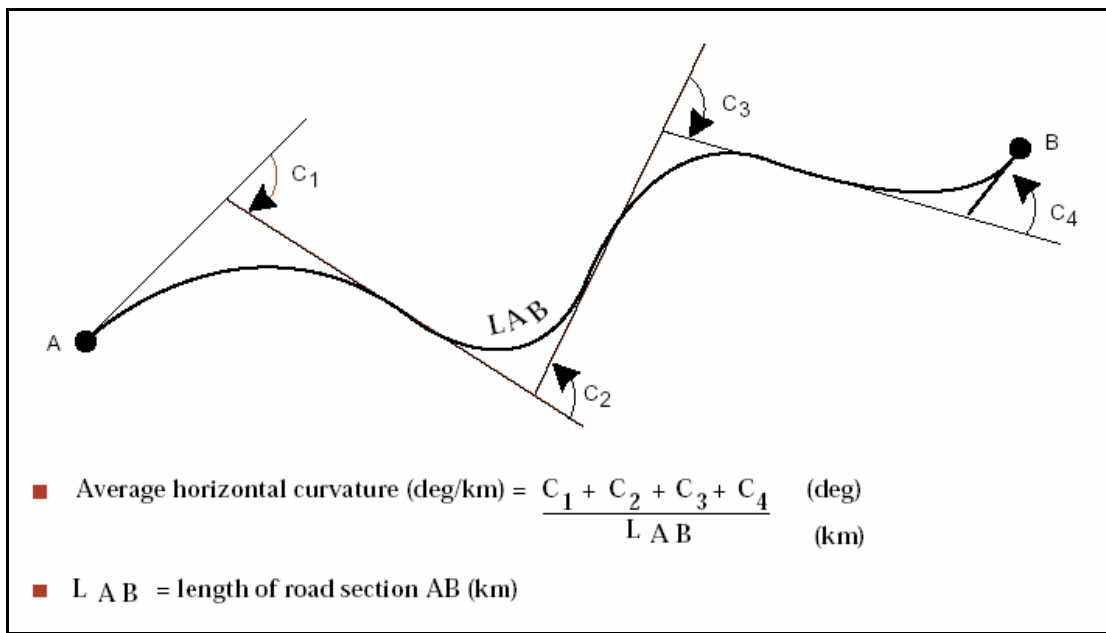
$$CHM = \frac{\sum C}{L} \quad 2.5$$

CHM = Curvatura horizontal media ($^{\circ}$ /Kilómetros)

C = Angulo de deflexión entre alineamientos ($^{\circ}$)

L = longitud total de la alternativa (Kilómetros)

Figura 3. Curvatura horizontal media



Fuente: THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES VOLUME TWO: Applications Guide (Manual del software HDM-4). Pagina D1-13

Subidas más bajadas. El promedio de subidas más bajadas mide la magnitud de los cambios de elevación que se experimentan en el alineamiento vertical del trazado de las alternativas. Se calcula como la sumatoria de los desniveles en ascenso y descenso sobre la longitud total del tramo en estudio; también se puede hacer el calculo del numero de ascensos más descensos por

unidad de longitud para el tramo, como lo muestra el esquema en perfil de un alineamiento de la Figura 4.

$$SMB = \left(\sum R + \sum F \right) / L \quad 2.6$$

SMB = subidas más bajadas (m/Km)

R = desniveles en ascensos (m)

F = desniveles en descensos (m)

L = longitud total de la alternativa (Kilómetros)

$$\#SMB = \left[(\#R) + (\#F) \right] / L \quad 2.7$$

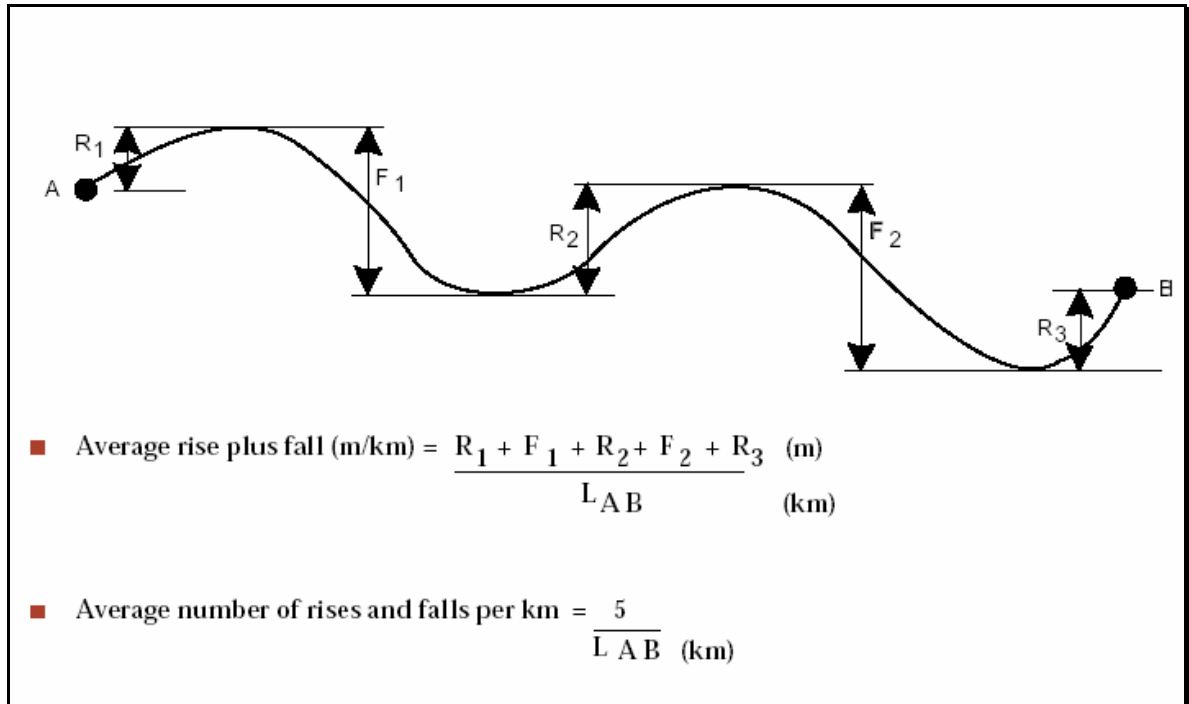
#SMB = subidas más bajadas (#/Km)

#R = numero de ascensos

#F = numero de descensos (m)

L = longitud total de la alternativa (Km)

Figura 4. Rampas más pendientes



Fuente: THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES VOLUME TWO: Applications Guide (Manual del software HDM-4). Pagina D1-13

En la Tabla 5 se muestra una clasificación para los alineamientos tanto en planta como en perfil que adoptaron los miembros del ISOHDM (Internacional Study of Highway Development and Management Tools) para el software HDM-4 que maneja el desarrollo y gestión de carreteras.

Tabla 5. Clasificación de alineamientos en planta y perfil según ISOHDM

No.	Tipo de Geometría	Subidas + Bajadas [m/Km]	No. de Subidas + Bajadas por Kilómetros	Curvatura Horizontal [°/Km]	Peralte [%]	Velocidad Límite [Km/hora]
1	Recta y plana	1	1	3	2	110
2	Principalmente recta y levemente ondulada	10	2	15	2.5	100
3	Curva y generalmente plana	3	2	50	2.5	100
4	Curva y levemente ondulada	15	2	75	3	80
5	Curva y severamente ondulada	25	3	150	5	70
6	Tortuosa y levemente ondulada	20	3	300	5	60
7	Tortuosa y severamente ondulada	40	4	500	7	50

Fuente: THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES VOLUME TWO: Applications Guide (Manual del software HDM-4). Pagina D1-13

En Colombia el Instituto Nacional de Vías ha adoptado ciertos valores de Subidas más Bajadas y Curvatura Horizontal para hacer los análisis de operación de costos vehiculares, para los diferentes tipos de terrenos como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Características de alineamientos en planta y perfil según INVIAS

Tipo de Terreno	Subidas + Bajadas [m/Kilómetros]	Curvatura Horizontal [°/Kilómetros]
Plano	5	50
Ondulado	19	150
Montañoso	50	300

Fuente: Volúmenes de Transito 2003. Instituto Nacional de Vías

2.1.3.4. Evaluación de costos y beneficios. Los costos en los estudios de prefactibilidad se pueden estimar mediante una subdivisión en tramos homogéneos según el tipo de terreno sea plano, ondulado, montañoso, escarpado. Con la longitud en cada tipo de terreno y los costos aproximados de construcción para carreteras en cada terreno dados por el ministerio de transporte, se puede hacer un estimativo de los costos que acarrearía construir las diferentes alternativas para la nueva vía. Estos costos pueden tener una aproximación entre el 30 y el 35% del costo final que tendría el proyecto.

Para la construcción de nuevos proyectos, se deben hacer estudios profundos del impacto que tiene la carretera en la zona de influencia a nivel local y regional, que están relacionados con el tráfico que se estime para la vía y con la variación en la producción que se pueda dar en la zona de influencia del proyecto. En este aspecto se puede mirar tres aspectos:

- Integración de nuevas zonas a la producción: esta relacionado con el aumento del valor de la tierra como consecuencia de la mayor rentabilidad y productividad que se genera a causa de la disminución de los costos para transportar los productos.
- Producción agregada de bienes y servicios: medido mediante el incremento de la producción en la zona antes y después de la construcción de la vía.
- Incentivo a otros sectores de la economía: los sectores que tienen dependen del transporte podrán ver incrementar sus utilidades al obtener una mayor demanda de sus servicios.

Los beneficios son un aspecto delicado para evaluar y cuantificar, en el cual se necesita la implementación de estudios económicos especializados. La

mejor alternativa para el caso de la evaluación por factibilidad será aquella que presente una mejor relación beneficio-costos.

2.2. HERRAMIENTA DE APOYO PARA LA SELECCIÓN DE CORREDORES VIALES PRODIVIAL⁸

Para poder hacer la selección del corredor vial que tenga características favorables para el trazado de la carretera, tanto en aspectos físicos, ambientales y socioeconómicos se utilizó la herramienta de apoyo para la selección de un corredor vial PRODIVIAL diseñada por el ingeniero Fabio Hernando Esparza Velasco y por los profesores de la escuela de Ingeniería Civil de la UIS Germán García Vera y Jorge Álvaro Castellanos, con la asesoría del ingeniero Jorge Gómez Gómez.

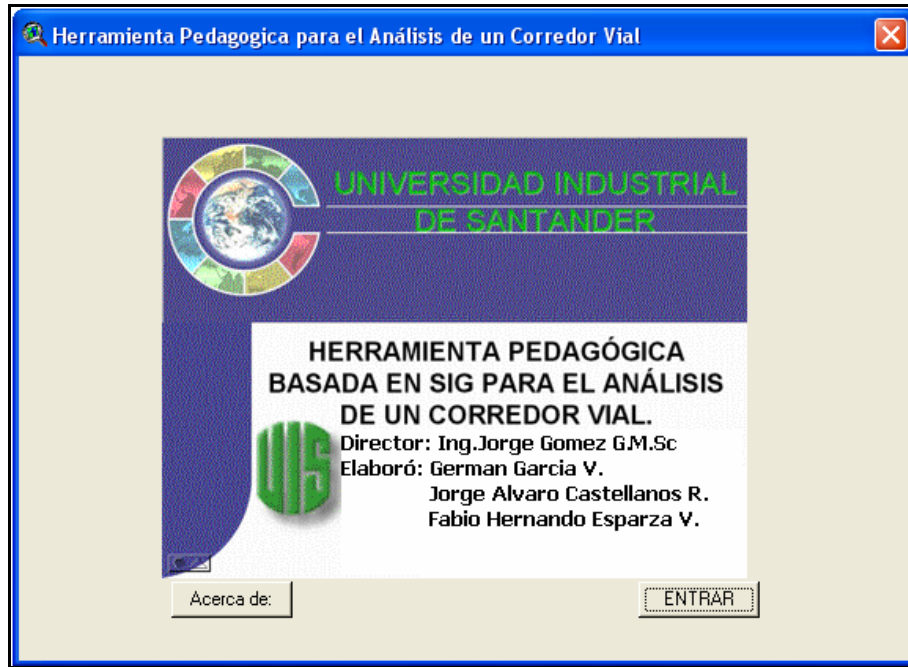
2.2.1. Generalidades de la herramienta

PRODIVIAL es una herramienta enfocada a la pedagogía que permite la selección del mejor corredor vial de acuerdo a diversos aspectos relacionados con el diseño vial. La herramienta está desarrollada sobre el software ARCVIEW 3.2 y trabaja con archivos de cartografía compatibles con este.

En la Figura 5 se muestra la ventana inicial de presentación de la herramienta.

⁸ Implementación de una herramienta basada en un SIG para apoyar la selección de un corredor vial. Fabio Hernando Esparza Velasco

Figura 5. Ventana de presentación de la herramienta PRODIVIAL



Fuente: Ventana de aplicación de la herramienta PRODIVIAL

La herramienta opera tomando diversos mapas temáticos de la zona de estudio, de tal forma que el usuario puede asignarle un puntaje numérico a cada clase del cada mapa, dependiendo de la aptitud que este posea para el trazado de la vía, para luego realizar una intersección de los diferentes mapas temáticos cada uno con un valor de ponderación que depende de la importancia que tiene cada mapa en el análisis que se quiera realizar, y así obtener el mapa de aptitud total de la zona de estudio.

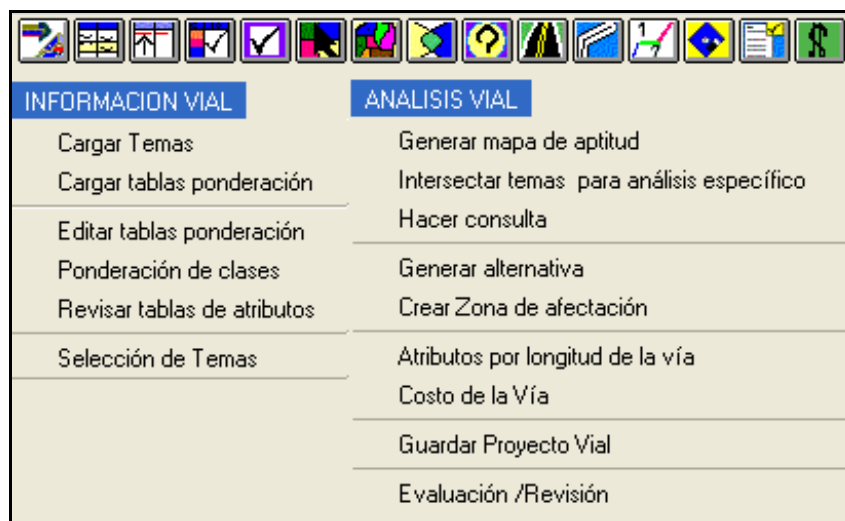
El aspecto topográfico se maneja por aparte debido a la importancia que este tiene para el diseño vial, por lo tanto es necesario tener el mapa de pendientes de la zona de estudio obtenido a partir de las curvas de nivel. En este se debe obtener zonas discriminadas por rangos de pendientes en donde a cada una se le asigne un valor numérico.

Al hacer la intersección de los mapas de aptitud total y pendientes, se tienen zonas con un puntaje de aptitud y un rango de pendientes; con esto la herramienta nos permite hacer consultas de las zonas por donde se desea pasar la vía de acuerdo a estos dos aspectos.

Con la selección de estas zonas se pueden trazar diversas alternativas viales las cuales pueden ser intersectadas con los diversos mapas temáticos, con el mapa de aptitud total y el mapa de pendientes, para hacer una comparación entre ellas y seleccionar aquella que tenga mejores características para ser el alineamiento de un posible eje vial.

La herramienta es una aplicación para el software ARCVIEW 3.2 escrita en lenguaje de programación Avenue y la cual le añade a la estructura tradicional de Arcview unos menús (Información Vial y Análisis Vial) y una barra de botones con los cuales se puede hacer el procedimiento descrito anteriormente. Los menús y la barra de herramientas de la aplicación se muestran en la Figura 6.

Figura 6. Barra de herramientas y menús de la aplicación PRODIVIAL



Fuente: Ventana de aplicación de la herramienta PRODIVIAL

2.2.2. Datos necesarios para procesamiento

Las fuentes principales de los datos para el manejo de la herramienta, son los planes o esquemas de ordenamiento territorial de los diferentes Municipios de la zona de influencia del proyecto, en donde se pueden encontrar los diferentes mapas temáticos necesarios para el análisis en formato dwg de AutoCAD, y luego de un proceso de unificación y ensamble se pueden conformar los mapas temáticos para toda la zona de estudio. Los principales insumos que se deben tener para el funcionamiento son los mapas temáticos y las tablas de ponderación de las clases de cada mapa temático.

2.2.2.1. Mapas Temáticos. Los mapas temáticos son esquemas gráficos de los temas con los cuales se quiere hacer el análisis de aptitud, en donde se pueden distinguir zonas con características definidas dentro del tema. Los mapas temáticos deben estar en formato shape para su manejo en la herramienta. Los elementos de este tema deben ser de tipo polígonos y cada polígono del tema debe estar identificado con una clase del mapa temático.

Los temas de formato shape en Arcview poseen una tabla de atributos que contiene los registros de los diferentes polígonos que hacen parte del tema. Para el análisis en la herramienta se requiere que la tabla de atributo de cada tema tenga los siguientes campos en el orden en que se muestran:

- Shape: es un campo tipo string en donde se identifica el tipo de entidad de los elementos que conforman el shape, para este caso, todos serán de tipo polígono.

- Área: es un campo de tipo numérico en donde se debe calcular el área de cada polígono que representa el registro en unidades del proyecto.
- Txt****: es un campo de tipo string donde se almacena el nombre de la clase a la que pertenece el polígono dentro de cada mapa temático. El nombre del campo debe iniciar con los caracteres "Txt" seguidas de las cuatro primeras letras del nombre del shape del mapa temático.
- ****_: es un campo de tipo numérico que sirve como identificador a cada polígono. El nombre del campo debe iniciar con las cuatro primeras letras del nombre del shape del mapa temático seguidas del carácter "_".
- ****_id: es un campo de tipo numérico que sirve como segundo identificador a cada polígono. El nombre del campo debe iniciar con las cuatro primeras letras del nombre del shape del mapa temático seguidas de los caracteres "_id".

2.2.2.2. Tablas de Ponderación. Son tablas que almacenan el puntaje numérico que el usuario le asigna a las diferentes clases dentro de cada mapa temático de acuerdo a la aptitud que posea dicha clase según el criterio que se analice dentro de cada tema.

Deben ser tablas con formato dbf tipo IV, y pueden ser creadas dentro de una hoja de excel o con la opción de creación de tablas de Arcview. El nombre de cada tabla debe corresponder al del shape de cada mapa temático de la siguiente manera: "Clase_*", donde el asterisco es el nombre del shape asociado a cada mapa temático. Cada tabla debe contener los siguientes campos:

- Clase_****: es un campo de tipo string en donde se colocan las diferentes clase de cada mapa temático, las cuales deben estar escritas de la misma manera que en el campo Txt**** de la tabla de atributos del shape correspondiente. El nombre del campo debe comenzar con los caracteres “Clase_”, seguidos por las cuatro primeras letras del nombre del shape correspondiente al tema relacionado con la tabla.
- Descripcion: es un campo de tipo string en donde se almacena alguna información característica de cada clase para poder tener un registro del criterio que se uso para darle la puntuación a la clase. El nombre de este campo no debe tener tilde.
- Valor_****: es un campo tipo numérico de tres cifras, en el cual se asignara la puntuación que el usuario considere adecuada para valorar cada clase del mapa temático. Por facilidad para la interpretación de los resultados se recomienda que estos valores oscilen entre 0 y 100, siendo 0 el puntaje asignado a una clase que no posea nada de aptitud y 100 el puntaje para la clase que tenga la mejor aptitud dentro de cada tema. El nombre del campo debe comenzar con los caracteres “Valor_”, seguidos por las cuatro primeras letras del nombre del shape correspondiente al tema relacionado con la tabla.

2.2.2.3. Estructura de Directorio. El manejo de los proyectos en la aplicación se realiza en la misma forma que en Arcview, mediante archivos .apr. El directorio en que se debe guardar toda la información de los análisis debe ser llamada PRODIVIAL y esta debe ubicarse dentro de la unidad de disco duro C:\, para que el apr de la aplicación pueda trabajar de una manera adecuada.

El apr con el cual fue diseñada la herramienta se llama vial1 y se encuentra en el directorio C:\PRODIVIAL\proyectos\apr. Al iniciar un proyecto nuevo, la aplicación le pregunta al usuario el nombre y un código que debe ser único para cada proyecto. La información correspondiente será guardada en una copia del apr original con el fin de protegerlo de cualquier cambio indeseable. Esta copia es otro archivo apr cuyo nombre será el código que se le asigno al proyecto al iniciar la aplicación y será guardada en la misma ubicación que el apr original.

Los shapes de los mapas temáticos deben ser almacenados en un directorio con el nombre del proyecto que se encuentre dentro del directorio C:\PRODIVIAL, y al momento de cargar estos mapas en la aplicación, la herramienta crea una copia de cada shape preferiblemente con el mismo nombre del original, pero que será almacenada en el directorio C:\PRODIVIAL\proyectos\apr\temp. Estos son los archivos que la aplicación utilizará para el análisis para proteger los archivos originales.

Las tablas de ponderación deben almacenarse en el directorio C:\PRODIVIAL\proyectos\tablas_ponderacion, debido a que es desde esta ubicación que son cargadas dentro de la aplicación.

Todos los archivos de resultados que son generados por la aplicación son guardados en la dirección C:\PRODIVIAL\proyectos\apr\temp.

Preferiblemente los nombres de todos los archivos deben estar en minúsculas y sin tildes. Para que la aplicación trabaje de una forma adecuada, se deben seguir estas recomendaciones tanto de los nombres, formatos y ubicaciones de los archivos.

2.2.3. Pasos para la ejecución de la herramienta

Para trabajar con la aplicación, es necesario ingresar al software Arcview, en donde se debe buscar el apr "vial1" que se encuentra en la dirección C:\PRODIVIAL\proyectos\apr. Una vez cargada la aplicación, esta solicita el nombre del usuario, y el código con el cual se quiera crear y guardar el proyecto nuevo, con el fin de proteger el apr original, al digitar estos datos, se debe escoger la opción CREAR. Si el proyecto ya esta previamente creado, se debe buscar el apr correspondiente a este que se debe encontrar en la misma dirección que el apr original y se debe escoger la opción ENTRAR.

Una vez ingresada la información general del proyecto, la aplicación se abre con una vista de Arcview llamada VISUALIZACIÓN DE PLANOS, en donde deberán ser cargados los diferentes mapas temáticos con los cuales se desea realizar el análisis.

A partir de este punto se debe ingresar al programa la información correspondiente a los mapas temáticos y tablas de ponderación de cada temas que se utilizaran para el diseño del corredor vial, para posteriormente realizar los análisis y selección de corredor más apto para el trazado de las alternativas mediante una serie de pasos secuenciales que serán descritos a continuación.

2.2.3.1. Cargar mapas temáticos. El primer paso consiste en proporcionarle a la aplicación la información de los diferentes aspectos físicos, ambientales y socioeconómicos de la zona por donde se desee realizar el trazado de la carretera, en forma de mapas temáticos, los cuales deben cumplir con las especificaciones de nombres, formatos y ubicación descritas anteriormente.

Una vez seleccionado el mapa que se desee cargar, la aplicación muestra una ventana en donde el usuario debe crear una copia del archivo shape del respectivo mapa, con el objeto de proteger los archivos originales. La aplicación trabajara con estas copias para realizar todos los procesos de análisis del corredor vial con que cuenta la herramienta. Estas copias preferiblemente deberán tener el mismo nombre del archivo original y deberán ser almacenadas en el directorio C:\PRODIVIAL\proyectos\apr\temp.

Los mapas son mostrados en la vista, en donde los polígonos del tema son clasificados de acuerdo al campo Txt**** de la tabla de atributos del tema, y a su vez en la barra derecha de la vista donde se despliegan los temas cargados, aparece el nombre del shape con la clase a la que pertenece cada color con el cual se visualizo el tema.

Este proceso se puede realizar dentro del menú INFORMACIÓN VIAL mediante la opción *Cargar Temas* o con el primer botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

2.2.3.2. Cargar tablas de ponderación. Después de cargar los mapas temáticos, se deben cargar sus respectivas tablas de ponderación donde se encuentre el puntaje que le asigna el usuario a cada clase del mapa dependiendo de la aptitud de esta dentro del tema.

Estas tablas deben cumplir con las especificaciones de nombres, formatos y ubicación descritas anteriormente.

Este proceso se puede realizar dentro del menú INFORMACIÓN VIAL mediante la opción *Cargar tablas ponderación* o con el segundo botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

En caso de que exista un error en los formatos de las columnas, en los nombres de las clases o en los puntajes asignados a cada clase, la aplicación permite corregir estos errores.

El proceso de edición se puede realizar dentro del menú INFORMACIÓN VIAL mediante la opción *Editar tablas ponderación* o con el tercer botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

2.2.3.3. Asignación de valores de ponderación a las clases. Luego de cargar los mapas temáticos con sus respectivas tablas de ponderación se debe hacer un cruce de información entre ellos en donde se le asigne a cada polígono del mapa temático, el respectivo puntaje que se encuentra en la tabla de ponderación para la clase a la cual pertenezca el polígono dentro del tema.

En este proceso se modificada la tabla de atributos del tema insertándole los campos descripción y Valor_**** traídos de la tabla de ponderación del tema. La aplicación le asigna valores a estas columnas revisando que los valores de los campos Txt**** de la tabla de atributos y Clase_**** de la tabla de ponderación sean iguales.

En este punto la aplicación le muestra al usuario un cuadro de dialogo en donde le pide que escoja el tema a ponderar y luego otro cuadro donde se pide que escoja la respectiva tabla de ponderación del tema.

Este proceso se puede realizar dentro del menú INFORMACIÓN VIAL mediante la opción *Ponderación de clases* o con el cuarto botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

A la par la aplicación permite la revisión de las tablas de atributos de los temas ponderados, en donde este chequea que todos los campos de esta tabla estén completos y que no exista alguno que no tenga los datos de la tabla de ponderación por alguna inconsistencia entre los nombres de los campos Txt**** de la tabla atributos y Clase_**** de la tabla de ponderación.

En este punto la aplicación le muestra al usuario un cuadro de dialogo en donde le pide que escoja el tema a revisar y si no encuentra errores el programa le indica muestra un aviso indicando que el proceso se encuentra correcto, de lo contrario, muestra la información de los posibles errores en los cuales se pudo haber incurrido.

El proceso de revisión se puede realizar dentro del menú INFORMACIÓN VIAL mediante la opción *Revisar tablas de atributos* o con el quinto botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

2.2.3.4. Selección y clasificación de temas para analizar. En este paso la aplicación le permite al usuario hacer una selección de los temas con los cuales desea trabajar para hacer un análisis específico del corredor vial. El máximo numero de temas que se puede analizar a la vez es de 9 y cada uno de los temas seleccionados debe tener una ponderación de acuerdo a la importancia que se le quiera asignar al tema dentro del análisis, y en donde la suma de las ponderaciones de todos los mapas debe ser igual a 100.

En el cuadro de dialogo que presenta la aplicación en este punto se seleccionan los temas con los que se desea hacer el análisis, y en frente de los mismos se coloca la respectiva ponderación que tendrá el tema dentro del análisis; la aplicación activa para el análisis solamente aquellos temas a

los cuales se les haya colocado ponderación y hace la revisión de que la suma de las ponderaciones sea 100 con lo cual se activa la opción PROCESAR para poder continuar con el análisis.

Este proceso se puede realizar dentro del menú INFORMACIÓN VIAL mediante la opción *Selección de temas* o con el sexto botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

2.2.3.5. Generación de mapa de aptitud total. En esta etapa se genera un mapa de aptitud total que es el resultado de intersección de todos los mapas que se seleccionaron para el análisis. El resultado final es mapa con una serie de polígonos que se encuentran clasificados por un puntaje total que resulta de la sumatoria de los productos del puntaje de la clase a la cual pertenece dentro del tema por la respectiva ponderación que tiene el tema dentro del análisis específico. El puntaje total que tendrá asignado cada polígono dentro mapa de aptitud total puede ser expresado mediante la siguiente ecuación:

$$TOTAL = \sum_{i=1}^n (PuntajeClase) * (PonderacionMapa_i) \quad 2.7$$

TOTAL = puntaje total del polígono en el mapa de aptitud total

PuntajeClase = puntaje que se le asigna a la clase a la cual pertenece el polígono dentro del mapa temático i.

PonderacionMapa_i = ponderación asignada al mapa i dentro del análisis.

En este proceso la aplicación no dispone de interfaces para el usuario, solo muestra el avance de los procesos internos que se realizan para llegar al resultado final de obtener el mapa de aptitud total. La aplicación hacer el

proceso de intersección de los temas por ciclos en donde comienza con los primeros dos mapas seleccionados para el análisis, generando un primer mapa de intersección al cual se le asigna el nombre de aptitudtotal1. Posteriormente este mapa se interfecta con el siguiente mapa temático generando un mapa llamado aptitudtotal2 y así sucesivamente hasta completar las intersecciones con los n mapas temáticos con los que se trabaja en el análisis específico y al resultado de todas las intersecciones la aplicación le vuelve a colocar el nombre de aptitudtotal1.

A medida que la aplicación va realizando las intersecciones, esta va creando en la tabla de atributos de los temas de aptitud, campos de ponderación en donde va calculando el resultado del producto del puntaje de la clase de cada mapa por la respectiva ponderación del mismo. La tabla de atributos del mapa final de aptitudtotal1 solamente contiene el puntaje total calculado de cada polígono que resulta de la sumatoria de los valores calculados en los campos de ponderación de las intersecciones intermedias.

Este proceso se puede realizar dentro del menú ANÁLISIS VIAL mediante la opción *Generar mapa de aptitud* o con el séptimo botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

2.2.3.6. Intersección del mapa de aptitud total con el de pendientes de la zona. Como el aspecto topográfico es fundamental en el diseño de corredores viales, se debe manjar aparte para el análisis que se hacer con la aplicación.

Se debe contar con un mapa de pendientes en formato shape de la zona de estudio, generado previamente mediante alguna herramienta informática que permita realizar este proceso. La tabla de atributos de este tema de pendientes, debe tener el mismo formato que las tablas de atributos de los mapas temáticos con la excepción que el campo Txt**** se remplaza por uno

llamado Rango en donde se especifica un valor para los diferentes rangos de pendientes como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Rangos de pendiente

PENDIENTE TRANSVERSAL (%)	RANGO DE PENDIENTE
0 - 3	1
3 - 7	2
7 - 12	3
12 - 25	4
25 - 50	5
50 - 75	6
> 75	7

Fuente: Autores de la investigación.

Este mapa de pendientes se carga en la aplicación con el mismo procedimiento descrito para los mapas temáticos. A continuación se procede a intersectar estos dos mapas generando un mapa en donde cada polígono tiene unos campos con el puntaje total del mapa de aptitud total y el rango del mapa de pendientes.

El resultado de este proceso es un mapa con la información de aptitud y pendientes que se le asigna el nombre que resulta de las cuatro primeras letras de los dos mapas que se usaron para generarlo.

En esta etapa del proceso, la aplicación le muestra al usuario una interfaz donde se pueden escoger los temas específicos a intersectar, en este caso los mapas de aptitud total y de pendientes.

Este proceso se puede realizar dentro del menú ANÁLISIS VIAL mediante la opción *Intersectar temas para análisis específico* o con el octavo botón que

se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

2.2.3.7. Selección de zona óptima. Obtenido el mapa que tiene la información de aptitud total y pendientes, se procede a hacer la selección de la zona óptima para el trazado de las alternativas viales de acuerdo a criterios del usuario.

En lo que respecta a la parte de aptitud total se debe tener en cuenta la forma con la cual se le asignó puntaje a cada clase en cada mapa temático, por ejemplo si se asignaron puntajes de 0 a 100, siendo 0 el puntaje para la clase de menor aptitud dentro del tema y 100 para la clase con mayor aptitud dentro del tema, se procede en este paso a dar un criterio para la selección de los polígonos con puntajes de aptitud total altos por ejemplo aquellos que tengan más de 60 de aptitud total.

En lo concerniente a la parte del mapa de pendientes se deben tener en cuenta los intervalos de pendiente transversal usadas para la clasificación por rangos, es decir si se quiere que se seleccionen solamente aquellas zonas cuya pendiente transversal sea inferior a 25% se deben seleccionar aquellos polígonos que tengan rangos de pendientes menores o iguales a 4 según lo especificado en la Tabla 7.

Teniendo claros estos criterios de selección, la aplicación le muestra al usuario una interfaz donde le pide que seleccione el mapa que contiene la información conjunta de aptitud total y pendientes. Luego muestra una ventana de consulta donde el usuario debe indicar los rangos entre los cuales quiere que la aplicación haga la selección de polígonos tanto para el puntaje de aptitud total como para el rango de pendientes, teniendo en cuenta que estos rangos corresponden a intervalos cerrados.

Una vez alimentada la aplicación con los criterios de selección, esta procede a seleccionar dentro del mapa que contiene la información de aptitud total y pendientes, todos los polígonos que cumplan con los criterios dados por el usuario, resaltando en la ventana de Visualización de Planos estas zonas en un color amarillo, con lo cual se puede visualizar de una forma clara las zonas más aptas para el trazado de las diferentes alternativas viales.

Este proceso se puede realizar dentro del menú ANÁLISIS VIAL mediante la opción *Hacer Consulta* o con el noveno botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

2.2.3.8. Generación de las alternativas. Al tener clara la visualización de las zonas más aptas para los trazados de las alternativas, se procede a generar los trazados de las mismas. Las diversas alternativas se crean dentro de la aplicación como shapes de tipo línea.

Como primer paso la aplicación le pide al usuario que defina una zona de afectación en metros a cada lado de la vía que depende del tipo de carretera que se este manejando. Luego se pide el nombre y la ubicación donde se desea guardar el nuevo tema. Al hacer esto, la aplicación crea el nuevo tema dentro en la vista Visualización de Planos y la deja en modo editable.

En este momento el usuario puede proceder a trazar las alternativas mediante la herramienta de Arcview para el trazado de polilíneas, tratando de que el alineamiento pase la mayor parte por las zonas aptas que se seleccionaron en el paso anterior. También se puede generar previamente el alineamiento con alguna otra herramienta que facilite más el dibujo, copiarla y pegar el elemento dentro del tema de la alternativa. Al terminar el trazado de la alternativa se debe buscar la opción Stop Editing de Arcview para terminar con la edición del nuevo tema.

Este proceso se puede realizar dentro del menú ANÁLISIS VIAL mediante la opción *Generar alternativa* o con el décimo botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

2.2.3.9. Resultados de la alternativa según el atributo seleccionado para cada tema. Posteriormente al trazado de las alternativas, se puede hacer una consulta de las longitudes en que esta presente cada clase de los mapas temáticos, rangos de pendientes y puntajes totales de aptitud dentro de cada una de las alternativas.

Para esto es necesario hacer una intersección de los temas de la alternativa que se desee evaluar y el mapa con el cual se quiere hacer la consulta, mediante el mismo proceso descrito en la sección 2.2.3.6.

Con esto se genera un nuevo shape de tipo línea con la nomenclatura de las cuatro primeras letras del nombre de la alternativa y las cuatro primeras letras del nombre del mapa con el que se intersectó.

En este momento es posible visualizar la alternativa con diferentes colores para cada clase o rango de pendiente, o para los rangos de los puntajes totales, dependiendo del tipo de mapa con el que se haya hecho la intersección.

Al tener este nuevo shape se puede hacer una consulta de las longitudes que pertenecen a cada clase de mapa temático, rango del mapa de pendientes o puntaje total del mapa de aptitud total. En este momento la aplicación le muestra al usuario una interfaz en donde le pregunta a cual tema desea hacer la consulta, en donde se debe escoger el nuevo shape creado para la intersección y pregunta con que campo de la tabla de atributos del mapa con

que se hizo la intersección se desea hacer la consulta; para el caso de los mapas temáticos se debe hacer con el campo Txt****, para el mapa de pendientes con el campo Rango y para el mapa de aptitud total con el campo Total.

En este momento la alternativa muestra una tabla con las diferentes clases, rangos o puntajes del mapa y al frente de cada uno la longitud que se encuentra presente de aquellos dentro de la alternativa.

Este proceso se puede realizar dentro del menú ANÁLISIS VIAL mediante la opción *Atributos por longitud de la vía* o con el decimosegundo botón que se encuentra en la barra de herramientas de la aplicación de izquierda a derecha.

2.3. OTRAS HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS UTILIZADAS

2.3.1. Arcview⁹

Arcview es un software de sistemas de información geográfica SIG diseñado en un ambiente de Windows, el cual permite la visualización, exploración, consulta y análisis de datos geográficos implementando el manejo de información espacial con datos alfanuméricos.

2.3.2. Arcinfo

Arcinfo fue un software pionero en el manejo de sistemas de información geográfica. Trabaja sobre el sistema operativo Linux y a pesar que la visualización grafica no es tan buena como en otros software SIG, en este se

⁹ *Curso Básico de Arcview. Autoaprendizaje. Jorge Hernando Gómez Gómez*

pueden realizar muchas labores de manejo de información geográfica de una manera más precisa.

2.3.3. Eagle Point 97

Eagle Point es una herramienta utilizada para el diseño geométrico de carreteras en lo respecto a los alineamientos en planta, perfil y secciones transversales, además de ayudar al calculo de movimientos de tierras y al dibujo de planos de planta-perfil y secciones transversales. Esta herramienta trabaja sobre programas de dibujo CAD, específicamente la versión 97 trabaja sobre AutoCAD 14.

3. ZONA DE INFLUENCIA

En el presente capítulo se describe de manera global la zona de influencia tanto del proyecto Global de conexión entre la ciudad de Bucaramanga y los Llanos Orientales, como de la vía por el Cañón del Chicamocha, que hace parte del proyecto global, la cual es objeto de investigación del presente trabajo de grado.

Se describe el primer trabajo que se realizó para la visualización de la zona de influencia, es decir la forma como se llevo a cabo el montaje de un modelo en tres dimensiones de la zona del proyecto. Se describen los temas que se visualizan en este modelo y la manera como se organizó y editó toda la información recopilada en este modelo.

A continuación se hace una breve descripción de la zona de influencia del proyecto global de conexión vial entre Bucaramanga y los Llanos Orientales, mencionando los Municipios de cada Departamento que se ven afectados por el estudio y realizando la descripción de la alternativa existente y la alternativa propuesta para mejorar la conexión entre estas regiones.

Como complemento de la descripción de esta zona de influencia global, se describió de manera más detallada la parte correspondiente al Departamento de Santander, es decir la zona de afectación de la construcción de la nueva vía por el Cañón del Chicamocha.

En esta parte se describen los aspectos de ubicación y localización, aspectos físicos-bióticos y aspectos socio-económicos del Departamento de Santander

y de los diferentes Municipios que intervienen de manera directa en el trazado de la carretera.

Esta descripción de la zona de influencia se realizó en base a información obtenida de los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los Municipios que se mencionan en la zona de influencia de la parte de Santander y de la bibliografía mencionada en el capítulo.

La información recopilada en este capítulo sirve como base para describir las zonas que serán objeto del estudio del corredor vial para el trazado de la carretera por el Cañón del Chicamocha.

3.1. ASPECTOS GENERALES

Para el planteamiento de la zona de influencia de la cual se hace referencia en este trabajo, se debe tener en cuenta que existen dos zonas de influencia con características y con nivel de detalle en los estudios y análisis realizados diferentes.

La primera de estas zonas de influencia hace referencias a toda la región que se vería afectada con el proyecto de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales. En esta zona de influencia hacen parte Municipios de los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare. Debido a la cantidad y disponibilidad de la información que hace referencia a esta zona de influencia, no fue posible realizar una descripción completa de las características y aspectos más importantes de la misma. El alcance de esta descripción se limitará a nombrar los Municipios y las vías a tener en cuenta para realizar el estudio integral de la zona, labor que deberá ser realizada por los organismos interesados en el proyecto de los otros Departamentos.

La zona de influencia que será el objeto principal del estudio en este trabajo, y la cual será descrita con algunas de sus características físicas y socioeconómicas más relevantes, corresponde a la parte del proyecto integral que involucra al Departamento de Santander, es decir aquellos Municipios que se verían directamente o indirectamente influenciados por la construcción de la vía nueva por el Cañón del Río Chicamocha.

3.2. MODELO DIGITAL EN 3D DE LA ZONA DE INFLUENCIA

El primer paso que se realizó para tener una visión global de lo que podría llegar a ser el proyecto de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales, fue la realización de un modelo digital del terreno en tres dimensiones.

El modelo digital en 3D de la zona de influencia del corredor vial entre Bucaramanga y los Llanos Orientales nos da una idea preliminar de los diferentes aspectos topográficos, hidrográficos, así como la ubicación de los cascos urbanos de los Municipios y la red vial existente en la zona que se está analizando. Para la realización de este modelo en 3D fue necesario realizar una recopilación y un procesamiento de la información cartográfica disponible. La fuente de esta información cartográfica fue el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

3.2.1. Recopilación de la información cartográfica

La información cartográfica correspondiente al Departamento de Santander y parte de Boyacá se obtuvo digitalizada gracias a la colaboración del Grupo de Investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas.

En estos archivos de AutoCAD suministrados por Geomática, se encontraba digitalizada gran parte de la zona influencia del proyecto de integración regional. Las diferentes planchas a escala 1:25000 de esta zona, se encontraban ensambladas y editadas en su mayor parte según los lineamientos dados por el IGAC para la digitalización de planchas cartográficas, en cuanto a las capas, elementos y atributos de los mismos.

Las planchas del IGAC digitalizadas, que se suministraron para obtener la información cartográfica de la zona de influencia y por ende para poder realizar el modelo digital en tres dimensiones de la misma son las siguientes:

- 120-II-D
- 120-IV-(B, C, D)
- 121-I-(A, B, C, D)
- 121-II-C
- 121-III-(A, B, C, D)
- 121-IV-(A, C)
- 135-II-(A, B, C, D)
- 135-IV-(A, B, C, D)
- 136-I-(A, B, C, D)
- 136-II-(A, C)
- 136-III-(A, B, C, D)
- 136-IV-(A, C)
- 137-I-(B, D)
- 137-II-C
- 137-III-(B, D)
- 137-IV-(A, B, C, D)
- 152-I-(A, B, C, D)
- 152-II-(A, C)
- 152-III-(A, B)
- 152-IV-A

- 153-I-(B, D)
- 153-II-(A, B, C)

En total fueron suministradas 58 planchas del IGAC a escala 1:25000, con información cartográfica digitalizadas y ensambladas de la zona del Cañón del Río Chicamocha en los Departamentos de Santander y Boyacá, en donde se encontraba la información de la topografía, hidrografía, infraestructura vial, cascos urbanos y demás, de acuerdo a la organización y clasificación por capas dada por el IGAC en el Catalogo de Objetos CO-25 versión 2.0

En este catalogo de objetos se agrupan los elementos cartográficos por capas en 7 grandes temas:

- Tema 1000 (Puntos de Control): En este tema se consignan todos los puntos de control terrestres, puntos instrumentales y edafológicos, que se usaron para hacer el levantamiento cartográfico.
- Tema 2000 (Catastro): en este tema se encuentran todas las áreas catastrales, zonas homogéneas físicas y socioeconómicas, las edificaciones y obras civiles.
- Tema 3000 (Transporte): En este tema se agrupan los elementos que hacen referencia a la infraestructura de transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial.
- Tema 4000 (Cobertura Vegetal): En este tema se consignan las diferentes áreas de vegetación y bosques.

- Tema 5000 (Hidrografía): En este tema se encuentran los elementos relacionados con los diferentes cuerpos de agua, objetos relacionados con ellas y las instalaciones y construcciones que se llevan a cabo en ellas.
- Tema 6000 (Relieve): En este tema se consigna toda la información de la topografía de terreno representada por las curvas de nivel con su respectiva elevación además de las formas especiales del terreno.
- Tema 7000 (Áreas): En este tema se agrupan todos los demás elementos que no pueden estar en otro tema como son las divisiones administrativas, las unidades para el manejo territorial y las áreas de manejo de manejo especial y amenazas naturales.

Dentro de cada tema existen otras clasificaciones para los elementos espaciales, primero por grupos, luego por objetos y en los objetos también se pueden clasificar por atributos.

Una vez obtenida esta información fue necesario, realizar un proceso de edición a la misma para estar acorde con los lineamientos para la digitalización cartográfica dados por el IGAC. Estos lineamientos serán expuestos con mayor detalle en la sección 3.2.2 del presente libro.

A parte de la información con la cual ya se contaba, fue necesario solicitar otras planchas a escala 1:25000 en medio físico, en las instalaciones del IGAC en la ciudad de Bogotá, para poder completar la información de la zona de influencia correspondiente a los Departamentos de Boyacá, Casanare y Arauca. Las planchas solicitadas fueron las siguientes:

- 153-III-(B, D)
- 153-IV-(A, C, D)

- 154-III-(B, C, D)
- 154-IV-(A, B)
- 173-II-A

En total se solicitaron 11 planchas. Estas planchas se encontraban en un medio físico, por lo tanto fue necesario realizar un proceso de digitalización de las mismas para poder tener los planos en archivos digitales de dibujo, y así poder tener un manejo adecuado en conjunto con el resto de la información cartográfica disponible.

Para la digitalización de las planchas se debió tener en cuenta los lineamientos para la digitalización de elementos espaciales dados por el IGAG, para que el proceso de edición y revisión de la información no fuera tan extenso. Para la digitalización de las planchas se contó con el apoyo de Geomática, quienes colaboraron con el préstamo de las mesas digitalizadoras, las cuales trabajan soportadas sobre el software de dibujo de precisión AutoCAD R14.

El primer aspecto a tener en cuenta, es la calibración que hay que hacer previamente al proceso de digitalización con el objeto que la información que esta en el papel quede representada lo más fielmente posible en los archivos digitales. Para esto en cada plancha es necesario crear en el archivo digital la cuadrícula de coordenadas planas en la que se encuentre la plancha, para así poder calibrar los puntos de esta cuadrícula a los encontrados en el plano de papel. La calibración se hizo con 6 puntos para cada una de las planchas, y para considerar un resultado satisfactorio en este proceso el error RMS para el tipo de transformación Affine, debía ser menor de 5 y para considerarlo un error excelente debía ser menor de 2.

Luego de calibrar la plancha en papel con el archivo digital, se procedió a digitalizar los elementos encontrados en la plancha de acuerdo a los lineamientos del IGAC, con su respectiva configuración de capas y propiedades para los elementos.

Una vez digitalizada todas las planchas se realizó un ensamble de las mismas para poder tener un único archivo digital con la información nueva, el cual debía ser editado y ensamblado a la información con la cual se contaba.

3.2.2. Procesamiento de la cartografía

Al tener organizada en formato digital la información que se tenía previamente y la nueva procesada, fue necesario ensamblar estos archivos en uno solo que tuviera toda la información de la zona de estudio.

En este proceso se debió buscar todos los elementos que están en el límite del archivo existente y pegar cada uno de ellos con el mismo elemento correspondiente en el archivo nuevo. Para esto el elemento debía estar en la misma capa y con las mismas propiedades y atributos en ambos archivos.

En esta etapa se presentaron algunas dificultades, debido a que los dos archivos de información se encontraban sobre coordenadas diferentes, debido a que en la zona existe un cambio en el origen de coordenadas para la transformación de coordenadas geodésicas a planas. Como es de saber en Colombia existen 5 orígenes diferentes para las coordenadas planas, debido a la distorsión de la información que se da en los puntos más lejanos al origen por la curvatura de la tierra. La parte de la información con la que se contaba se encuentra sobre origen Bogotá, mientras que la parte nueva de la misma se encuentra sobre origen Este, es decir con un origen 3º más al Este del Bogotá.

Por esta razón fue necesario realizar una modificación en las coordenadas del archivo de información nuevo, tratando de cuadrarlo a coordenadas Bogotá. Por esta razón en la parte de la unión de los dos planos existe más incertidumbre en la información topográfica.

Una vez ensamblados los archivos es necesario realizar un proceso de revisión y edición de los diferentes elementos cartográficos con el objeto que esta información sea útil para la elaboración del modelo digital en tres dimensiones de la zona de estudio, teniendo en cuenta que esta archivos deben servir como base para Sistemas de Información Geográficos.

En este aspecto se deben seguir los *“Lineamientos Metodológicos para la captura de información cartográfica básica”* del IGAC, en donde se dan indicaciones para la geometría de los elementos y criterios especiales para la revisión y edición de elementos cartográficos.

Los lineamientos a tener en cuenta son los siguientes:

- Todos los elementos deben estar digitalizados con el comando “pline” para el dibujo de polilíneas. Esto se hace para que los archivos en la digitalización y en el SIG tengan un tamaño de fácil manipulación.
- Por ningún motivo para la digitalización y el dibujo se debe usar el comando “line” ni el comando “sketch” de dibujo a mano alzada.
- Los ríos deben digitalizarse desde su nacimiento hasta su desembocadura. Los caminos y vías deben digitalizarse desde el sitio de menor importancia hacia el de más importancia.

- Las correcciones hechas con los comandos “trim” ó “extend” deben asegurarse llevando el punto final de la polilínea hasta el nodo más cercano; si este no existe será necesario crearlo con la orden “pedit” opción edición de vértices.
- Para el dibujo no se deben usar los comandos “mirror”, “spline” y “fit”.
- Los textos de los elementos deben ser creados con el comando “text” para que tengan un solo punto de inserción. Para su ubicación, es necesario diferenciar si son de tipo punto, línea o polígono. Para los puntos, el punto de inserción del texto debe estar ubicado en el mismo punto; para las líneas, el punto de inserción del texto debe estar ubicado en uno de los nodos de la línea, y para los polígonos, el punto de inserción debe estar contenido dentro de los lados que delimitan el polígono.
- Los elementos vectoriales hechos como polilíneas deben comenzar y terminar en nodos de manera que se pueda garantizar el cierre para los elementos de tipo polígono y la continuidad para los elementos tipo línea.
- Los únicos elementos que deben tener como atributo la elevación son las curvas de nivel, los demás deben estar dibujados en elevación cero.

Teniendo en cuenta estos lineamientos, se procedió a realizar una revisión minuciosa del archivo de información cartográfica completo, con el fin de detectar los elementos que puedan causar errores a la hora de realizar el modelo digital en tres dimensiones.

3.2.3. Elaboración de los temas a incluir en el modelo

Una vez revisada, editada y corregida la información cartográfica, fue necesario realizar una selección de los temas que serían de interés para la realización del modelo digital de la zona de influencia en tres dimensiones.

Estos temas deben servir para la ubicación espacial dentro de la zona, la representación de la topografía y la visualización de la infraestructura vial existente.

Para esto se crearon archivos independientes para cada uno de los temas a utilizar. Se creó un plano para las curvas de nivel, otro para los ríos principales, otro para los lagos, otro para las vías, otro para las cabeceras municipales y otro para las inspecciones de policía. Los mapas creados se guardaron en formatos de AutoCAD R14.

Cada uno de estos planos se cargo al programa Arcview y se convirtieron en formato shape. Cada uno de estos tiene características en sus atributos como se describe a continuación.

3.2.3.1. Topografía. Para la representación de la topografía de la zona, se tiene el tema Curvas de tipo línea, que contiene las curvas de nivel de la zona de estudio. Como en el archivo de AutoCAD que se tomo como base para la creación de este tema, los elementos tipo línea que representan las curvas de nivel tienen la elevación correspondiente como atributo, al ser convertido este tema a formato shape, los elementos de las curvas quedan con elevación que se representa en la tabla de atributos del tema.

Mediante el atributo de elevación de los elementos de este tema, se puede hacer una representación digital del terreno, base para la elaboración del modelo en tres dimensiones.

3.2.3.2. Hidrografía. En la parte hidrográfica se crearon dos temas para tener una ubicación más clara dentro de la zona de estudio.

Se creó un tema de tipo línea con el nombre Riosprincipales, los corrientes de agua principales de la zona, en donde se pueden apreciar ríos que se encuentran en la zona de influencia del proyecto específico de construcción de la vía nueva correspondiente a la parte de Santander del proyecto integral, como lo es el río Chicamocha. Este tema tiene como atributo los nombres de los diferentes ríos.

A la par se creó otro tema tipo polígono llamado Lagos con la información de los lagos, lagunas, ciénagas y pantanos que se encuentran en la zona, en donde se puede visualizar sitios de fácil reconocimiento dentro de la zona del Cañón del Río Chicamocha como es la Laguna de Ortices. En este tema también se tiene como atributo el nombre de los lagos más importantes.

3.2.3.3. Vías. En la parte de infraestructura vial se creó un tema tipo línea llamado Vías, en donde se encuentran las diferentes vías que se encuentran en la zona de influencia. En este tema se tiene como atributo el origen y destino de la vía, el tipo de vía y la longitud aproximada de la misma.

Con este tema se pueden visualizar los diferentes anillos viales que se pueden genera con la construcción de la nueva vía por el Cañón de Chicamocha.

También se tiene un tema tipo línea llamado Vianueva con el alineamiento que posiblemente pueda tener la vía que se proyectará en este trabajo.

3.2.3.4. Cabeceras Municipales. Para tener una mejor ubicación dentro de la zona de estudio, también se creó un tema tipo polígono llamado Municipios en donde se encuentran las áreas de las cabeceras municipales que se encuentran contactadas por las vías dentro de la zona de influencia. Como atributos de este tema se tiene el nombre del Municipio, el área y el perímetro de su cabecera municipal.

También con los mismos atributos se creó otro tema tipo polígono llamado Inspol, que contiene las inspecciones de policía que se encuentran en la zona. Este tema sirve como referencia para ubicar el punto de inicio de la vía nueva por el Cañón del Chicamocha, debido a que en este sitio se encuentra la inspección de policía de Pescadero.

3.2.4. Elaboración del modelo en 3d

Una vez procesada la información de los diferentes temas y realizada la creación de los mismos, se procede a la elaboración del modelo digital en tres dimensiones de la zona de estudio.

Los temas en formato shape que se utilizaran en la creación de este modelo, se almacenaron en el siguiente directorio:

C:\Modelo Digital

Para la realización de este modelo se utilizó el software SIG Arcview, debido a la capacidad de visualización que tiene el mismo para este tipo de modelos.

Se creó un archivo de proyecto de Arcview en el directorio C:\Modelo Digital, con el nombre modelodigital.apr, en donde se almaceno la configuración necesaria para la visualización del modelo en tres dimensiones.

Se cargaron una vista nueva los diferentes archivos shape de los temas a visualizar en el modelo, es decir los temas de Curvas, Riosprincipales, Lagos, Vías, Municipios e Inspol, para posteriormente realizar un procesamiento que permita visualizar esta información en un modelo de tres dimensiones donde se aprecie de una forma más clara la zona de influencia del corredor vial del proyecto de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales.

3.2.4.1. Procesamiento del modelo TIN (Red irregular de triángulos). El primer paso para la obtención de modelo en tres dimensiones es la creación del modelo TIN (Red Irregular de Triángulos) de la zona de estudio. Este modelo se obtiene a partir del tema que tiene la topografía de la zona, es decir del tema Curvas, en el cual se encuentran los elementos de curvas de nivel con sus respectivas elevaciones, las cuales representan el relieve de la zona.

Para esto es necesario en la vista de Arcview donde se adicionaron los diferentes temas, tener activo el tema Curvas. Luego en el menú Surface se debe dar la opción de Crear TIN a partir de elementos. En este momento se muestra la ventana donde se aparece el tema activo de Curvas y en la parte donde se pide el campo de la tabla de atributos del tema que contiene los datos de la elevación de los elementos, se le coloca el campo Elevation, que es el campo que por defecto trae la cota de las curvas de nivel del archivo dxf de AutoCAD.

Debido a la cantidad al tamaño del área que se quería representar el modelo, no fue posible visualizar la totalidad de la zona de influencia en un solo modelo TIN, es por eso que se realizó previamente un corte del tema de Curvas en regiones más pequeñas, y a cada una de estas se le generaba su modelo TIN.

Para que los archivos tuvieran un tamaño adecuado para la manipulación fue necesario crear 6 modelos TIN diferentes que juntos tenían la información completa de la zona de estudio. Estos modelos se almacenaron en el directorio C:\Modelo Digital.

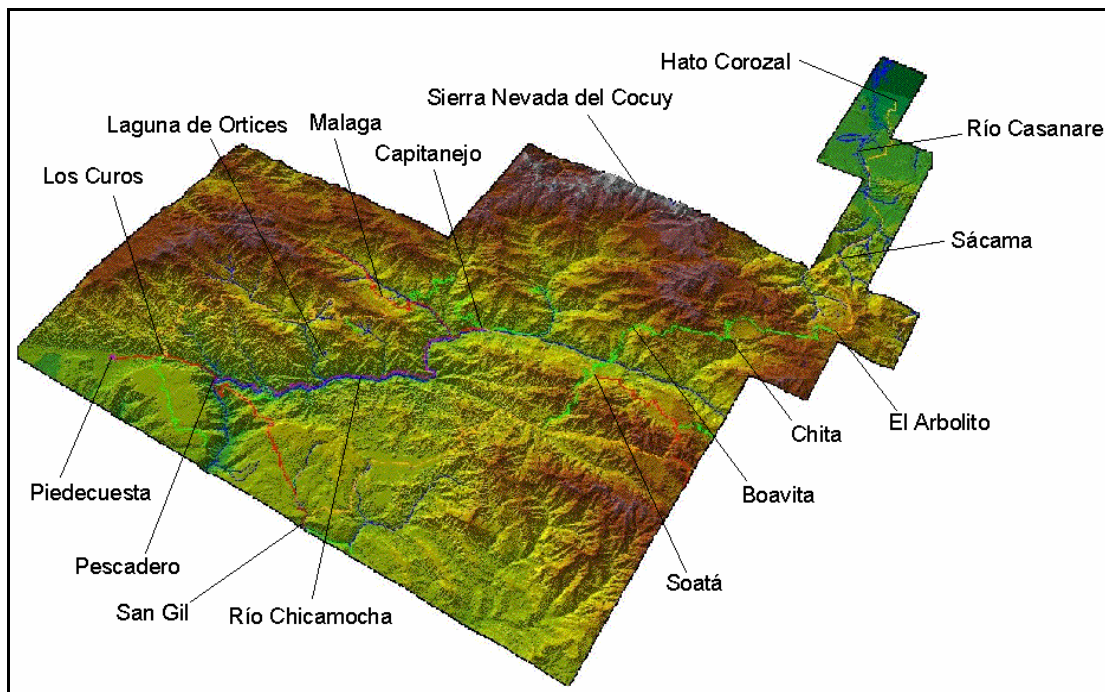
3.2.4.2. Visualización del modelo digital en 3d. Una vez obtenidos los modelos TIN de la zona de estudio, se procedió a realizar la visualización del modelo en una vista en tres dimensiones. Para esto se debió crear una escena 3D de Arcview, en donde se debían adicionar los diferentes temas a mostrar en el modelo y los modelos Tin creados. Como se tenían 6 modelos TIN diferentes se debió adicionar también 6 veces cada uno de los otros temas a visualizar para poder después colocarlos sobre los modelos TIN.

Para poder visualizar los diferentes temas sobre el modelo del terreno en tres dimensiones representado por los modelos TIN en la vista en tres dimensiones; fue necesario activar cada uno de los temas y en el menú Theme buscar la opción Propiedades 3D y al aparecer esta ventana se le dice que asigne las alturas de los temas mediante el modelo de superficie cargado en la vista 3D es decir los diferentes modelos TIN. Este proceso se debe realizar en cada tema para cada uno de los modelos TIN donde se deseaba montar los temas.

Para visualizar el modelo digital del terreno en tres dimensiones de la zona de influencia del proyecto vial para la integración regional entre

Bucaramanga y los Llanos Orientales, se debe abrir en el software Arcview el archivo de proyecto modelodigital.apr, que se encuentra en el directorio C:\Modelo Digital. En la Figura 7 se muestran una imagen tomada del modelo digital en tres dimensiones creado en el software Arcview.

Figura 7. Vista del modelo Digital en Tres dimensiones de la zona de estudio



Fuente: Autores de la investigación.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO VIAL BUCARAMANGA-LLANOS ORIENTALES

Como se mencionó anteriormente la vía por el Cañón del Chicamocha que será objeto de este estudio de prefactibilidad técnica, esta enmarcada sobre un posible proyecto de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales, el cual debe ser analizado más a fondo en estudios posteriores adelantados por las entidades que encuentren interés en el mismo.

En esta sección se dará un vistazo general a la zona de influencia de proyecto integral mencionando los Municipios de los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare que entrarían a formar parte de la misma y de las vías que formarían parte del corredor vial de este proyecto, describiendo brevemente las características de la opción vial actual para hacer el recorrido entre Bucaramanga y los Llanos y la propuesta por los autores de este estudio.

3.3.1. Aspectos generales

La descripción dada a los Municipios que intervienen en el corredor vial, se limita a mencionar cuáles serían los Municipios afectados por el mismo en cada uno de los Departamentos que intervienen en el mismo. La zona de influencia de este proyecto integral comprende Municipios de la parte suroriental del Departamento de Santander, en el Departamento de Boyacá comprende los Municipios de la parte nororiental y en Departamento de Casanare aquellos ubicados en su parte norte.

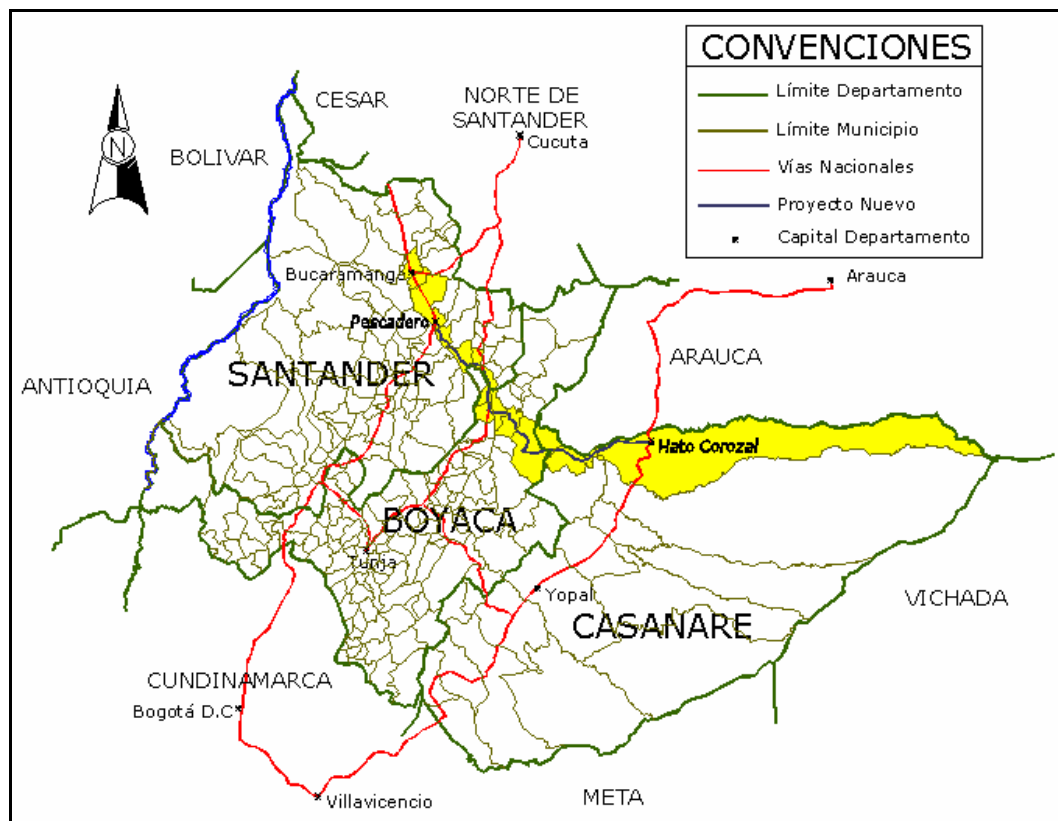
3.3.2. Municipios beneficiados por el corredor vial

Con el desarrollo del Corredor Vial entre los Departamentos de Santander y Casanare se crea una zona de desarrollo económico, social, político y turístico en la cual los principales beneficiarios serán los Municipios por donde se establece dicho corredor.

Con el estudio realizado se determinaron los Municipios que van a tener un mayor desarrollo, siendo estos básicamente aquellos Municipios por donde va a pasar la vía de conexión entre los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare.

Los Municipios que van a presentar un mayor desarrollo se describen en las secciones siguientes, dependiendo del Departamento al cual pertenecen. En la Figura 8 se muestra una visión general de las zonas que más se afectarían en el corredor vial integral entre Bucaramanga y los Llanos Orientales.

Figura 8. Zona de Influencia del proyecto integral

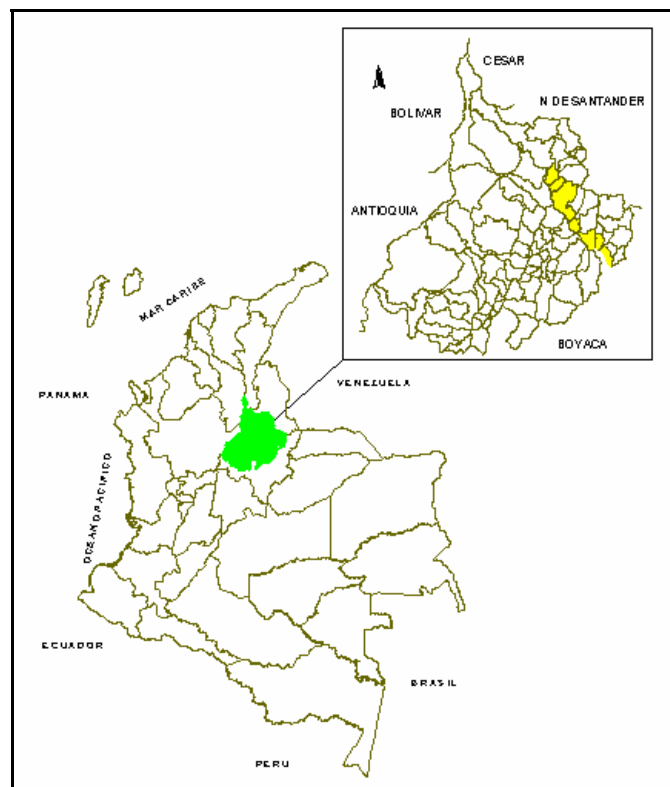


Fuente: Autores de la investigación.

3.3.2.1. Departamento de Santander. En el Departamento de Santander el desarrollo se generaría principalmente en las Provincias de García Rovira, Guanentina y Soto. La primera de estas provincias será la que tendrá un mayor desarrollo ya que la mayor parte de la vía proyectada como parte del corredor integral entre Bucaramanga y los Llanos Orientales estará ubicada en esta provincia.

Los Municipios más beneficiados por la generación de este nuevo corredor son Capitanejo, San José de Miranda, Molagavita, pertenecientes a la Provincia García Rovira, Cepitá perteneciente a la Provincia Guanentina y Piedecuesta y en general toda el Área Metropolitana de Bucaramanga pertenecientes a la Provincia de Soto. Cabe mencionar que Municipios como Málaga, San Miguel, Enciso, San Andrés y Guaca no forman parte directa del proyecto ya que este no pasa por estos Municipios, pero si sufrirán un mayor desarrollo económico, social y turístico ya que la vía proyectada por el Cañón del Chicamocha será una nueva alternativa de comunicación con la capital del Departamento, Bucaramanga. En la Figura 9 se muestra la ubicación de la zona de influencia del corredor vial en el Departamento de Santander y la ubicación de este en el país.

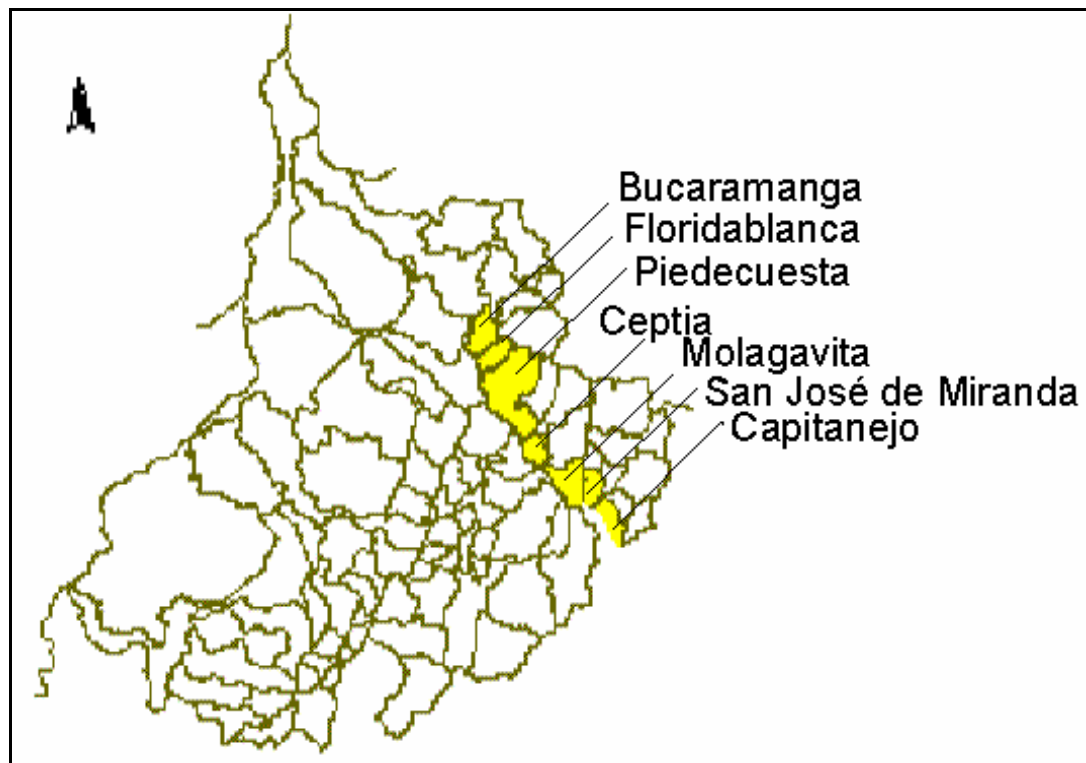
Figura 9. Ubicación de la zona de influencia en Santander



Fuente: Autores de la investigación.

En la Figura 10 se observa con mayor detalle la ubicación de cada uno de los Municipios que hacen parte de la zona de influencia del proyecto vial de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales, en el Departamento de Santander.

Figura 10. Municipios de la zona de influencia en Santander

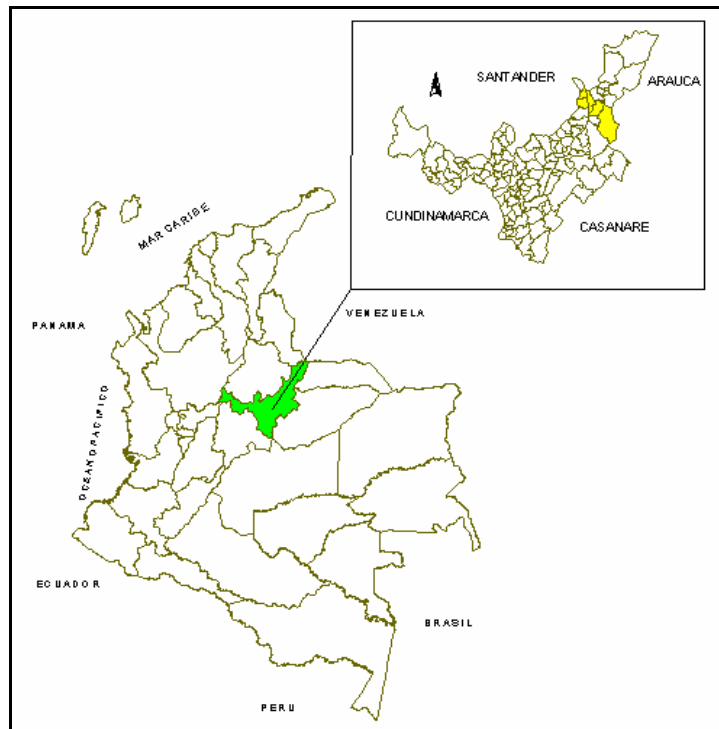


Fuente: Autores de la investigación.

3.3.2.2. Departamento de Boyacá. El desarrollo en los Municipios del Departamento de Boyacá se ve fundamentado principalmente en el mejoramiento de la vía existente por donde va a pasar el corredor vial ya que esto atraerá consigo nuevos volúmenes de tráfico y de producción, además aumentando el potencial turístico de la zona consiguiendo así un mayor desarrollo en los aspectos social, económico y turístico.

Este proyecto influenciará la parte nororiental del Departamento de Boyacá, correspondiente a las Provincias Gutiérrez, Norte y Valderrama, fundamentalmente en el aspecto turístico ya que en esta zona se encuentra ubicado el Parque Nacional Sierra Nevada del Cocuy y el Páramo de Chita, además del aumento en la producción agrícola. Los Municipios beneficiados directamente por la generación de este nuevo corredor son Covarachía, Tipacoque, Soatá, Boavita y La Uvita pertenecientes a la Provincia Norte y Chita perteneciente a la Provincia Valderrama. El Municipio El Cocuy perteneciente a la Provincia Gutiérrez donde se encuentra el principal atractivo turístico mencionado., no entra directamente en la zona de influencia, pero en él se deberá dar un desarrollo apreciable debido turismo. En la Figura 11 se muestra la ubicación de la zona de influencia del corredor vial en el Departamento de Boyacá y la ubicación de este en el país.

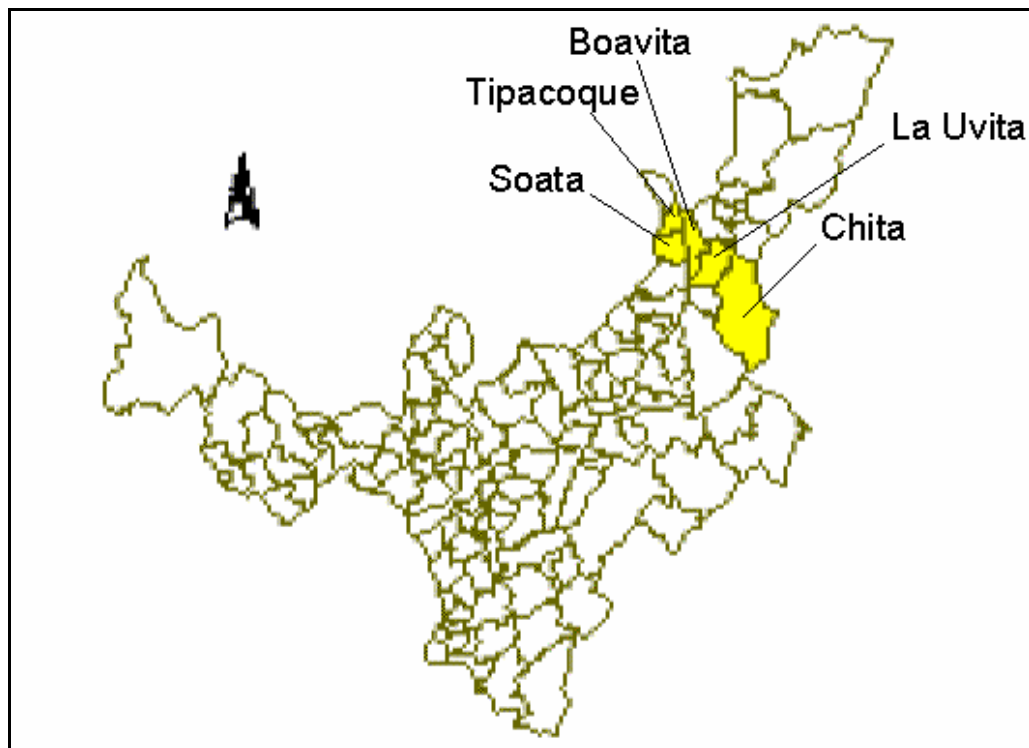
Figura 11. Ubicación de la zona de influencia en Boyacá



Fuente: Autores de la investigación.

En la Figura 12 se observa con mayor detalle la ubicación de cada uno de los Municipios que hacen parte de la zona de influencia del proyecto vial de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales, en el Departamento de Boyacá.

Figura 12. Municipios de la zona de influencia en Boyacá



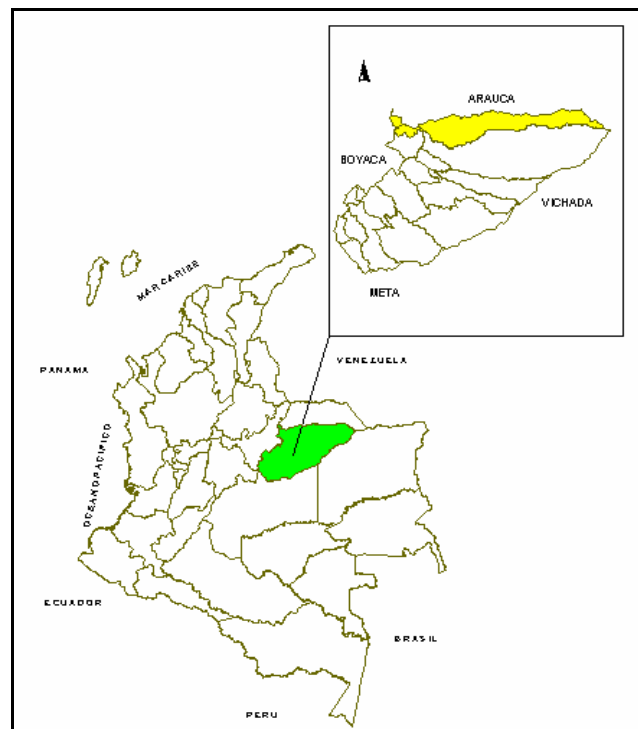
Fuente: Autores de la investigación.

3.3.2.3. Departamento de Casanare. Los Municipios pertenecientes a la zona de influencia en el Departamento de Casanare, se distinguen por la belleza de sus paisajes enmarcados por el piedemonte llanero y por las vastas zonas agrícolas y ganaderas que se encuentran en la zona. Los Municipios beneficiados directamente por la generación de este nuevo corredor son La Salina, Sácamá, y Hato Corozal. Si se genera mayor tráfico entre la capital del Departamento Yopal con Bucaramanga a raíz de proyecto, también se benefician Municipios como Poré y Paz de Aripuro. Al mejorar las condiciones

de la vía que se está planteando en el corredor vial, no solamente mejorarían las condiciones de transporte entre Bucaramanga y Casanare, esta vía también podría ser un medio efectivo para el transporte de carga y de pasajeros para Bucaramanga con los demás Departamentos de los Llanos Orientales, como Arauca y Meta, los cuales están conectados eficientemente mediante la Marginal del Llano.

Además podría ser una importante salida de los productos de los llanos a los puertos de la Costa Atlántica. Al generarse desarrollo sobre las vías del corredor propuesto, se mejorarían las relaciones comerciales y turísticas de las zonas que se encuentran sobre la zona de influencia. En la Figura 13 se muestra la ubicación de la zona de influencia del corredor vial en el Departamento de Casanare y la ubicación de este en el país.

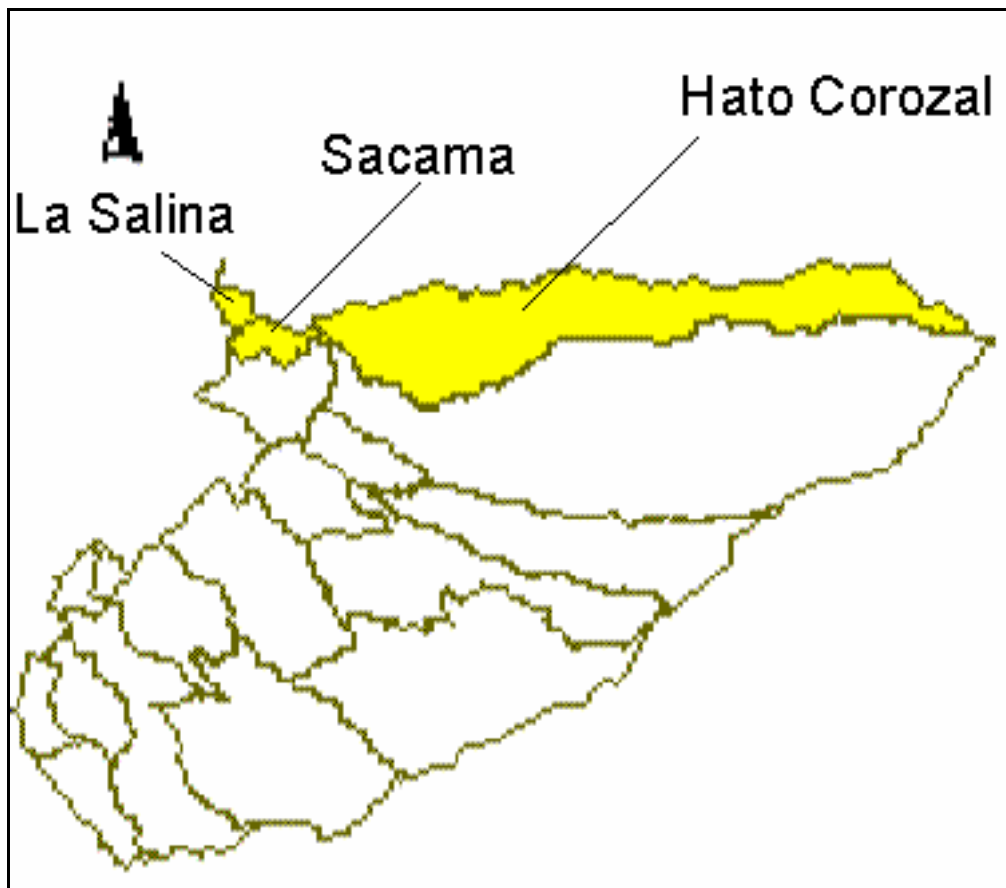
Figura 13. Ubicación de Municipios de la zona de influencia en Casanare



Fuente: Autores de la investigación.

En la Figura 14 se observa con mayor detalle la ubicación de cada uno de los Municipios que hacen parte de la zona de influencia del proyecto vial de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales, en el Departamento de Casanare.

Figura 14. Municipios de la zona de influencia en Casanare



Fuente: Autores de la investigación.

3.3.3. Vías que intervienen en el corredor

Debido a que el objeto principal de este estudio es la parte vial, se hará una breve descripción de las vías que están enmarcadas en el proyecto integral de conexión entre Bucaramanga y Llanos Orientales, haciendo referencia a

la longitud de las mismas y al tipo de vía, con el objeto de tener una idea de las labores de mejoramiento que se requieren para adecuar las diferentes carreteras, con el objeto de que la vía pueda ser un eje para el desarrollo regional y nacional.

3.3.3.1. Vías en Santander. Actualmente el Departamento de Santander vive una situación muy precaria en cuanto a su infraestructura vial se refiere.

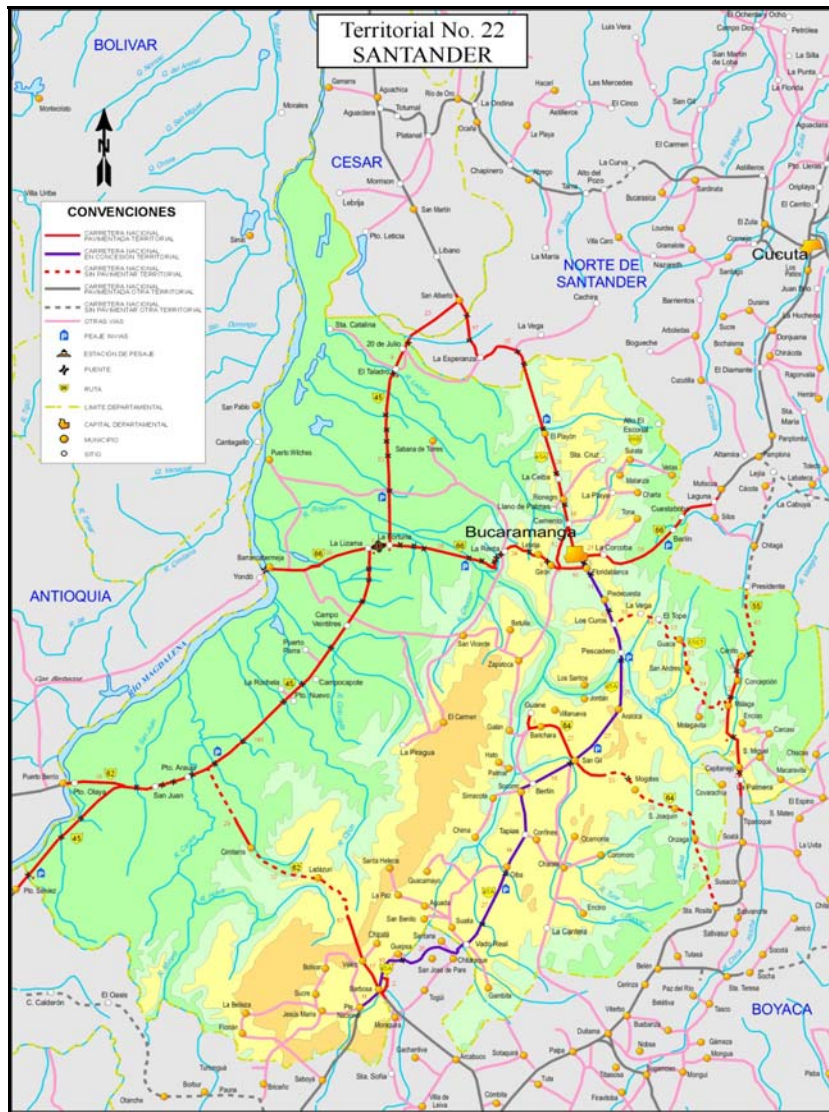
El Departamento es atravesado de Sur a Norte por dos vías troncales principales a nivel nacional: La Troncal Central que comunica Bucaramanga con Bogotá y la Costa Atlántica y la Troncal del Magdalena Medio, que atraviesa el valle del Río Magdalena y comunica el interior del país con la Costa Atlántica, y se une en el Departamento del Cesar a la Troncal Central.

De Este a Oeste es atravesado por la Transversal que comunica a Bucaramanga con Barrancabermeja y Cúcuta. Estas vías están totalmente pavimentadas y la Troncal Central se encuentra en Concesión desde Barbosa hasta Bucaramanga. Se encuentra también un tramo de la Troncal del Oriente que comunica la ciudad de Tunja con Cúcuta, en un tramo desde el Municipio de Capitanejo hasta Cerrito.

La vía que desde Los Curos conduce a la Ciudad de Málaga esta en precarias condiciones para el tránsito de vehículos. La Transversal del Carare que comunica la Troncal Central con la Troncal del Magdalena Medio y la vía conduce de San Gil a Onzaga son otras vías importantes.

En la Figura 15 se muestra la infraestructura vial de Santander.

Figura 15. Infraestructura vial de Santander



Fuente: <http://www.invias.gov.co>

Los tramos de las vías que intervienen en el corredor vial propuesto para la conexión Bucaramanga-Llanos Orientales, en el Departamento de Santander se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Tamos del corredor vial propuesto en Santander

TRAMO	LONGITUD [Km]	TIPO DE VÍA
Bucaramanga - Floridablanca	5	Vía Nacional en Concesión Territorial
Floridablanca - Piedecuesta	11	Vía Nacional en Concesión Territorial
Piedecuesta - Los Curos	10	Vía Nacional en Concesión Territorial
Los Curos - Pescadero	15	Vía Nacional en Concesión Territorial
Pescadero - Fin Vía Nueva	65	Vía Propuesta
Fin Vía Nueva -Capitanejo	6	Vía nacional primaria pavimentada
Capitanejo - La Palmera	2	Vía nacional primaria pavimentada
TOTAL	114	

Fuente: Autores de la investigación.

Los tramos de las vías que intervienen en el corredor vial existente para la conexión Bucaramanga-Llanos Orientales, en el Departamento de Santander se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Tamos del corredor vial existente en Santander

TRAMO	LONGITUD [Km]	TIPO DE VÍA
Bucaramanga - Floridablanca	5	Vía Nacional en Concesión Territorial
Floridablanca - Piedecuesta	11	Vía Nacional en Concesión Territorial
Piedecuesta - Los Curos	10	Vía Nacional en Concesión Territorial
Los Curos - Pescadero	15	Vía Nacional en Concesión Territorial
Pescadero - Aratoca	25	Vía Nacional en Concesión Territorial
Aratoca - San Gil	27	Vía Nacional en Concesión Territorial
San Gil - Berlín	16	Vía Nacional en Concesión Territorial

Berlín - Socorro	7	Vía Nacional en Concesión Territorial
Socorro - Tapias	15	Vía Nacional en Concesión Territorial
Tapias - Oiba	14	Vía Nacional en Concesión Territorial
Oiba - Vado Real	27	Vía Nacional en Concesión Territorial
Vado Real - Barbosa	37	Vía Nacional en Concesión Territorial
TOTAL	209	

Fuente: Autores de la investigación.

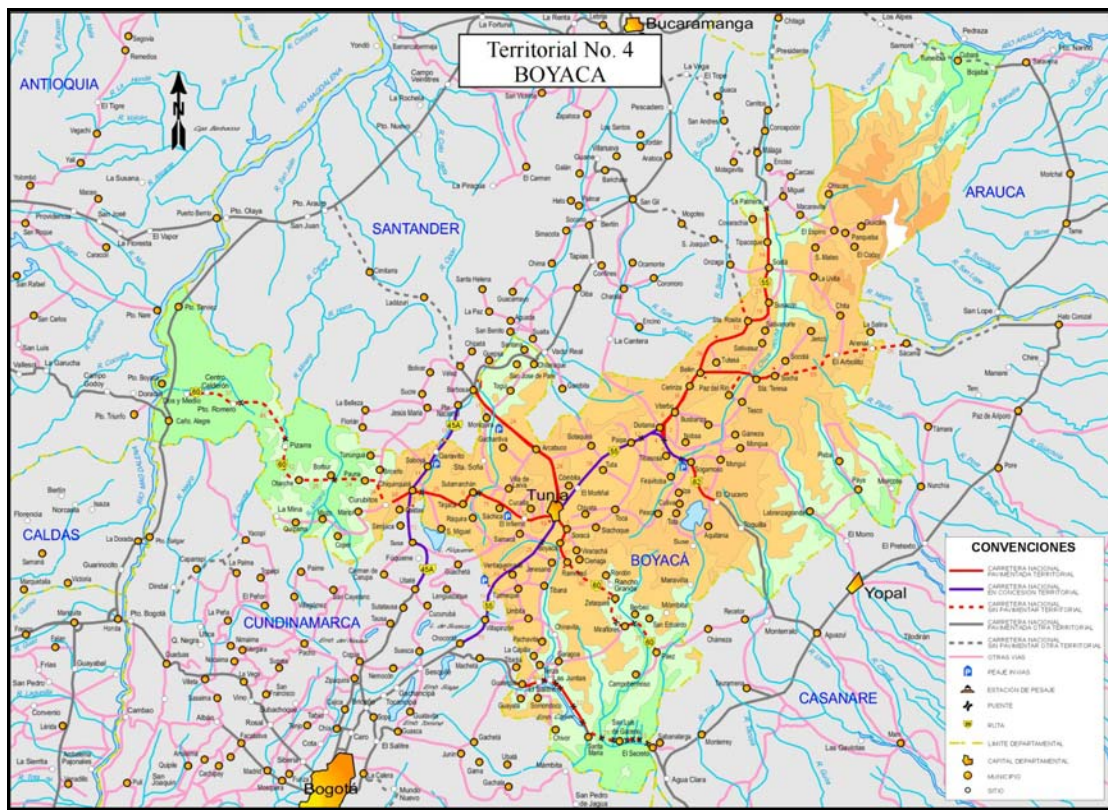
3.3.3.2. Vías en Boyacá. Actualmente el Departamento de Boyacá cuenta con un sistema de infraestructura vial de los mejores del país. En este Departamento la Troncal Central entra por el Municipio de Barbosa, y pasando por Chiquinquirá conduce hasta la ciudad de Bogotá. La Troncal del Oriente entra por el Municipio de Capitanejo y pasa por los Municipios de Soatá, Belén y Duitama llegando a la ciudad de Tunja hasta terminar en la ciudad de Bogotá. La Transversal del Carare entra también por el Municipio de Barbosa y une en este punto la Troncal Central con la Troncal del Oriente en la Ciudad de Tunja.

La Troncal Central se encuentra en concesión en todo el Departamento y la Troncal del Oriente desde la ciudad de Tunja hasta el Municipio de Duitama. La ciudad de Tunja también se conecta a la Troncal Central, por la vía que desde esta ciudad conduce a Chiquinquirá hasta donde esta pavimentada y sigue de ahí en adelante sin pavimentar hasta los Municipios del occidente del Departamento, hasta conectarse con la Troncal del Magdalena Medio en cercanías al Municipio de Puerto Boyacá.

Hacia el Oriente del Departamento existen dos vías importantes que conducen a los llanos Orientales. La primera, parte desde la Troncal del Oriente en el Municipio de Duitama pasando por Sogamoso, hasta donde se

encuentra en concesión, y entra al Departamento de Casanare por el Municipio de Pajarito. La otra también parte desde la Troncal del Oriente desde el Municipio de Belén y pasando por el Municipio de Socha y el sector El Arbolito y Arenal, entra a Casanare por el Municipio de Sácama. En la Figura 16 se muestra la infraestructura vial de Boyacá.

Figura 16. Infraestructura vial de Boyacá



Fuente: <http://www.invias.gov.co>

Los tramos de las vías que intervienen en el corredor vial propuesto para la conexión Bucaramanga-Llanos Orientales, en el Departamento de Boyacá se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Tamos del corredor vial propuesto en Boyacá

TRAMO	LONGITUD [Km]	TIPO DE VÍA
La Palmera - Tipacoque	16	Vía nacional primaria pavimentada
Tipacoque - Soatá	14	Vía nacional primaria pavimentada
Soatá - Boavita	24	Vía departamental secundaria transferida sin pavimentar
Boavita - La Uvita	5	Vía departamental secundaria transferida sin pavimentar
La Uvita - Chita	41	Vía departamental secundaria transferida sin pavimentar
Chita - El Arbolito	22	Vía departamental secundaria transferida sin pavimentar
El Arbolito - El Arenal	24	Vía nacional primaria sin pavimentar
El Arenal - Sácama	26	Vía nacional primaria sin pavimentar
TOTAL	172	

Fuente: Autores de la investigación.

Los tramos de las vías que intervienen en el corredor vial existente para la conexión Bucaramanga-Llanos Orientales, en el Departamento de Boyacá se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Tamos del corredor vial existente en Boyacá

TRAMO	LONGITUD [Km]	TIPO DE VÍA
Barbosa - Arcabuco	35	Vía nacional primaria pavimentada
Arcabuco - Tunja	29	Vía nacional primaria pavimentada
Tunja - Paipa	36	Vía Nacional en Concesión Territorial
Paipa - Sogamoso	31	Vía Nacional en Concesión Territorial

Sogamoso - El Crucero	16	Vía nacional primaria pavimentada
TOTAL	147	

Fuente: Autores de la investigación.

3.3.3.3. Vías en Casanare y Arauca. La principal vía que se encuentra en estos Departamentos es la Marginal del Llano, la cual comunica los principales Municipios de los Llanos Orientales, desde la ciudad de Villavicencio en el Departamento del Meta, pasando por el Municipio de Yopal en el Departamento de Casanare y llegando hasta el Municipio de Arauca en el Departamento de Arauca.

A esta vía es la que se busca llegar más eficientemente desde la ciudad de Bucaramanga, con el estudio que se inicia con este trabajo de grado, dado que encontrando una conexión eficiente con esta vía se puede tener acceso rápido a cualquier zona de los Llanos Orientales, posibilitando así un mejor intercambio comercial y cultural entre esta región y Santander con lo cual se incentiva a los sectores productivos de la economía y al turismo.

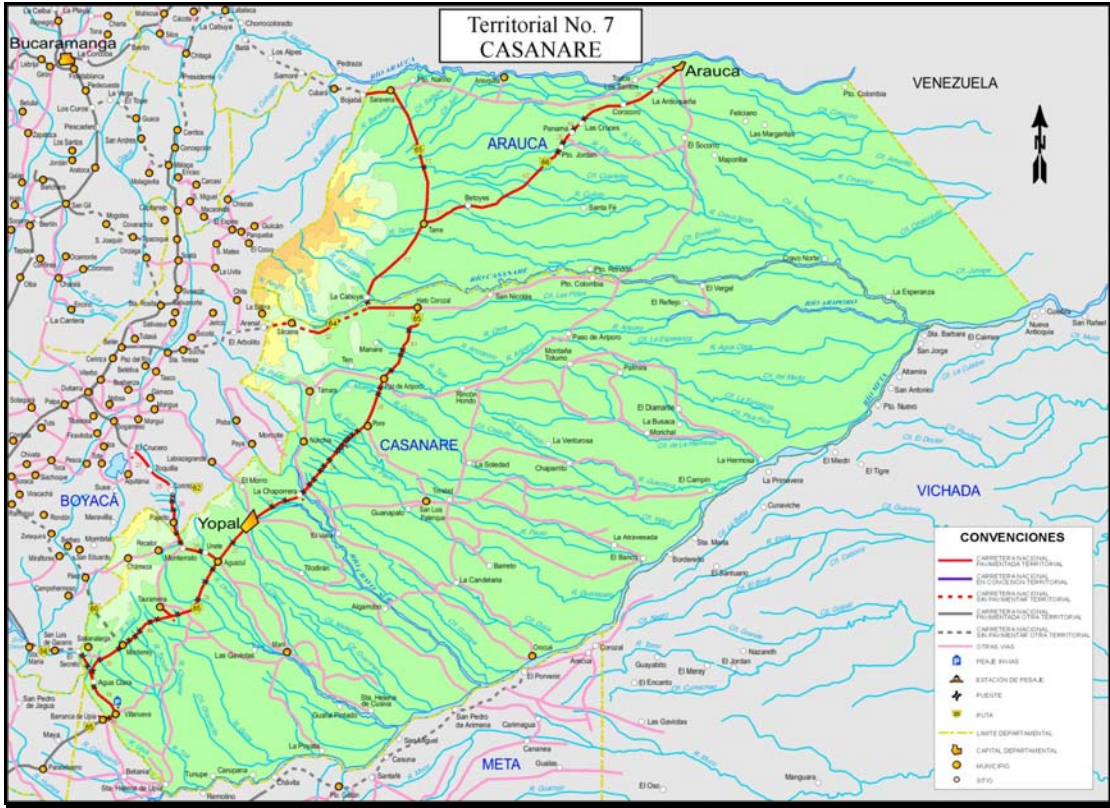
Para encontrar esta vía se puede entrar por el Departamento de Boyacá por la vía que de Sogamoso conduce al Municipio de Pajarito, encontrando la Marginal del Llano a la altura del Municipio de Aguazul; también se puede llegar por la vía que desde el Municipio de Belén conduce al Municipio de Sácama, encontrando la Marginal del Llano en cercanías al sector La Cabuya en inmediaciones al Municipio de Hato Corozal.

A partir de este punto se puede viajar rápidamente tanto al Municipio de Yopal como al Municipio de Arauca. También se puede llegar entrando por el Departamento de Norte de Santander por la vía que del Municipio de Pamplona llega a Arauca por el Municipio de Saravena, y encuentra la

Marginal del Llano a la altura del Municipio de Tame en el Departamento de Arauca.

En la Figura 17 se muestra la infraestructura vial de Casanare y Arauca.

Figura 17. Infraestructura vial de Casanare y Arauca



Fuente: <http://www.invias.gov.co>

Los tramos de las vías que intervienen en el corredor vial propuesto para la conexión Bucaramanga-Llanos Orientales, en el Departamento de Casanare se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Tamos del corredor vial propuesto en Casanare

TRAMO	LONGITUD [Km]	TIPO DE VÍA
Sácama - La Cabuya	32	Vía nacional primaria sin pavimentar
La Cabuya - Hato Corozal	32	Vía nacional primaria pavimentada
Hato Corozal - Paz de Ariporo	41	Vía nacional primaria pavimentada
Paz de Ariporo - Poré	20	Vía nacional primaria pavimentada
Poré - La Chaporrera	37	Vía nacional primaria pavimentada
La Chaporrera - Yopal	33	Vía nacional primaria pavimentada
TOTAL	195	

Fuente: Autores de la investigación.

Los tramos de las vías que intervienen en el corredor vial existente para la conexión Bucaramanga-Llanos Orientales, en el Departamento de Casanare se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Tamos del corredor vial existente en Casanare

TRAMO	LONGITUD [Km]	TIPO DE VÍA
El Crucero - Toquilla	27	Vía nacional primaria sin pavimentar
Toquilla - Corinto	26	Vía nacional primaria pavimentada
Corinto - Pajarito	20	Vía nacional primaria pavimentada
Pajarito - Aguazul	30	Vía nacional primaria pavimentada
Aguazul - Yopal	27	Vía nacional primaria pavimentada
TOTAL	130	

Fuente: Autores de la investigación.

A parte se pueden también describir los tramos de la Marginal del Llano que comunican desde el Sector La Cabuya hasta el Municipio de Arauca. Estos tramos se describen en la Tabla 14.

Tabla 14. Tamos del corredor vial existente en Arauca

TRAMO	LONGITUD [Km]	TIPO DE VÍA
La Cabuya - Tame	57	Vía nacional primaria pavimentada
Tame - Betoyes	21	Vía nacional primaria pavimentada
Betoyes – Pto. Jordán	42	Vía nacional primaria pavimentada
Pto. Jordán -Panamá	25	Vía nacional primaria pavimentada
Panamá - Los Cruces	16	Vía nacional primaria pavimentada
Los Cruces - Corocoro	27	Vía nacional primaria pavimentada
Corocoro - La Antioqueña	20	Vía nacional primaria pavimentada
La Antioqueña - Arauca	24	Vía nacional primaria pavimentada
TOTAL	232	

Fuente: Autores de la investigación.

3.3.3.4. Comparación entre el corredor vial propuesto y existente. Como se ha planteado anteriormente el proyecto de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales busca encontrar una vía de acceso más rápida para encontrar la Marginal del Llano, con la cual se pueda tener un acceso más rápido a las diferentes zonas productivas y turísticas que se encuentran en los Departamentos de los Llanos Orientales. Por lo tanto el principal indicador que se usara para comparar los corredores viales será la longitud total que desde la ciudad de Bucaramanga, se necesite para encontrar la Marginal del Llano.

En el corredor propuesto se encuentra la Marginal del Llano a la altura del sector La Cabuya en Casanare a una distancia total desde la ciudad de Bucaramanga de 318 Kilómetros. El corredor existente encuentra la Marginal del Llano a la altura del Municipio de Aguazul en Casanare a una distancia total desde la ciudad de Bucaramanga de 459 Kilómetros.

Con este indicador de longitudes de los trayectos desde Bucaramanga hasta la Marginal del Llano, se puede notar que los beneficios en ahorros de tiempos de viaje hasta esta importante vía para el intercambio comercial y turístico entre estas regiones del país son muy altos debido a que se tiene una reducción en esta distancia de 141 Kilómetros, lo cual podría representar un ahorro en los tiempos de viaje de aproximadamente 3 horas y media para los vehículos livianos viajando a una velocidad promedio de 40 Km./h, siempre y cuando el corredor vial propuesto tenga las características geométricas y de pavimento similares a una vía nacional de importancia.

Desde el sector La Cabuya se puede realizar el recorrido a los Municipios de Yopal y Arauca en tiempos cortos, debido a las características planas de las vías y al buen estado de las mismas. Hasta el Municipio de Yopal hay una distancia de 163 Kilómetros y hasta el Municipio de Arauca de 232 Kilómetros.

3.4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA EN SANTANDER

Debido a que la principal finalidad de este trabajo de grado es el estudio de la parte del proyecto integral de conexión entre Bucaramanga y los Llanos Orientales correspondiente al Departamento de Santander, es decir el trazado de la vía por el Cañón del Chicamocha desde el sector de Pescadero

hasta la vía Bucaramanga-San José de Miranda; es necesario hacer una descripción más detallada de la zona de influencia en este Departamento.

Se describirán primero características generales del Departamento de Santander y luego de cada uno de los Municipios que están directamente en la zona de influencia del proyecto del trazado de la vía por el Cañón del Río Chicamocha.

3.4.1. Departamento de Santander

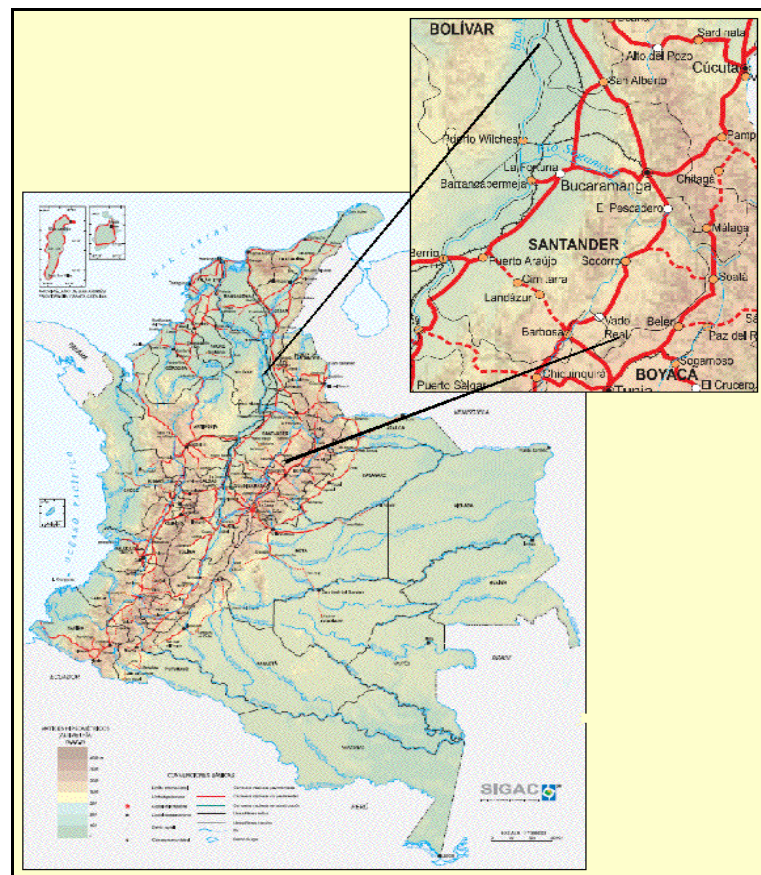
El Departamento de Santander se encuentra al nororiente del territorio Colombiano, en la zona Andina sobre la cordillera Oriental. Cuenta con una gran diversidad de actividades económicas debido a la variedad de pisos térmicos y recursos tanto hídricos como naturales que se presenta en toda su extensión. Cuenta con ecosistemas de climas cálidos en las zonas del valle del río Magdalena y ecosistemas de páramo en las partes más altas de la cordillera oriental de la Provincia de García Rovira. A continuación se describen algunos aspectos importantes del Departamento.

3.4.1.1. Ubicación y Localización Geográfica. De acuerdo con la proyección geodésica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el Departamento de Santander está comprendido entre la Latitud Norte 05° 42' y 08° 08' con Longitud Oeste entre 72° 26' y 74° 32'. El Departamento está subdividido en dos grandes territorios que comprenden la parte oriental o montañosa y la occidental o la del Valle Medio del Magdalena, con la característica esencial de ser plana ondulosa.

La ubicación geoestratégica del Departamento en el contexto nacional, las facilidades ofrecidas para la intercomunicación en diferentes modos de transporte y el proceso en marcha de integración fronteriza con Venezuela,

son fortalezas que se aprovecharán para construir ventajas competitivas regionales, orientadas a mejorar la conectividad y movilidad del Departamento, hacia las cuencas del Caribe en el Lago de Maracaibo y hacia el Pacífico.

Figura 18. Ubicación Geográfica del Departamento de Santander en el país



Fuente: <http://www.igac.gov.co>, editada por los autores del presente estudio.

3.4.1.2. Extensión y Límites. Santander tiene una extensión de 30.537 Km², distribuidos en 87 Municipios, equivalente a 2.67% del territorio nacional, de los cuales el 50% corresponde al Valle Medio del Río Magdalena y el otro 50% al Sistema Andino, encontrándose alturas desde los 100 hasta los 4.000 metros

sobre el nivel del mar y temperaturas entre 9 °C y 32 °C, presentando diversidad en la oferta ambiental de sus ecosistemas.

El Departamento de Santander se encuentra localizado geográficamente en la parte septentrional de la cordillera Oriental, limitando con los Departamentos de Norte de Santander y Boyacá al Oriente, Boyacá al Sur, Antioquia y Bolívar al Oeste separados por Río Magdalena y al norte con Cesar y Norte de Santander, siendo la ciudad de Bucaramanga su capital.

3.4.1.3. División Política-Administrativa. El Departamento de Santander está dividido en 87 Municipios, equivalente al 7.92% del total de los Municipios del país, distribuidos en 6 Provincias históricamente reconocidas: Soto, Comunera, Guanentina, García Rovira, Mares y Vélez.

Su capital es la ciudad de Bucaramanga la cual posee una importante infraestructura de Servicios Públicos y su Área Metropolitana conformada por los Municipios de Floridablanca, Piedecuesta y Girón es punto de encuentro e integración del Nororiente Colombiano, con influencia en Arauca, Norte de Santander, Boyacá y Sur de los Departamentos de Bolívar y Cesar.

Provincia de Soto: Esta compuesta por 16 Municipios siendo los más representativos de la Provincia los que conforman la denominada Área Metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta). Estos cuatro Municipios se caracterizan por tener una extensión correspondiente al 4.15% del total territorial y concentra a su vez el 49.7% del total de la población del Departamento¹⁰.

¹⁰ Población total del Departamento según proyección DANE al 2002 es de 2'014.590 habitantes y una extensión territorial de 30.537 Kms²

Provincia de García Rovira: Esta compuesta por 12 Municipios siendo los principales Málaga capital de la Provincia y Capitanejo. Esta es la Provincia que tendrá un mayor desarrollo tanto económico como social debido a que es el eje por donde pasara el corredor vial entre Bucaramanga y los Llanos Orientales.

Provincia Comunera: Esta compuesta por 16 Municipios siendo el demás desarrollo y trascendencia a nivel departamental y nacional el Municipio de Socorro que a su vez es la capital de la Provincia.

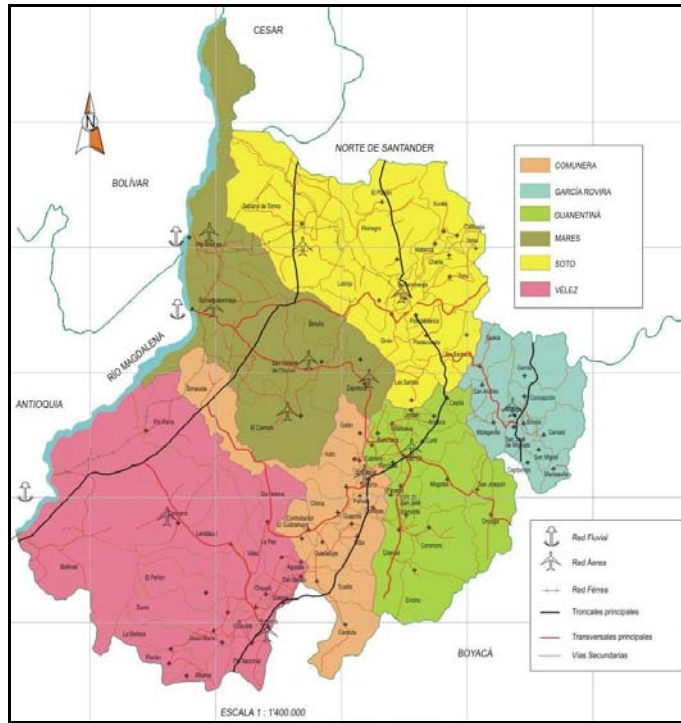
Provincia Guantina: Esta compuesta por 18 Municipios siendo San Gil su capital el Municipio más importante, es líder regional en actividades de los sectores industrial, comercial, transporte, financiero y parador de servicios turísticos y hotelero.

Provincia de Mares: Esta compuesta por 6 Municipios se considera Barrancabermeja el principal Municipio de esta Provincia siendo además su capital. Barrancabermeja es considerada un puerto natural sobre el curso medio de la principal arteria fluvial del País el Río Magdalena, en perspectiva de convertirse en el principal nodo de transporte del país y del comercio internacional. Es Motor de Colombia en la petroquímica por poseer la refinería más grande del país y puerto comercial e industrial, con predominio de la parte pesquera.

Provincia de Vélez: Esta compuesta por 19 Municipios, siendo Vélez el más importante caracterizándose por ser una ciudad agroindustrial de pequeños y medianos productores.

La distribución de los Municipios en las diferentes Provincias es como se muestra a continuación en la Figura 9.

Figura 19. División Político-Administrativa Departamento de Santander



Fuente: <http://www.gobernaciondesantander.gov.co>

3.4.1.4. Aspectos Físicos-Bióticos

Topografía. Su relieve está constituido por una región montañosa perteneciente a la cordillera oriental con una extensión aproximada de 20.066 Km² y otra región plana y ondulada localizada en el valle del Magdalena que abarca una extensión de 10.471 Km². Tiene una gran diversidad de climas y microclimas, debido a la gran variedad de geoformas y pendientes que inciden directamente en los componentes del clima como son: lluvias, temperatura, brillo solar, humedad relativa, y por otra parte por las diferencias altitudinales que van desde los 1.000 m.s.n.m en el valle del Magdalena hasta los 4.270 m.s.n.m en el Páramo de los Santos.

Climatología. En la región existen áreas con un alto nivel de precipitación y un bajo índice de aridez (3.000-3.500 mm de precipitación anual), en el Valle del Magdalena Medio con temperaturas que oscilan entre los 24 y 28° y mayores de 28° y áreas menos lluviosas (800 mm anuales) con alto índice de aridez en el sector del Cañón del Río Chicamocha. Existen también temperaturas entre los 24 y 15°C y menores de 15°C correspondientes a las regiones frías y de páramo.

Tabla 15. Relación de áreas por piso térmico en el Departamento

NOMBRE	ALTITUD (m.s.n.m)	EXTENSIÓN [Km ²]	PORCENTAJE [%]
Páramo	3.000 - 4.000	2748,33	7.0
Frío	2.000 - 3.000	5191,29	15.4
Medio	1.000 - 2.000	7328,88	25.8
Cálido	0 - 1.000	15268,50	51.8
Total		30.537	100

Fuente: Esquemas de Ordenamiento Territorial Municipios del Departamento de Santander

Hidrografía. El 97.7% del área del Departamento de Santander drena sus aguas a la principal arteria hídrica del país como lo es el Río Magdalena y el 2.3% a la Cuenca del Río Arauca.

Tabla 16. Características Morfométricas e Hidrográficas del Departamento

CUENCA	SUB CUENCA	REND HÍDRICO [L/s/Km ²]	ÁREA [ha]	ALTURA MÁXIMA (m.s.n.m)	ALTURA MÍNIMA (m.s.n.m)	PENDIENTE [m/Km]
Magdalena	Opón	53.20	346.800	2.500	79	19
	Carare	44.67	445.060	3.600	88	15
	Lebrija	17.09	474.660	3.800	65	16
	Suárez	19.81	348.256	3.700	700	17
	Fonce	41.87	209.956	3.800	700	32
	Chicamocha	13.09	401.278	3.300	480	10
	Sogamoso	13.09	420.943	700	70	5
	Ciénagas		337.947	70	70	
Arauca	Chitagá		69.250	4.000	1.250	15

Fuente: Esquemas de Ordenamiento Territorial Municipios del Departamento de Santander

Geología. La ubicación de Departamento esta delimitado por la Cordillera Oriental enmarcada bajo la acción tectónica de las placas de Nazca, Caribe, y Sur Americana, que han ocasionado el levantamiento de esta.

Dicha cordillera se encuentra basada sobre materiales de protolito de corteza continental y posteriormente metamorfizados e intruidos por magmas félsicos, acompañados por una secuencia de sedimentitas y metasedimentitas paleozoicas y otra de sedimentitas que inicia en el jurásico finalizando en el terciario, en donde se inicia la depositación de los materiales cuaternarios de origen glacial, aluvial y coluvial. De manera general se presentan las rocas más antiguas en el centro de la cordillera y las jóvenes se preservan en sus flancos.

En la región nordeste de la cordillera incluyendo el macizo de Santander se presenta numerosos plutones, los cuales separan la cuenca de Maracaibo, Barinas y Apure de la cuenca del Magdalena Medio.

El área de la Región se encuentra totalmente incluida en la cuenca de Maracaibo, y en ella solo se observa el afloramiento de rocas sedimentarias Cretácicas y Terciarias, suprayacidas por los depósitos cuaternarios.

3.4.1.5. Aspectos Socio-Económicos.

Población. Según el censo de población y vivienda de 1993, el Departamento de Santander alberga una población total de 1'811.741 habitantes (ver Tabla 17) de los cuales el 49% son hombres y el 51% son mujeres; el 66.7% de esta población está concentrada en los centros urbanos, de la cual el 47% se encuentra en el área metropolitana de Bucaramanga.

Tabla 17. Población del Departamento de Santander

POBLACIÓN POR ZONA DEPARTAMENTAL 1951 A 1993					
PARTICIPACIÓN (%) URBANO - RURAL					
PERIODO	TOTAL	URBANO	%	RURAL	%
1938	615,710	118,174	19.20	497,536	80.80
1951	747,706	242,696	32.46	505,010	67.54
1964	1,001,213	439,941	43.94	561,272	56.06
1973	1,233,576	651,091	52.78	582,485	47.22
1985	1,633,722	975,051	59.68	658,671	40.32
1993	1,811,741	1,209,793	66.78	601,948	33.22
2000 ¹¹	2,000,806	1,473,468	73.60	527,338	26.40

Fuente: DANE- Censos Nacionales entre 1938 y 1993

En el sector educativo de la región cuenta con 2822 establecimientos de educación básica primaria, de los cuales el 99% es del sector oficial y el 1% al sector privado; existen 394 establecimientos de básica secundaria en sus diferentes modalidades de los cuales 250 son oficiales y 144 de carácter privado.

Economía. El sector agropecuario en el Departamento de Santander ha registrado una pérdida paulatina en su participación dentro del producto interno bruto, al pasar del 18.1% en 1991 al 16.1% en 1996, como consecuencia especialmente de las políticas aperturistas y del fenómeno de violencia y descomposición social que se registra en algunos de sus sectores rurales.

En el sector industrial sobresale la pequeña y mediana industria del calzado, la confección y la marroquinería las cuales en los últimos años han ganado grandes espacios en los mercados nacionales e internacionales.

El sector comercial y de servicios ha sido el único que ha ganado cierta

¹¹ Población del Departamento de Santander proyectada al año 2000 por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE de acuerdo a los censos realizados entre el año 1938 y 1993.

participación sobre todo en lo referente a la actividad financiera y de transportes.

3.4.1.6. Municipios involucrados directamente en el proyecto. Como parte final de la descripción de la zona de influencia de la parte del proyecto de conexión vial entre Bucaramanga y los Llanos Orientales correspondiente al Departamento de Santander, se describirá de forma general los aspectos más importantes de los Municipios que se encuentran directamente en la zona de influencia del corredor vial. En la Figura 20 se aprecian los diferentes Municipios de Santander que intervienen en la zona de influencia del proyecto.

Figura 20. Municipios por Provincias que se benefician por el corredor vial en el Departamento de Santander



Fuente: <http://www.gobernaciondesantander.gov.co>, editada por autores de la investigación.

Los Municipios que directamente están influenciados por el corredor vial del proyecto son Piedecuesta, Cepitá, Molagavita, San José de Miranda y Capitanejo. Otros Municipios que se encuentran en cercanías a esta zona de influencia pero que no se afectan directamente con el trazado de la carretera son los del Área Metropolitana de Bucaramanga, Guaca, San Andrés, Málaga, Enciso y San Miguel. La mayoría de estos Municipios se encuentran en la provincia de García Rovira, en donde este proyecto vial puede generar un gran progreso a una de las regiones más atrasadas del Departamento.

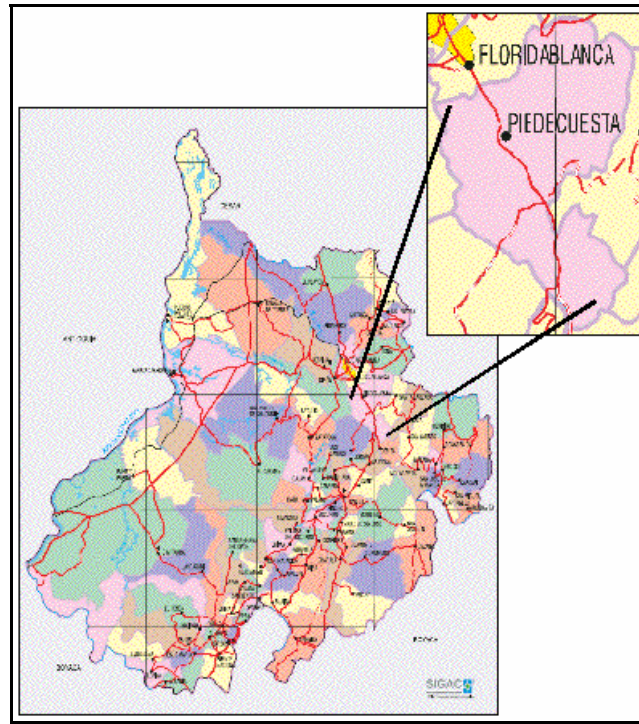
Municipio de Piedecuesta¹²

- *Ubicación y Localización Geográfica.* El Municipio de Piedecuesta se encuentra ubicado en el centro-oriente del Departamento de Santander, en la parte Sur de la Provincia de Soto, al sur del área metropolitana de Bucaramanga. Las coordenadas geográficas de los puntos extremos del Municipio se encuentran entre X= 1.242.500 – 1.277.450 Norte y Y= 1.105.100 – 1.129.150 Este.

La cabecera municipal se localiza a los 6° de latitud norte y a los 73° de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, una altitud de 1005 m.s.n.m y una temperatura promedio de 23°C.

¹² DOCUMENTO RESUMEN, Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Piedecuesta-Santander.

Figura 21. Localización del Municipio de Piedecuesta en el Departamento de Santander



Fuente: <http://www.igac.gov.co>, editada por los autores del presente estudio.

- **Extensión y Límites.** El Municipio de Piedecuesta cuenta con una área de 486.80 Km², la cual se encuentran dividida en 57 áreas geográficas identificadas como veredas. Limita al norte con los Municipios de Floridablanca y Tona, al oriente con Santa Bárbara, al sur con Guaca y Cepitá y al occidente con Aratocha, Los Santos y Girón.

- **Aspectos Físicos**

RELIEVE. El Municipio de Piedecuesta esta localizado en la parte norte de la cordillera oriental; en su área se pueden distinguir tres unidades morfoestructurales separadas por una estructura de callamiento regional: La primera se encuentra localizada en el oeste y sur del Municipio y corresponde a una zona de Mesas y Escarpes (Mesa de los Santos y

Ruitoque); la segunda esta ubicada al sur, este y noreste del Municipio y corresponde al sistema montañoso del flanco oeste del Macizo de Santander; y la tercera es una depresión entre las dos anteriores correspondiente al valle del Menzulí, Guatiguará, Río de Oro, Quebradagrande, un sector triangular deprimido y linear en sus extremos entre Floridablanca y Los Cueros que entra en contacto con la zona del Macizo Montañoso por la falla de Bucaramanga.

CLIMA. Piedecuesta se localiza dentro de la zona Andina septentrional que comprende las vertientes y valles intercordillanos interiores, encerrados por sectores septentrionales de la cordillera. Corresponden estas regiones a la parte montañosa al norte del Ecuador entre los 6 y los 8 grados de Latitud.

La variación de las lluvias en el tiempo, se caracteriza por la distribución armónica de doble onda. Los periodos secos se dan en Enero, Febrero, Marzo, Julio, Agosto y Septiembre, y los periodos de lluvia se dan Abril, Mayo, Junio, Octubre, Noviembre y Diciembre.

La topografía quebrada del Municipio propicia la formación de microclimas, con características locales muy particulares e independientes, la mayoría de las precipitaciones son de carácter convectivo y orográfico. La precipitación media anual del Municipio es de 1444 mm/año.

La temperatura del Municipio es característica del clima tropical, varía de ardiente a cálida o fría dependiendo de la altitud. El movimiento circulatorio del ascendente del aire cálido y descendente del aire frío, depende a diario de cómo se rompa el equilibrio térmico. Teniendo en cuenta el largo recorrido que hacen los vientos provenientes del valle del Magdalena, no son muy frecuentes las variaciones marcadas de temperatura en la mañana, al medio día y en la noche. La temperatura media del Municipio es de 23°C.

HIDROGRAFÍA. En el Municipio de Piedecuesta se identifican dos Cuencas importantes que a su vez agrupan varias microcuencas. La primera corresponde a la Cuenca del Río Chicamocha que tiene una área de 8.72 Km² que corresponde al 40.08% del total del área del Municipio; a esta cuenca pertenecen las microcuencas del Río Perchiquez, Río Manco, Quebrada Honda, Quebrada La Vega, Río Umpalá Bajo, Quebrada Las Pavas, Quebrada La Zorra, y la Quebrada El Abra. La segunda corresponde a la Cuenca del Río Lebrija; a esta cuenca pertenecen las microcuencas del Río de Oro Alto, Quebrada en Rasgón, Quebrada Sevilla, Quebrada Grande, Quebrada Faltriquera, Quebrada La Mata, Quebrada Guatiguará, Quebrada El Gaque, Río Hato, Quebrada La Honda, y la Quebrada el Loro.

GEOLOGÍA. El paisaje que hoy se observa en la cordillera oriental del Municipio de Piedecuesta, ha sido generado por procesos conducidos por fuerzas internas de la corteza terrestre, como levantamiento, fracturamiento, plegamiento e intrusión de material ígneo, pero también los procesos externos que han ocurrido en las últimas edades geológicas, tales como la meteorización o descomposición lenta y debilitamiento de la roca por fracturamiento y por acción del clima, erosión por lluvia, el agua de escorrentía, la acción de los ríos y quebradas, finalmente crearon zonas débiles por donde la mayor parte de las corrientes de agua ha disectado la masa rocosa y han conformado el paisaje de valles, cañones, mesas y montañas que se encuentran en el Municipio hoy en día.

- Aspectos Socio-Económicos

POBLACIÓN. El Municipio de Piedecuesta tiene una población al año 2000 de 92705 habitantes que representa el 7% de la población del Área Metropolitana de Bucaramanga (A.M.B), según cifras del DANE. La distribución espacial por habitante en Piedecuesta es de 190 personas por Km². De la población en 88%

se ubica en áreas urbanas, los cuales están vinculados a actividades económicas y comerciales manufactureras tanto en la cabecera municipal de Piedecuesta como en los demás Municipios del A.M.B, y solo el 12% en se ubica en sectores rurales.

En Piedecuesta la tendencia de crecimiento ha sido del 6.24% desde el año 1995 hasta el año 2000, según cifras del DANE y el Acueducto del A.M.B.

ECONOMÍA. El sector primario correspondiente a las actividades principales de la económica como son la agricultura, ganadería y pesca, es que tiene menor dinamismo en el Municipio. La actividad agrícola se limita al cultivo de tabaco y preparación del mismo. En cuanto a la actividad pecuaria, el Municipio presenta dinamismo en la cría especializada de aves de corral, en esta actividad se genera el 81% del empleo del sector y presenta el más alto índice de utilización de mano de obra por empresa (42.3) que esta muy por encima del promedio general de 1.67 empleados por empresa.

En el sector secundario que corresponde a las actividades artesanales y al a pequeña industria, el Municipio carece de desarrollo de industria a corto o mediano plazo, las pocas actividades económicas son artesanales, derivadas de viejas estructuras de producción.

El mayor numero de empresas (60) y el mayor aporte del empleo al sector (15.7%) lo suministra la elaboración de productos de tabaco. Otra actividad que se destaca es la del curtido y preparación de los cueros, fabricación del calzado y otros artículos, con un total de 39 empresas que proporcionan el 16.9% del empleo del sector y tiene un porcentajes de ventas netas a nivel sectorial de 32.71%. La elaboración de productos alimenticios y bebidas ocupa el tercer lugar en cuanto a nivel de empleo en el sector con 15.7%, pero con porcentaje bajo de ventas netas.

La fabricación de muebles e industrias manufacturas brinda el 11.4% del empleo sectorial con un porcentaje de ventas de 12.2%.

En general el sector industrial y manufacturero de Piedecuesta se caracteriza, por desarrollar actividades con una estructura de consumo muy reducida y mercados pocos dinámicos, ya que están encaminados al consumo local, por otra parte presenta bajos ingresos y poca capacidad de poder adquisitivo.

El sector terciario correspondiente a actividades complementarias y de servicios, ha tomado gran importancia en el Municipio, pro la debilidad de los otros dos sectores.

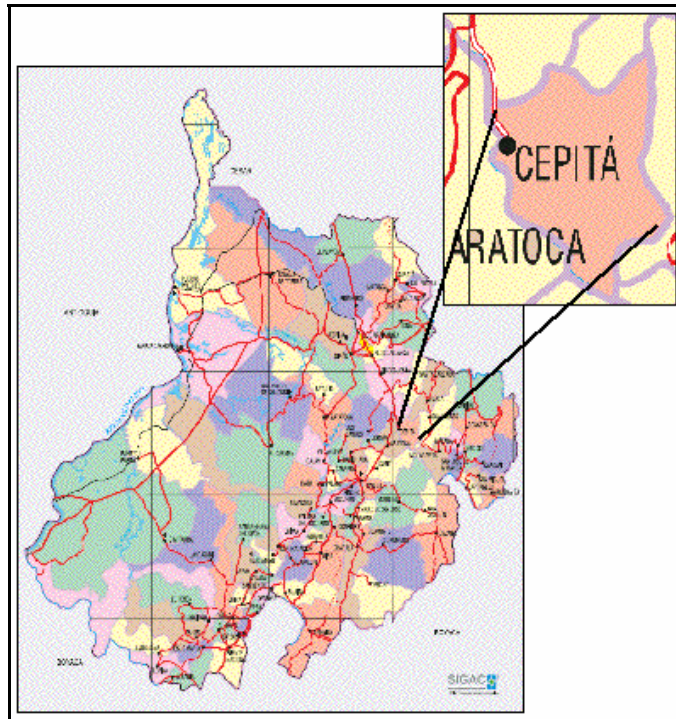
Municipio de Cepitá¹³

- *Ubicación y Localización Geográfica.* El Municipio de Cepitá se encuentra ubicado en el centro-oriente del Departamento de Santander, en la parte Norte de la Provincia Guanentina, en el margen derecha del Río Chicamocha correspondiente a la parte baja del Cañón del Chicamocha. Las coordenadas geográficas de los puntos extremos del Municipio se encuentran entre X= 1.230.000 – 1.246.000 Norte y Y= 1.120.500 – 1.131.800 Este.

La cabecera municipal de este Municipio se localiza a los 6° de latitud norte y a los 72° de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, una altitud de 660 m.s.n.m y una temperatura promedio de 25°C.

¹³ DOCUMENTO RESUMEN, Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cepitá-Santander.

Figura 22. Localización del Municipio de Cepitá en el Departamento de Santander



Fuente: <http://www.igac.gov.co>, editada por los autores del presente estudio.

- **Extensión y Límites.** El Municipio de Cepitá cuenta con una área de 102.93 Km², la cual se encuentran dividida en 15 áreas geográficas identificadas como veredas. Limita al norte con los Municipios de Piedecuesta y Guaca, al oriente con San Andrés y Molagavita, al sur con Curití y al occidente con Aratoaca.
- **Aspectos Físicos**

RELIEVE. Con relación a la formas del relieve, este Municipio está relacionado con la tectónica de la Cordillera Oriental y del Macizo de Santander. El rasgo más predominante de la zona es la Falla de Bucaramanga y que cruza la región y es bastante compleja. Existen otras fallas que son las del Río Perchiquez y la de Cepitá; lo cual indica la alta susceptibilidad a la actividad sísmica.

CLIMA. El clima del Municipio de Cepitá según Caldas Lang es árido en la margen del Río Chicamocha con precipitaciones menores de 900 m.m. La parte central es semiárida en una franja norte a sur; húmedo con precipitaciones entre 1.000 y 1.300 m.m. La temperatura media oscila entre 10 y 27⁰C y está directamente relacionada con las diferentes altitudes del Municipio; las temperaturas frías se ubican en altitudes de 3.000 m.s.n.m. y las más cálidas se encuentran hacia el Río Chicamocha.

HIDROGRAFÍA. La red hidrográfica del Municipio está formada por la Quebrada Montosa que se forma de las quebradas Guamal y Vara Blanca y desemboca en el Río Guaca; la Quebrada Talacuta se localiza en la parte central del Municipio y hace su recorrido de norte a sur, recogiendo las aguas de las Quebradas Vega de San Juan, Galeras, Guanacas, Pajal, Los Aposentos, etc., finalmente desemboca en el Río Chicamocha; la Quebrada Perchiquez se localiza al occidente del Municipio y se forma de las quebradas San Nicolás, Zingara, Cardozo, Ramírez, Palmar y El Salto. Existen otros causes menores con drenajes intermitentes, es decir que sólo tienen agua en los periodos lluviosos, estos causes desembocan de distancias cortas y desembocan en el Río Chicamocha.

GEOLOGÍA. La geología del Municipio se caracteriza por presentar formaciones antiguas de origen metamórfico del Precámbrico de tipo paraneis cuarzo feldespático, esquistos micáceos y ortoneis cuarzo biotítico, estas rocas en general presentan alto grado de meteorización. Además se pueden encontrar rocas formadas por esquistos cloríticos cuarzosos, filitas y anfibolitas que corresponden a la Formación Silgara así como arcillolitas y areniscas correspondientes al Devónico. También existen rocas ígneas de edad jurásica compuestas por cuarzomonzonita y granitos de Pescadero hacia el centro del Municipio. Los depósitos aluviales se localizan en el valle medio y bajo del Río Perchiquez conformado por materiales de tipo

torrencial, compuesto por fragmentos de rocas de diferente granulometría y tamaño.

- Aspectos Socio-Económicos

POBLACIÓN. El Municipio de Cepitá tiene una población al año 2004 de 1993 habitantes, según el estudio del Censo Socioeconómico del SISBEN W2. En el área urbana del Municipio de Cepitá habita el 23% de la población total del Municipio, es decir 458 habitantes. En el área rural se concentra el 77% de la población total del Municipio, es decir 1535 habitantes. La densidad poblacional del Municipio es de 19.36 habitantes por Km².

Según los estimativos para las tasas de crecimiento del DANE, la población urbana decrece a una tasa de 3.3%, mientras la población rural decrece a una tasa de 0.04%.

ECONOMÍA. La economía de Cepitá se soporta principalmente en el sector primario; específicamente sobre las actividades agrícolas y pecuarias, que ocupan el 61% de la población económicamente activa del Municipio. En el ámbito agrícola se identifican como los productos más representativos: El Fríjol, Maíz, Fique, Caña, Café, Lulo Y Tabaco y en el nivel pecuario esta representado por la producción de ganado Bovino, Caprino y Avicultura.

En cercanías a la cabecera Municipal en las vegas del río Chicamocha y de la quebrada La Perchiquez se están implementando cultivos tecnificados de tomate, melón y tabaco; bajo un sistema de riego y el cual está dando excelentes resultados tanto en la producción, calidad del producto y comercialización.

En el Municipio de Cepitá, la producción pecuaria la aportan 1.063 bovinos, de las razas criolla y Cebú principalmente, que se abastecen de pastos naturales y mejorados que ocupan un área de 1.063 hectáreas; es decir que el área promedio por unidad productiva es de 1.01 U.G.G por hectárea y representa el 0.7% de la población bovina de la provincia Guanentina (148.208 reses) y el 0.1% de la población bovina departamental (1.024.736 reses).

El 46% de la población (1993 personas) conforman la Población Económicamente Activa del Municipio de Cepitá; de estos el 61% (570 personas) son realmente población económicamente activa; ya que el 39% restante son económicamente inactivos; es decir incapacitados, estudiantes y dedicados a las actividades del hogar.

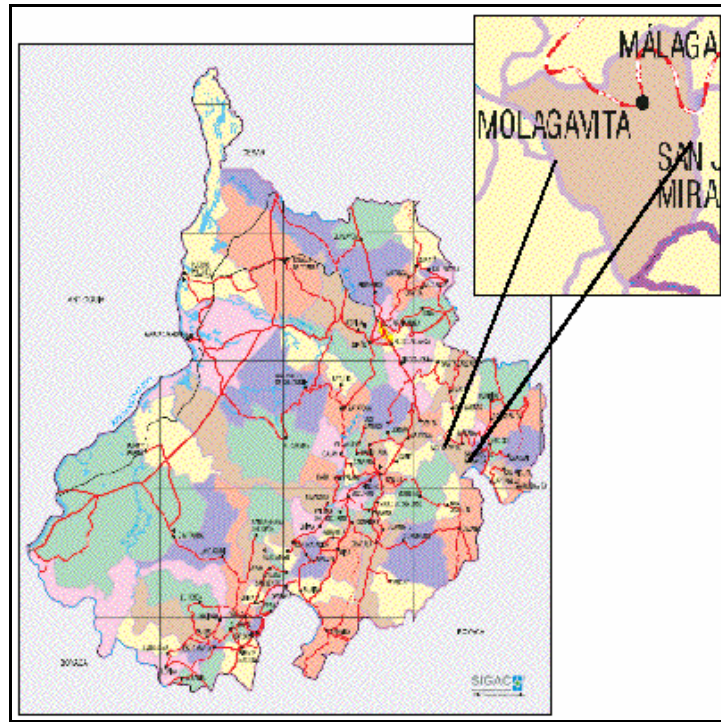
Municipio de Molagavita¹⁴

- *Ubicación y Localización Geográfica.* El Municipio se encuentra ubicado en el sur-oriente del Departamento de Santander, en la parte Sur de la Provincia de García Rovira, en el margen derecha del Río Chicamocha correspondiente a la parte baja del Cañón del Chicamocha. Las coordenadas geográficas de los puntos extremos del Municipio se encuentran entre X= 1.217.000 – 1.235.800 Norte y Y= 1.129.500 – 1.144.900 Este.

La cabecera municipal se localiza a los 6° de latitud norte y a los 72° de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, una altitud de 2196 m.s.n.m y una temperatura promedio de 17°C.

¹⁴ DOCUMENTO RESUMEN, Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Molagavita-Santander.

Figura 23. Localización del Municipio de Molagavita en el Departamento de Santander



Fuente: <http://www.igac.gov.co>, editada por los autores del presente estudio.

- **Extensión y Límites.** El Municipio de Molagavita cuenta con una área de 182.49 Km², la cual se encuentran dividida en 15 áreas geográficas identificadas como veredas. Limita al norte con el Municipio de San Andrés, al oriente con Málaga y San José de Miranda, al sur con Onzaga y Covarachía en el Departamento de Boyacá y al occidente con San Joaquín, Mogotes y Curití.

- **Aspectos Físicos**

RELIEVE. El Municipio de Molagavita se encuentra ubicado en una zona de tectónica compresiva enmarcada dentro del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta de extensión regional, el cual le imprime características estructurales a los diferentes tipos de rocas del área. Para hacer la descripción de las diferentes estructuras del Municipio se definen dos zonas con

características geológicas y estructurales propias que las diferencian entre sí, estas zonas son el Macizo de Santander y su borde Oriental.

El Macizo de Santander esta conformado por rocas metamórficas de las formaciones Silgará, Ortoneis y la Unidad el Hatillo y la roca ígnea del plutón de Santa Bárbara. Localmente se presentan cambios de orientación los cuales se reflejan en cambios de foliación y lineación en las rocas que se encuentran en cercanías de la falla del río Guaca que recorre la zona sobre la quebrada Seca y a lo largo de la falla de la Purniana.

El borde Oriental del Macizo de Santander estas constituido por rocas sedimentarias jurásicas de la formación Girón, rocas sedimentarias cretáceas de las formaciones Río Negro, Tibú Mercedes, Aguardiente, Capacho, la Luna, Colón y Mito Juan y por depósitos cuaternarios.

CLIMA. En términos generales, el régimen de precipitaciones depende esencialmente de la circulación del aire, la cual es determinada por el desplazamiento aparente del sol en los trópicos de Cáncer y Capricornio respectivamente.

El esquema de precipitaciones esta sometido a diversas modificaciones locales y regionales, según los accidentes del relieve, por ejemplo, montañas con mucha precipitación en barlovento y comparativamente poca en sotavento, valles áridos a la “sombra” de lluvias, altitud. Los periodos de lluvias están comprendidos entre los meses de Abril, Mayo, Junio, Octubre y Noviembre (registrando el mes de Octubre presenta los más altos índices de precipitaciones). Estos están a su vez intercalados por dos periodos de sequías, dados en los meses de Enero, Febrero y Julio, Agosto y Diciembre. La precipitación media anual de la zona es de 1829 m.m/año.

En cuanto a la temperatura, en el Municipio de Molagavita este parámetro se encierra entre los 12 a 26°C, caracterizándose en una zona baja o de clima medio. Teniendo como meses más calurosos Enero, Febrero, Diciembre y de bajas temperaturas el mes de Abril, como temperaturas promedian de 19°C y oscilaciones de 14°C.

HIDROGRAFÍA. El Municipio cuenta con una red de drenaje amplia, siendo afluente directo de la cuenca del río Chicamocha, caracterizando como subcuenca la del Río Negro, conformada con una serie de microcuencas a lo largo del Río Negro y Chicamocha.

El Municipio cuenta con una buena disposición del recurso, pero debido a su abrupta topografía esta mal distribuida, además el mal uso que se hace de este recurso ha provocado un acelerado deterioro de las cuencas y microcuencas del Municipio, convirtiéndose en la principal causa de la disminución del recurso agua.

Durante los periodos de lluvia se denota un excesivo aumento en los caudales conformantes del Municipio, poniendo en peligro las franjas alledañas a estas vertientes. Existen veredas en las cuáles la presencia del recurso es mínima, a tal grado que los afloramientos encontrados son de carácter esporádico y con un caudal muy mínimo.

GEOLOGÍA. Desde el punto de vista geológico-estructural, el Municipio de Molagavita se encuentra ubicado al Este del Macizo de Santander y del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta. El Macizo de Santander esta compuesto por rocas ígneas y metamórficas de edad precámbrica, principalmente rocas metasedimentarias y metaígneas intruidas por cuerpos plutónicos que varían en composición de granito a diorita.

Estas rocas incluyen neises, migmatitas, esquistos, meta arenisca, filitas y mármoles que han sido agrupados en las unidades Neis de Bucaramanga y formación Silgará. Se presentan rocas metamórficas de alto a medio grado de metamorfismo y rocas ígneas metamorfizadas (ortoneis) cuya composición varía del granito a tonalita.

Los efectos del metamorfismo dinamo-térmico regional sobre la secuencia sedimentaria original alcanzó la fase más alta de la anfibolita en el Neis de Bucaramanga, mientras que para la formación Silgará alcanzo desde la fases de esquistos verdes hasta la facies anfibolita de bajo grado.

Las masas de ortoneis presentan una foliación y una alineación concordantes con las de las rocas encajantes (Neis de Bucaramanga y Formación Silgará).

Estas antiguas rocas cristalinas que conforman el macizo de Santander, hacen parte del basamento sobre el cual se desarrolló la sedimentación mesozoica. El macizo constituye una zona de separación al nivel de nomenclatura estratigráfica entre la cuenca del valle medio del Magdalena y la cuenca del lago de Maracaibo.

En el Municipio afloran rocas metamórficas del paleozoico, rocas ígneas sedimentarias del Triásico-Jurásico y la mayor parte del área está cubierta por rocas sedimentarias de edad cretácea; Los depósitos cuaternarios son principalmente de origen fluvio-glaciar.

- Aspectos Socio-Económicos

POBLACIÓN. La totalidad de la población del Municipio de Molagavita es de 9537 personas, según datos obtenidos para el año 2002. La distribución espacial por habitante en Molagavita es de 50 personas por Km², sin embargo

diferenciando lo urbano de lo rural se tiene tienen las siguientes discriminaciones: en lo urbano 68 habitantes por hectárea y en lo rural 45 habitantes por Km².

En Molagavita la tendencia de crecimiento es del 0.97%, teniendo en cuenta un crecimiento positivo, aunque la migración de población es bastante significativa, migración que se da más en la población adolescente y adultos jóvenes.

ECONOMÍA. La actividad económica de mayor importancia en el Municipio de Molagavita está centrada casi exclusivamente en el sector agropecuario, como generador de ingresos, de empleo y de alimentos que permiten de alguna manera el mantenimiento de la seguridad alimentaria de la población, con excepción del tabaco, y el café, cuya hoja y frutos son para uso industrial respectivamente, también lo es el cultivo del fíque.

Los restantes productos provenientes de los diferentes sistemas de producción, son para uso exclusivo de la alimentación humana y están representados por frijol, maíz, panela, cacao, papa, tomate, hortalizas (lechugas, repollo, habichuela, cilantro, cebolla junca y arveja etc.), frutales (Zapote, mamoncillo, maracayá, naranja, mandarina, tangelo, limón, aguacate, breva, plátano, tomate de árbol, guayaba papaya, papayuela, mango, mora lulo, manzana, durazno, curaba, etc.) café, caco, palma, patilla, melón, derivados de origen animal (leche, queso, huevos, cuajada), carne de bovino, carne de oveja, carne de cabra, carne de cerdo, carne de oveja africana (camuros), trucha, Mojarra, aves de corral (pollos, gallinas, pavos) y conejos entre otros.

Con excepción de la población humana residente en Málaga, la ciudad capital de la provincia y más cercana a Molagavita (17.6 Km), que es en

donde se centra la mayor parte de las posibilidades de empleo y de servicios sociales existentes, puede decirse que la población Molagavitense guarda una alta relación de dependencia del sector agropecuario, el cual hace sin duda alguna el mayor aporte del producto interno bruto municipal, señalando con ello que la estabilidad social, veredal, municipal y por supuesto regional, depende de alto grado del sector Rural.

La eficiencia de la economía campesina de subsistencia existente, depende básicamente de la disponibilidad del recurso físico, económico, ambiental (déficit y exceso de agua lluvia) y de las medias posibilidades de comercialización de los excedentes generados en la parcela, siempre y cuando no haya competencia desleal (importaciones) que afecten grande y significativamente la salida de estos productos.

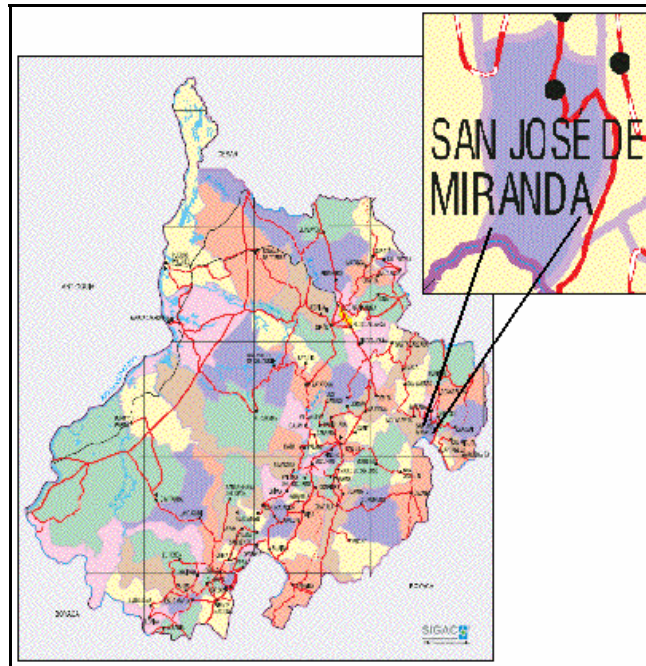
Municipio de San José de Miranda¹⁵

- ***Ubicación y Localización Geográfica.*** El Municipio de San José de Miranda se encuentra ubicado en la Provincia de García Rovira en el sector Suroriental del Departamento del Santander. Las coordenadas geográficas de los puntos extremos del Municipio se encuentran entre X= 1.217.400 – 1.231.000 Norte y Y= 1.144.200 – 1.150.800 Este.

La cabecera municipal de este Municipio se localiza a los 6° 39' de Latitud Norte y a los 72° 44' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich y una altitud de 1980 m.s.n.m con una temperatura promedio de 18°C.

¹⁵ DOCUMENTO RESUMEN, Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Miranda-Santander.

Figura 24. Localización del Municipio de San José de Miranda en el Departamento de Santander



Fuente: <http://www.igac.gov.co>, editada por los autores del presente estudio.

- **Extensión y Límites.** El Municipio de San José de Miranda tiene un área de 75.81 Km² la cual se encuentran dividida en 15 áreas geográficas identificadas como veredas. Limita por el norte Municipio de Málaga, al sur con el Departamento de Boyacá y el Río Chicamocha, al oriente con el Municipio de Enciso y Capitanejo y al occidente con el Municipio de Molagavita.

- **Aspectos Físicos**

TOPOGRAFÍA. El Municipio de San José de Miranda posee una topografía desde plano hasta muy escarpado. Dentro de los principales accidentes geográficos cabe citar el Alto de Miranda en zona de páramo, sitio donde nacen las principales microcuencas del Municipio.

CLIMA. El Municipio tiene una altura sobre el nivel del mar que varía de 1.000 m.s.n.m. en el extremo sur sobre las riveras del Río Servitá y Río Chicamocha a 3.200 m.s.n.m. en el extremo occidental en el Alto de Miranda de las veredas el Pozo, Lucusguta y Yerbabuena. Posee los pisos térmicos cálido, templado y frío. Tiene una temperatura que oscila entre 12 y 25 grados centígrados, y la precipitación promedio es de 1100 milímetros anuales.

HIDROGRAFÍA. El Municipio de San José de Miranda pertenece a la hoya hidrográfica del Río Magdalena, la red hidrográfica está comprendida por la Subcuenca del Río Servitá afluentes de la cuenca del río Chicamocha junto con las microcuencas Tabarlaque o Barrerana o Barreno y las Balsas o Balserana. La Subcuenca del Río Servitá está conformada por las microcuencas Quebrada la Seca o la Malagueña, Quebrada Chituli, Quebrada Los Cojos o Salado, Quebrada Popagá, Quebrada Sagamal y la Quebrada de Salado bravo.

Debido a las características del clima y el relieve la red hidrográfica es muy parecida, con recorridos en su mayoría de occidente a oriente a excepción de las microcuencas quebrada Tabarlaque y quebrada las Balsas que tiene un recorrido de norte a sur, todas las microcuencas tienen corrientes rápidas y altos pendientes clasificando por eso como torrentes.

La red hidrográfica de San José de Miranda, presenta durante el período de lluvias grandes caudales y caudales muy pequeños durante el periodo seco, lo que ocasiona déficit del recurso agua durante largos periodos del año y que en ciertas regiones se presenten problemas erosivos cuando se inician las lluvias.

GEOLOGÍA. La ubicación del Municipio de San José de Miranda en la Cordillera Oriental lo enmarca bajo la acción tectónica de las placas de Nazca, Caribe, y Sur Americana, que han ocasionado el levantamiento de esta.

Dicha cordillera se encuentra basada sobre materiales protolito de corteza continental y posteriormente metamorfizados e intruidos por magmas félsicos, acompañados por una secuencia de sedimentitas y metasedimentitas paleozoicas, otra de sedimentitas Mesozoicas que se extiende hasta el Terciario, en donde se inicia la depositación de los materiales cuaternarios de origen glacial, aluvial y coluvial. De manera general se presentan las rocas más antiguas hacia el centro de la cordillera y las jóvenes se preservan en sus flancos.

En la región nordeste de la cordillera incluyendo el macizo de Santander se presenta numerosos plutones, los cuales separan la cuenca de Maracaibo y Barinas - Apure de la cuenca del Magdalena Medio. El área municipal se encuentra totalmente incluida en la cuenca de Maracaibo, observándose el afloramiento de rocas sedimentarias Cretácicas y Terciarias, suprayacidas por los depósitos cuaternarios.

- Aspectos Socio-Económicos

POBLACIÓN. En cuanto a la población en el Municipio de San José de Miranda esta distribuido así: el 84,77% o sea 4969 habitantes están ubicados en el área rural y el 15.23% o sea 893 habitantes están ubicados en la cabecera municipal, en total el Municipio tenía una población de 5862 en el año de 1993, según cifras del DANE.

De acuerdo al área del Municipio tanto en su parte urbana como rural, la densidad de población por Km² es de 77.32. En el área rural es de 62.11 habitantes por Km² en la cabecera municipal es de 785.3 habitantes por Km².

ECONOMÍA. La base económica de San José de Miranda se desarrolla alrededor de la agricultura y la ganadería principalmente. También se explota la arcilla para la fabricación de ladrillo y la piedra caliza para la producción de cal agrícola. En el Municipio de San José de Miranda la actividad agropecuaria en general es fuertemente minifundista, además los medianos y grandes propietarios de tierra en el Municipio entregan la tierra a aparceros para realizar la explotación agropecuaria.

Las explotaciones pecuarias en San José de Miranda juegan un papel muy importante desde el punto de vista económico, social y cultural. En lo económico la ganadería constituye el principal ingreso para muchas familias, especialmente las ubicadas en el piso térmico frío del Municipio. En lo social, la ganadería se encuentra presente en la gran mayoría de las fincas medianas y pequeñas, provee de proteínas de alta calidad para la población. En lo cultural, los hábitos alimenticios de los habitantes generalmente incluyen la carne, la leche y sus derivados.

Los sistemas de producción pecuarios en el Municipio están representadas por bovinos doble propósito, bovinos ceba integrados, caprinos, porcinos, equinos labor, aves postura y aves carne.

La actividad de servicios es de nulo desarrollo en San José de Miranda, teniendo en cuenta que en el Municipio no existe ningún tipo de infraestructura para el desarrollo de esta actividad económica por parte de particulares. San José de Miranda se provee de los servicios financieros que ofrece Málaga dada la cercanía a la capital de la provincia. Podría señalarse

que el único servicio que podría tenerse en cuenta es el de Telecom que cuenta con una oficina en el marco de la plaza.

La actividad comercial esta circunscrita a la presencia de misceláneas, tiendas, establecimientos de venta de licores y cigarrillos y algunas cafeterías. Por lo general la población se desplaza al Municipio de Málaga a realizar las compras comerciales, teniendo en cuenta que la distancia entre los dos Municipios en tiempo es de 10 minutos. El único problema para desarrollar esta actividad es la continuidad en la prestación del servicio de transporte.

En el Municipio no existen actividades industriales. No existen establecimientos para el desarrollo de la actividad industrial en San José de Miranda. En límites de Málaga existen algunas explotaciones de caliza, arcilla y materiales rocosos, en forma artesanal para proveer de cal y ladrillos a los Municipios vecinos. Se genera empleo de más de 10 familias donde los hijos mayores y sus padres trabajan para sacar ladrillo cocido, es decir emplea aproximadamente a unas 50 personas.

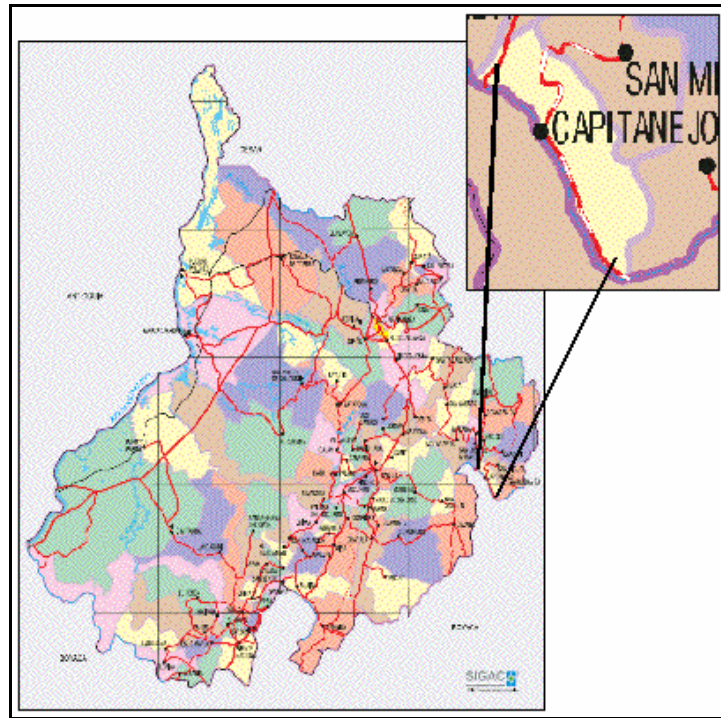
Municipio de Capitanejo¹⁶

- *Ubicación y Localización Geográfica.* El Municipio de Capitanejo, se encuentra localizado en el extremo sur de la provincia de García Rovira, al oriente del Departamento de Santander, hacia la margen derecha del Río Chicamocha. Las coordenadas geográficas de los puntos extremos del Municipio se encuentran entre X= 1.204.700 – 1.220.500 Norte y Y= 1.149.200 – 1.159.900 Este. La cabecera municipal de este Municipio se localiza a los 6°

¹⁶ DOCUMENTO RESUMEN, Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de San Capitanejo-Santander.

32' de latitud norte y a los 72° 42' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, una altitud de 1100 m.s.n.m y una temperatura promedio de 23°C.

Figura 25. Localización del Municipio de Capitanejo en el Departamento de Santander



Fuente: <http://www.igac.gov.co>, editada por los autores del presente estudio.

- Extensión y Límites. El Municipio de Capitanejo cuenta con un área de 80,24 Km², la cual se encuentra dividida en 19 áreas geográficas identificadas como veredas. Limita al norte con los Municipios de San José de Miranda y Enciso, al oriente con San Miguel y Macaravita, al sur con el Río Nevado y al occidente Covarachía y Tipacoque Municipios que forman parte del Departamento de Boyacá.

- Aspectos Físicos

TOPOGRAFÍA. El Municipio posee una topografía desde plano a casi plano hasta muy escarpado. Dentro de los principales accidentes geográficos cabe mencionar el Morro de Sebaruta, La Chorrera y La Mesa, sitios donde nacen las principales microcuencas del Municipio.

CLIMA. El Municipio tiene una altura sobre el nivel del mar que varía de 1.000 m.s.n.m. en el extremo sur sobre las riveras del Río Servitá y Río Chicamocha a 2.200 m.s.n.m. en el extremo nordeste de las veredas Sebaruta, La Chorrera y Gorguta. Posee los pisos térmicos cálido y templado. Tiene una temperatura que oscila entre 12 y 25 grados centígrados, y la precipitación promedio es de 950 milímetros anuales.

HIDROGRAFÍA. El Municipio de Capitanejo pertenece a la hoya hidrográfica del Río Magdalena que está comprendida por la cuenca del Río Chicamocha, las subcuencas de los Ríos Servitá, Tunebo y Nevado que son afluentes de esta cuenca, además las microcuencas Quebradas la Meza, Platanal, Balahula, San Pedro, el Diablo y Los Molinos. Debido a las características del clima y el relieve la red de microcuencas tienen corrientes rápidas y altos pendientes clasificando por eso como torrentes. La red hidrográfica de este Municipio presenta grandes caudales durante el periodo de lluvias y caudales muy inferiores o no presenta caudal durante el periodo seco, lo que ocasiona grandes déficit del recurso durante largos periodos del año y provoca problemas erosivos durante el periodo lluvioso.

GEOLOGÍA. La ubicación del Municipio en la Cordillera Oriental lo enmarca bajo la acción tectónica de las placas de Nazca, Caribe, y Sur Americana, que han ocasionado el levantamiento de esta. Dicha cordillera se encuentra basada sobre materiales protolito de corteza continental y posteriormente metamorizados e intruidos por magmas félsicos, acompañados por una secuencia de sedimentitas y metasedimentitas paleozoicas y otra de

sedimentitas que inicia en el jurásico finalizando en el terciario, en donde se inicia la depositación de los materiales cuaternarios de origen glacial, aluvial y coluvial. De manera general se presentan las rocas más antiguas en el centro de la cordillera y las jóvenes se preservan en sus flancos. En la región nordeste de la cordillera incluyendo el macizo de Santander se presenta numerosos plutones, los cuales separan la cuenca de Maracaibo y Barinas - Apure de la cuenca del Magdalena Medio. El área municipal se encuentra totalmente incluida en la cuenca de Maracaibo, y en ella solo se observa el afloramiento de rocas sedimentarias Cretácicas y Terciarias, suprayacidas por los depósitos cuaternarios.

- Aspectos Socio-Económicos

POBLACIÓN. El Municipio de Capitanejo tenía en 1993 una población de 7.612 habitantes, de los cuales 4.174 habitantes o sea el 54.83% pertenecen al área rural y 3.438 habitantes o sea el 45.16% pertenece al área urbana. La mayor parte de la población del Municipio se encuentra en la zona rural con 4.174 habitantes que representan en la actualidad el 54.8% del total de la población y en el área urbana 3438 habitantes que significan el 45.2%, presentándose un leve incremento en esta zona, con la consabida disminución el área rural. De acuerdo al área del Municipio tanto en su parte urbana como rural, la densidad de población por Km² es de 94.86. En el área rural es de 52.2 habitantes por Km² en la cabecera municipal es de 1621.7 habitantes por Km².

ECONOMÍA. La base económica de Capitanejo se viene desarrollando alrededor de la agricultura, la ganadería, el comercio y el turismo principalmente. Los sistemas de producción agrícola de Capitanejo en general presentan un pobre desempeño económico. Los sistemas de producción con mejor rentabilidad son el tabaco rubio y negro 8%, el frijol arbustivo 106%, el

maíz y el frijol 23.1%, el tomate 33% y la yuca 107%. Las explotaciones presentan bajos rendimientos como consecuencia de pérdidas de cosechas por condiciones climáticas adversas, escasez de agua, degradación de suelos, presencia de plagas y enfermedades y manejo agronómico inadecuado de cultivos, principalmente.

Los mayores volúmenes de producción del Municipio, están representados por: maíz 5100 toneladas, tomate 1040 toneladas, tabaco rubio 910 toneladas, frijol arbustivo 840 toneladas, maíz 510 toneladas y tabaco negro 412 toneladas. Los productos más comercializados en el Municipio son respectivamente: tomate 720 toneladas, tabaco rubio 546 toneladas, frijol arbustivo 126 toneladas, maíz 216 toneladas y tabaco negro 345 toneladas.

Las explotaciones pecuarias en Capitanejo juegan un papel muy importante desde el punto de vista económico, social y cultural. En lo económico la ganadería constituye el principal ingreso para muchas familias. En lo social, la ganadería se encuentra presente en la gran mayoría de las fincas medianas y pequeñas, provee de proteínas de alta calidad para la población. En lo cultural, los hábitos alimenticios de los habitantes generalmente incluyen la carne, la leche y sus derivados. Las explotaciones pecuarias para el Municipio están representadas por bovinos doble propósito (leche y crías), bovinos ceba integrada, caprinos, porcinos, equinos de labor, aves de postura y aves carne, principalmente.

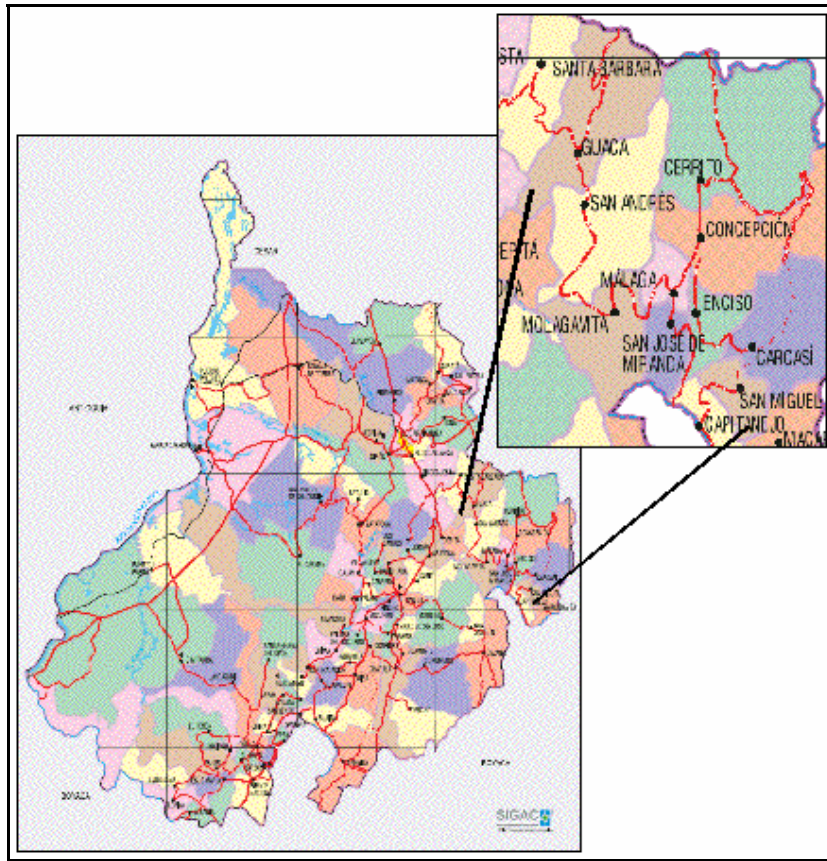
La actividad de servicios se encuentra un poco desarrollada en el Municipio de Capitanejo, a pesar de que en la actualidad la infraestructura es mínima para su desarrollo. Capitanejo se provee de los servicios financieros que ofrece Málaga dada la cercanía a la capital de la provincia y por los problemas de orden público que han imposibilitado el manejo de recursos en la única entidad financiera que existe en el Municipio.

La actividad comercial comparativamente con otros Municipios de la región se encuentra desarrollada, por la comercialización que se hace de todo lo referente a los insumos agrícolas. Además se cuenta con establecimientos comerciales como misceláneas, tiendas, establecimientos de venta de licores y cigarrillos y algunas cafeterías. Por lo general la población se desplaza al Municipio de Málaga a realizar las compras comerciales, teniendo en cuenta que la distancia entre los dos Municipios en tiempo es de 45 minutos.

En el Municipio no existen actividades industriales. Existen algunas actividades de minería en torno a pequeñas explotaciones de materiales rocosos de algunas canteras ubicadas en jurisdicción del Municipio, mientras que en el resto del Municipio hay pequeños establecimientos dedicados a la producción de alimentos, como panaderías, confiterías, lácteos y alimentos para consumo doméstico. La actividad turística ha venido perdiendo dinámica por los consabidos problemas de orden público que han alejando los turistas día tras día. El Municipio por sus características climáticas ofrece a los visitantes unos espacios naturales como las playas del Chicamocha, el Servitá, el Tunebo y el río Nevado. Dentro de su infraestructura turística, el Municipio cuenta con 2 hoteles y 4 residencias para el albergue de los visitantes. Existen además dos sitios recreativos y varias fincas de descanso donde los visitantes pueden disfrutar de días soleados y saborear el plato típico de la región (Cabro sudado).

3.4.1.7. Otros Municipios afectados por el proyecto. Existen otros Municipios que se encuentran afectados de una manera indirecta por el corredor vial de la vía por el Cañón del Chicamocha. Estos Municipios pertenecen a la zona Centro y Norte de la provincia de García Rovira y son: Guaca, San Andrés, Málaga, Enciso y San Miguel. El área total que estos Municipios ocupan es de 786.15 Km² como se muestra en la Figura 26.

Figura 26. Localización de otros Municipios del Departamento de Santander que se benefician del proyecto



Fuente: <http://www.igac.gov.co>, editada por los autores del presente estudio.

4. ESTUDIO DEL CORREDOR VIAL

En el presente capítulo se muestra el análisis realizado para la obtención del corredor vial con mejores características para el trazado de la carretera por el Cañón del Chicamocha.

Se describe las características de la información base para la realización de este proceso de selección del corredor vial, es decir los mapas temáticos de la zona de estudio y las tablas de ponderación que contienen los puntajes de las diferentes clases de los mapas temáticos. En una primera parte se describe el proceso de unión y edición de la información de los mapas temáticos y la unificación de los criterios de clasificación en cada uno de ellos. Este proceso fue necesario llevarlo a cabo debido a la heterogeneidad de los mapas bases que se tomaron de los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los Municipios que intervienen en la selección de la zona del corredor vial. Se explican también los procesos de edición de estos temas para poderlos obtener en un formato que pudiera ser manejado por la herramienta PRODIVIAL.

A continuación se hace una descripción de la información obtenida después del procesamiento de los mapas temáticos, explicando las razones de la selección de los mapas que se utilizaron para el análisis del corredor vial, y como la información consignada en estos nos puede servir para la selección de las zonas más aptas para el trazado de la carretera. Se describen las clases encontradas en cada mapa temático, sus características más importantes la valoración que estas pueden llegar a tener en el mapa.

A la par con la descripción de los mapas temáticos, se describe el otro tipo de información básica que se uso para el análisis, es decir las tablas de ponderación de las clases encontradas en los diferentes mapas temáticos, analizando la afectación que estas pueden llegar a tener en el estudio y haciendo una valoración cuantitativa de cuales son las clases más aptas dentro del mapa de acuerdo a criterios que fueron definidos por los autores del presente trabajo.

Después se analizan en conjunto la información de los mapas temáticos y las tablas de ponderación para el diseño de los corredores de acuerdo al tipo de análisis que planteo, es decir al valor porcentual que tendría cada tema dentro del análisis de las zonas de aptitud, para finalmente obtener un mapa con información de aptitud total que sería la base para la selección de los corredores óptimos.

4.1. MUNICIPIOS QUE INTERVIENEN EN LA SELECCIÓN DEL CORREDOR VIAL

Para el estudio del corredor vial óptimo para el trazado de la vía, se ha decidido analizar la zona ubicada en la margen derecha del Río Chicamocha en el Departamento de Santander, comprendida desde las inmediaciones del sector Pescadero en la vía que de Bucaramanga conduce a San Gil, hasta cercanías del Municipio de Capitanejo en la vía que desde este Municipio conduce a San José de Miranda.

Para tener una mayor cantidad de información de la zona, se analizará una región comprendida por los Municipios de Piedecuesta, Cepitá, Guaca, San Andrés, Molagavita, Málaga, San José de Miranda, Enciso, San Miguel y Capitanejo.

El área que ocupa cada uno de estos Municipios y al área total de la zona utilizada para hacer los análisis del corredor vial son mostradas en la Tabla 18, los límites de estos Municipios son mostrados en la Figura 27, y una visión general de esta zona de estudio se muestra en la Figura 28.

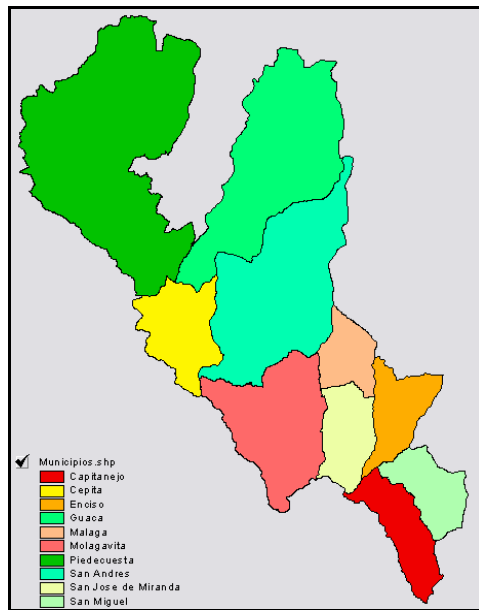
Tabla 18. Municipios de la zona de estudio del corredor

MUNICIPIO	ÁREA [Km²]
Piedecuesta	486,80
Cepitá	102,93
Guaca	298,03
San Andrés	287,10
Málaga	56,16
Molagavita	182,49
Enciso	73,73
San José de Miranda	75,81
San Miguel	71,14
Capitanejo	80,24
TOTAL	1714,42

Fuente: Autores de la investigación.

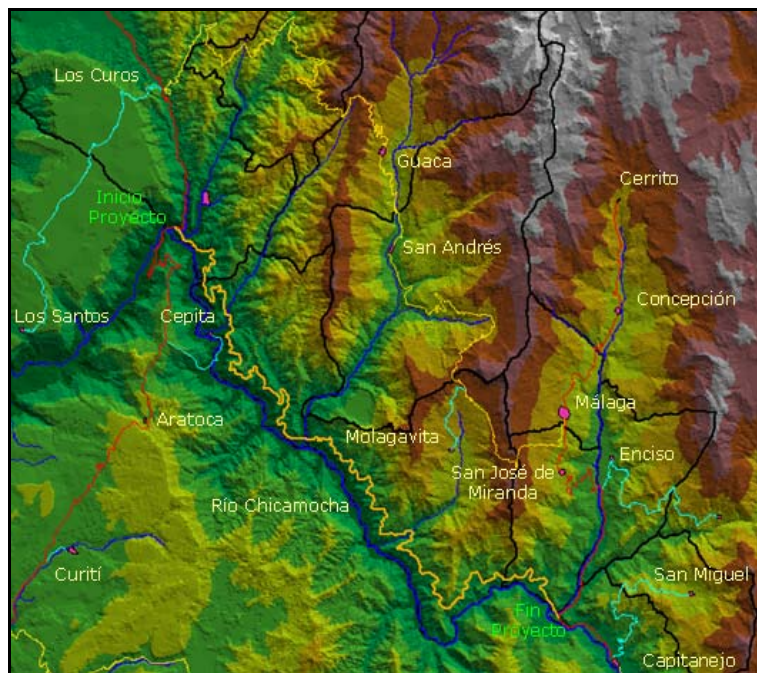
Mediante estas figuras, se puede observar que el trazado de la carretera por el Cañón del Chicamocha, que se planteará más adelante, afectará principalmente a los Municipios de las partes bajas del Cañón, es decir a Piedecuesta, Cepitá, Molagavita, San José de Miranda y Capitanejo. De manera más indirecta se afectan los demás Municipios seleccionados para al análisis del corredor, es decir Guaca, San Andrés, Málaga, Enciso y San Miguel

Figura 27. Municipios que intervienen en el estudio



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

Figura 28. Visión general de la zona de estudio para el análisis del corredor vial



Fuente: Autores de la investigación.

4.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

La fuente de origen que se utilizó para obtener la información espacial de los mapas temáticos necesarios para el procesamiento y análisis del corredor vial, fueron los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) de los diferentes Municipios mencionados en la sección anterior.

Esta información fue facilitada por la Secretaria de Plantación de la Gobernación del Departamento de Santander y por la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

En estos esquemas de ordenamiento, fue necesario la consulta de la etapa de diagnóstico físico-ambiental de los Municipios. Para la mayoría de los Municipios se encontró la información necesaria de todos los mapas temáticos a utilizar para el análisis del corredor en formatos dwg de AutoCAD.

4.3. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL ANÁLISIS DEL CORREDOR VIAL. MAPAS TEMÁTICOS

Como se mencionó en la sección anterior la información principal para realizar el análisis del corredor vial, son los diferentes mapas temáticos que tengan información espacial de la zona de estudio, ya sea de carácter físico, ambiental o social.

Debido a que los diferentes Esquemas de Ordenamiento Territorial usados como fuentes de información fueron desarrollados por diferentes entidades, estos no poseían una información unificada de los temas que se necesitaban para el análisis.

Por esto previamente al estudio del corredor vial óptimo mediante el manejo de la aplicación PRODIVIAL, fue necesario hacer un procesamiento de los mapas temáticos.

4.3.1. Selección de temas a utilizar en el análisis

Como primer paso fue necesario hacer una selección de aquellos temas que se utilizarían para el análisis del corredor vial. Para esto se tuvieron en cuenta diferentes aspectos como son:

- Aspectos físicos del trazado de la carretera en lo que respecta a la capacidad de soporte que tendrán los suelos por donde vaya a ser construida la vía y a la estabilidad de la banca.
- Aspectos ambientales del trazado de la carretera en lo que respecta al impacto ambiental que pueda generar la construcción de la vía y a las amenazas por movimientos de remoción en masa con los cuales pueda verse afectada la carretera.
- Aspectos sociales del trazado en lo que respecta a los diferentes usos de suelo que haya en la zona.
- Disponibilidad de la información de los mapas temáticos en la mayoría de los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los Municipios de la zona de estudio.

De acuerdo a estos aspectos se seleccionaron los siguientes mapas temáticos para hacer el análisis:

Aspectos Físicos:

- Geología: en este mapa se encuentran las diferentes formaciones geológicas, presentes en la zona de estudio.
- Geomorfología: en este mapa se muestra la clasificación de acuerdo a las diferentes formas estructurales que se ven en la corteza terrestre.
- Fallas: en este mapa aparecen diferentes zonas de vulnerabilidad sísmica de acuerdo a la distancia a las fallas geológicas.

Aspectos Ambientales:

- Ambiental: en este mapa se encuentran las diferentes zonas de fragilidad ambiental.
- Amenazas: en este mapa aparecen diferentes zonas de vulnerabilidad de acuerdo a los movimientos de remoción en masa que se presenten en la zona.
- Clima: se hace una clasificación de acuerdo a las temperaturas y a la pluviosidad de la zona.

Aspectos Sociales:

- Suelos: en este mapa se muestra una clasificación de los suelos de la región de acuerdo a diversos aspectos como el relieve, el clima y los componentes taxonómicos del suelo.

- Uso potencial: se tiene una clasificación de las zonas de acuerdo a la aptitud productora o protectora que tienen los suelos.

- Uso actual: en este mapa se describen los usos que actualmente se le dan a las tierras de la zona.

4.3.2. Unificación de clases

Debido a que las fuentes de información fueron los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los Municipios que se tomaron para el análisis de la zona del corredor vial, fue necesario un proceso de unificación de esta información para la clasificación de las diferentes clases a utilizar en los mapas temáticos.

En esta etapa se encontró que la información de los Municipios de Capitanejo, San Miguel, Enciso y San José de Miranda estaba totalmente unificada y completa debido a que los esquemas de Ordenamiento Territorial de estos Municipios fueron desarrollados por un mismo grupo de trabajo. Lo mismo sucedió para los Municipios de Guaca y Cepitá.

Para los demás Municipios fue necesario hacer una reorganización de la información con el objeto de unificarla con la de los Municipios anteriormente mencionados, para poder obtener la información definitiva de una manera clara y ordenada.

En algunos casos no fue posible hacer la unificación total de las clases y fue necesario trabajar con todas las encontradas en los diversos mapas. En otros casos no se encontró información del mapa temático dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio, por lo tanto a estas zonas se les asignó una clase llamada NI (No hay información).

4.3.3. Ensamble de mapas

Luego de tener claro cuales serían las categorías que se utilizarían dentro de cada mapa temático, se procedió a realizar el ensamble de cada uno de los mapas.

En este proceso se trabajaron con los diferentes mapas temáticos de cada uno de los Municipios, hallados como archivos en formato .dwg de AutoCAD, en un proceso de unión de mapas para poder obtener un solo mapa de cada tema para toda la zona de estudio.

Se realizó esta unión utilizando la herramienta AutoCAD Map 2000 debido a la facilidad que brinda esta herramienta para las opciones de edición y corrección de errores.

Para poder continuar con los siguientes procesos necesarios para la obtención de los mapas temáticos en formatos admisibles por la herramienta PRODIVIAL, fue necesario en esta etapa tener en cuenta algunos aspectos en cuanto a la edición de los mapas:

- Los límites de las áreas que representaban las diversas clases dentro del mapa temático debían estar contruidos como objetos tipo polilínea.
- Estas polilíneas debían estar cortadas entre los nodos que se formaban en las intersecciones de las áreas de las diferentes clases, es decir que las áreas no debían estar formadas por polígonos cerrados sino por polilíneas independientes.

- En los casos en que el área de la clase estuviera completamente dentro de otra y sin tener una intersección con alguna otra área, el límite de esta área debía ser una polilínea cerrada.
- Se debía chequear que las intersecciones entre áreas, las polilíneas estuvieran exactamente sobre otra polilínea, es decir que no fuera necesario extender la polilínea o cortarla.
- No podía existir polilíneas que estuvieran sobre otra. Cada límite de las áreas debía ser único.
- Los textos usados para darle el nombre de la clase a las áreas formadas, debían ser colocados en formato TEXT de AutoCAD en donde estos textos tengan un solo punto de inserción.
- Los puntos de inserción de los textos debían estar completamente dentro del área que forman los límites de la clase.
- Cada plano definitivo fue nombrado de acuerdo a los nombres dados a los temas de acuerdo a la sección 5.3.1 del presente libro, sin tildes y con letras minúsculas.
- Los archivos de estos planos definitivos debían estar guardados en formato de AutoCAD R12 DXF, es decir como archivos .dxf.

4.3.4. Procesamiento de mapas en herramienta SIG Arcinfo

Para la conversión de los planos de AutoCAD que contenían la información de los mapas temáticos en formatos con los cuales pudiera trabajar la

herramienta PRODIVIAL fue necesario hacer un procesamiento en un programa de Sistema de Información Geográfica (SIG).

El programa SIG utilizado para realizar los procedimientos descritos a continuación fue Arcinfo debido a la capacidad de este programa para hacer procesos que con otras herramientas pueden ser más dispendiosos.

Debido al poco conocimiento que se tenía del manejo, el ambiente de trabajo y la plataforma sobre la cual trabaja la herramienta, fue necesario realizar una breve capacitación para el conocimiento y manejo de la misma, para lo cual se contó con la valiosa colaboración del Ingeniero Sergio Manuel Pineda.

Arcinfo trabaja sobre sistema operativo Linux, el cual no se tenía en el computador en que se estaba trabajando. Este solamente se encontraba disponible en el servidor Clarinero del Grupo de Investigación de Geomática. Por lo tanto fue necesario acceder a él mediante un emulador que conectará con el servidor.

Como primer paso fue necesario transferir los datos de los planos en formato .dxf de los mapas temáticos a un directorio de trabajo dentro del servidor Clarinero, mediante un programa FPT de transferencia de datos.

Posteriormente se accedió al servidor mediante un emulador que pedía la clave de acceso a Clarinero. Una vez allí se especificaba cual es el directorio de trabajo donde se quieren almacenar los resultados de los procesos realizados en el programa que se vaya a trabajar dentro del servidor, en este caso los resultados generados por Arcinfo.

Finalmente se entró al ambiente de trabajo del programa Arcinfo en donde se realizaran los procesos necesarios para la edición y transformación de los mapas en formatos que se requerían.

Una vez se concluyó el trabajo en Arcinfo fue necesario de nuevo utilizar el programa de transferencia de datos para poder tener acceso a los archivos generados por la herramienta en el computador en donde se venía trabajando anteriormente.

4.3.4.1. Creación de Coberturas. Arcinfo reconoce los formatos dxf de AutoCAD. Para poder trabajar en la herramienta es necesario convertir estos planos en formatos que la herramienta pueda reconocer. Estos formatos son las coberturas.

Como primer paso se le indica a la herramienta que reconozca toda la información que esta contenida dentro del archivo dxf de AutoCAD, es decir que reconozca los tipos de elementos que hay dentro del plano, en este caso los planos dxf solo tienen elementos tipo polilínea que representan los límites de las áreas de las clases del tema y elementos tipo texto con la nomenclatura de la clase.

Posteriormente es necesario darle el nombre a la cobertura que se va a crear y especificarle los layers de AutoCAD en donde se encontraban los elementos a utilizar para la creación de la cobertura. Para los planos de AutoCAD de cada tema se usaron solamente dos layer, uno que contenía los elementos tipo polilínea de los límites de las áreas y otro con los textos de la nomenclatura de las clases. Para el nombre de la cobertura se utilizo el mismo que tenía cada plano en formato .dxf.

Al finalizar este proceso se crea dentro del directorio de trabajo de Clarinero un directorio con el nombre de la cobertura y que contiene todos los archivos de la misma. En este punto las polilíneas de los planos .dxf son reconocidas dentro de Arcinfo como elementos tipo Arco y los textos son reconocidos como Anotaciones.

Cada cobertura tiene una tabla de atributos o base de datos donde se almacena toda la información de los elementos que la conforman.

4.3.4.2. Corrección de Errores. Al crear las coberturas, estas pueden tener algunos errores que vienen de los archivos de .dxf de AutoCAD. Estos se deben a que al hacer el ensamble y la edición de los planos en AutoCAD se pudo haber cometido alguna falla al tomar en cuenta los aspectos mencionados en la sección 4.3.3.

Para corregir estos errores Arcinfo tiene herramientas de edición con las cuales fácilmente se puede solucionar estos problemas. Como primer paso la herramienta tiene la opción de hacer una autolimpieza al dibujo, en donde se corrigen errores como las líneas que no están cortadas por los nodos de las intersecciones de las áreas.

Posteriormente la herramienta sigue mostrando aquellos errores que no pudo corregir con la opción anterior como son las líneas que no intersectan exactamente con otras, para que estos sean corregidos manualmente mediante opciones de edición.

Una vez terminada la labor de corrección de errores las coberturas se encuentran listas para realizar los procesos siguientes dentro del manejo de la información que se realiza en Arcinfo como etapa previa antes de empezar con el procesamiento de la misma en la etapa del diseño del corredor vial.

4.3.4.3. Creación de topologías. Para que se puedan crear los polígonos cerrados necesarios para la representación y manejo de las áreas de las clases de los mapas temáticos es crear topologías para cada cobertura de los temas.

Si no se presentan errores en la edición que deberían ser corregidos según la sección 4.3.4.2, la topología debe ser creada exitosamente.

En este momento las áreas que representan las clases de cada mapa temático deben estar representadas por elementos tipo polígono y cada uno de ellos debe tener un registro en la tabla de atributos de la cobertura, donde se especifique propiedades de cada uno de ellos como son el área, el perímetro, un par de códigos de identificación, y otros más.

4.3.4.4. Asignación de textos de categorías a polígonos. En el momento que se crea la cobertura se crea una tabla donde se almacenan todos los elementos de tipo anotación que se encuentren dentro de los límites del área de cada clase. Para este caso almacena la nomenclatura de cada clase temática que se trajo como elemento tipo texto de AutoCAD.

Si existían áreas en donde se encontraran más de una anotación, Arcinfo le asigna al polígono, aquella que fue colocada primero en el plano de AutoCAD.

Para realizar este proceso fue necesario realizar una unión entre la tabla de atributos de la cobertura y una tabla que contiene la lista de las anotaciones que se encuentran dentro de los límites de cada área que formo los polígonos al hacer la topología.

Al realizar esta unión, cada elemento de la cobertura, es decir cada área que representa una clase temática tendrá asignado su respectivo nombre de la clase dentro de la tabla de atributos de la cobertura.

4.3.4.5. Edición de base de datos del tema. El siguiente paso que se realizó en esta etapa fue editar la base de datos de la cobertura, es decir la tabla que contiene los atributos de la misma. Como se mencionó anteriormente esta tabla contiene algunas propiedades y características de los elementos de la cobertura, en este caso de los polígonos que representan las áreas de cada clase temática.

Para que los archivos tengan un formato adecuado para la implementación de la herramienta PRODIVIAL, el cual fue descrito en la sección 2.2.2.1 del presente libro, fue necesario hacer una edición de los campos de la tabla de atributos de la cobertura de cada mapa temático, para dejar en esta tabla de atributos solamente aquellos campos que fueran necesarios y con el nombre adecuado.

Las tablas de atributos o bases de datos de las coberturas quedaron conformadas por los siguientes campos en el orden y con el nombre que se indican a continuación (Los símbolos **** representan las cuatro primeras letras de cada cobertura o mapa temático):

- Shape: es un campo tipo string en donde se identifica el tipo de entidad de los elementos que conforman la cobertura, es decir elementos tipo polígono.
- Área: es un campo de tipo numérico en donde se almacena el área de cada elemento de la cobertura.

- Txt****: es un campo de tipo string donde se encuentra consignado el nombre de la clase a la que pertenece el polígono dentro de cada mapa temático. Es el campo que se adiciona a la tabla de atributos luego de hacer el proceso descrito en la sección 4.3.4.4.
- ****_: es un campo de tipo numérico que sirve como identificador a cada polígono.
- ****_id: es un campo de tipo numérico que sirve como segundo identificador a cada polígono.

Al realizar los cambios aquí descritos a las tablas de atributos de las coberturas de cada mapa temático, estas se deben encontrar listas para su procesamiento dentro de la herramienta PRODIVIAL.

4.3.4.6. Elaboración del mapa de pendientes. A parte de realizar el procesamiento previo de la información de los mapas temáticos, es necesario hacer un manejo especial a la información que contiene la topografía de la zona debido a la importancia que esta tiene en el diseño vial. El manejo que se le da a esta información en la herramienta PRODIVIAL se hace a través del mapa de pendientes.

Para construir el mapa de pendientes es necesario obtener de AutoCAD el plano de curvas de nivel de la zona de estudio. Al igual que en los mapas temáticos, las curvas de nivel deben estar digitalizadas como polilíneas y cada una de ellas debe tener ciertas características para hacer posible el manejo de la información:

- Cada curva de nivel debe tener como atributo su respectiva elevación con respecto del nivel del mar.

- Las curvas de nivel deben estar digitalizadas de una manera continua.
- Las curvas de nivel que sean cerradas deben estar digitalizadas como polilíneas cerradas.
- No pueden haber intersecciones entre curvas de nivel.

La información de la topografía de la zona fue tomada de cartografía IGAC y fue necesario hacer un proceso de edición para estar seguros que esta cumpliera con las condiciones mencionadas anteriormente.

Para el manejo de esta información en Arcinfo, es necesario crear un plano de AutoCAD con la curvas de nivel de la zona de estudio y otro plano con el límite de la región en donde se quiera realizar el mapa de pendientes. Este límite debe estar comprendido totalmente dentro del área del plano que contenga la información de curvas de nivel, y debe ser digitalizado como una polilínea cerrada con elevación cero. Ambos planos deben ser guardados en formato de AutoCAD R12 DXF, y ser transferidos al servidor Clarinero mediante el mismo proceso realizado para los mapas temáticos descrito en la sección 4.3.4.

Al estar dentro de la herramienta Arcinfo, se procede a elaborar primero el modelo TIN (Red Irregular de Triángulos) de la zona de estudio, a partir de las plano .dxf de curvas de nivel, dándole como borde para la realización del modelo el plano .dxf que tiene el límite de la zona. Al obtener el modelo TIN, se procede a realizar el mapa de pendientes representada como porcentaje.

Se debe especificar un número para asignarle a los diferentes rangos de pendientes según lo especificado en la Tabla 7 del presente libro. En este punto se crea una cobertura con elementos tipo polígono, en donde a cada

uno de estos elementos se le asigna un valor de acuerdo al rango de pendientes que se maneje en esa área. En la tabla de atributos de esta cobertura deba aparecer un campo donde se encuentre el valor del rango de pendientes.

4.3.4.7. Edición de base de datos del mapa de pendientes. Al igual que en los mapas temáticos, para el mapa de pendientes se debe hacer una edición a la tabla de atributos de la cobertura. Los campos que deben contener esta tabla deben ser los mismos que para los mapas temáticos, los cuales son descritos en la sección 4.3.4.5, con excepción que el campo Txt**** donde se almacenaba el nombre de la clase a la cual pertenece el polígono dentro del mapa temático, se debe reemplazar por un campo de nombre Rango. Este campo Rango es de tipo numérico y en este almacena el rango de pendientes que tiene el respectivo polígono de acuerdo con las convenciones de la Tabla 7 del presente libro, para los rangos de pendiente transversal del terreno expresados como porcentaje.

4.3.5. Conversión de coberturas en formato Shape de Arcview

Luego de que realizan los pasos descritos anteriormente en la herramienta Arcinfo y de transferir la información de salida de las coberturas de cada mapa temático y del mapa de pendientes desde el servidor Clarinero, al computador de trabajo con ayuda del programa de transferencia de datos FPT, se debe proceder a convertir las coberturas de los diferentes mapas en formatos con los cuales sea más fácil el manejo en el programa SIG Arcview sobre el cual esta desarrollada la aplicación PRODIVIAL que se utilizará para el diseño del corredor vial.

El formato que se debe utilizar para los temas en Arcview es el formato Shape. Para esto simplemente se cargan las coberturas en Arcview y se

transforman al formato Shape colocándoles el mismo nombre de la cobertura para cada mapa temático. En este momento ya se tiene un solo archivo de dibujo por cada mapa temático, cada uno asociado a su respectiva base de datos de los elementos tipo polígono que representan las diferentes clases dentro de cada mapa.

4.3.6. Almacenamiento de la información

Para el almacenamiento de la información se creó un directorio con el nombre que se le asigne al proyecto. En este caso se le asignó el nombre *Chicamocha* debido a que la zona donde se está haciendo el análisis del corredor vial es parte Cañón del río Chicamocha como se mencionó anteriormente.

Este directorio Chicamocha se creó dentro de otro llamado C:\PRODIVIAL, en la cual se encuentra almacenado el proyecto vial1.apr de Arcview, el cual contiene la aplicación desarrollada por el Ingeniero Fabio Hernando Esparza Velasco que es la base para el manejo de la aplicación PRODIVIAL. Por lo tanto la estructura de directorio usada para el almacenamiento de la información base para el diseño del corredor vial es la siguiente:

C:\PRODIVIAL\Chicamocha

Dentro del directorio C:\PRODIVIAL\Chicamocha, la información correspondiente a los archivos Shape de los mapas temáticos es almacenada dentro de otro directorio llamado *Mapas*. Por lo tanto la ruta donde se almacenan estos archivos Shape es la siguiente:

C:\PRODIVIAL\Chicamocha\Mapas

4.4. DESCRIPCIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS OBTENIDOS¹⁷

Terminado el proceso de edición, conversión y almacenamiento de los mapas temáticos descrito anteriormente, estos se encuentran de una manera adecuada para el manejo dentro de la herramienta PRODIVIAL. A continuación se realiza una descripción de los mapas temáticos utilizados y de las diferentes clases de cada mapa.

4.4.1. Aptitud Física

Los mapas de aptitud física son aquellos que recopilan información acerca de las características estructurales y de composición de los suelos que servirán de soporte para la vía. Estos mapas son los que más importancia deben tener para el diseño del corredor ya que son ellos los que determinan cuales son las mejores zonas en cuanto a la capacidad de soporte de la subrasante de la vía y a la estabilidad de la banca. En este renglón se enmarcan los siguientes mapas temáticos:

4.4.1.1. Geología. Los componentes, estratigrafía y características de las rocas y suelos presentes en las diferentes formaciones geológicas son el factor más importante para la estabilidad de los suelos que han de soportar una vía.

Estas características de la roca y de los componentes de los suelos son el factor principal para conocer la resistencia de los suelos de soporte. Las diferentes formaciones geológicas, el símbolo de la clase que representan dentro del mapa temático y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostrados en la Tabla 19.

¹⁷ *ESQUEMAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LOS MUNICIPIOS DE LA ZONA DE ESTUDIO*

Tabla 19. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Geología

NOMBRE	PERIODO	CLASE	ÁREA [Km ²]
ROCAS ESTRATIFICADAS			
Suelo Residual	Cuaternario	Qsr	61,76
Aluvión	Cuaternario - Holoceno	Qal	65,77
Coluvión		Qd	101,04
Terraza	Cuaternario-Pleistoceno	Qtf	53,71
Formación Carbonera	Terciario - Eoceno	Tec	6,59
Formación Mirador		Tem	4,35
Formación Los Cuervos	Terciario - Paleoceno	Tplc	5,62
Formación Barco		Tpb	9,76
Formación Colon y Mito Juan	Cretaceo - Superior	Kscm	40,36
Formación La Luna		Ksl	29,79
Formación Capacho	Cretaceo - Inferior	Kic	72,52
Formación Aguardiente		Kia	119,84
Formación Tibú y Mercedes		Kitm	96,23
Formación Río Negro		Kirn	43,30
Formación Tablazo		Kit	22,87
Formación Paja		Kip	9,18
Formación Rosa Blanca		Kir	48,23
Formación Tambor		Kita	97,70
Formación Girón		Jg	164,76
Formación Jordán		Jj	36,71
Formación Bocas	Triasico	TRb	14,19
Formación Diamante	Permiano - Carboniano	Pcd	1,84
Formación Floresta	Devoniano	Df	123,65
Formación Floresta		Dfm	30,42
Formación Silgara	Predevoniano	PDs	51,14
Ortoneis		PDo	27,60
Neis de Bucaramanga		PDb	99,43
ROCAS ÍGNEAS			
Granito Pescadero	Jurásico - Triásico	JRgp	21,76
Cuarzo-monzonita		JRc	31,97
Cuarzo-monzonita La Corcova		JRcl	40,60
Cuarzo-monzonita Santa Bárbara		JRcs	180,21
Diorita		JRd	1,56

Fuente: Autores de la investigación.

En el mapa temático Geología, las clases están relacionadas con los diferentes tipos de formaciones geológicas o conjuntos de suelos o rocas que forman un tipo específico de conjunto como en el caso de aluviones y coluviones. A continuación se hace una breve descripción de las diferentes clases del mapa temático Geología.

CLASES PROVENIENTES DE ROCAS ESTRATIFICADAS

- *Clase Qsr (Suelo Residual)*: son aquellos suelos que se han formado por la meteorización y descomposición de la roca in situ y que no han sido transportados de su localización original. Estos suelos se caracterizan por tener texturas arenolimosas y limoarcillosas y poseen una permeabilidad media a baja.

- *Clase Qal (Aluvión)*: son suelos constituidos por materiales depositados en los valles de los ríos y corrientes principales, poco comunes en las zonas montañosas. Las zonas donde se presentan estos suelos, presentan una topografía plana a levemente inclinada y están constituidos principalmente por componentes arenosos, gravosos y lodosos que contienen cantos y rocas de diferentes tamaños depositados por el arrastre de las corrientes de agua.

- *Clase Qd (Coluvión)*: son suelos conformados por una masa incoherente de materiales sueltos y heterogéneos, de suelo o fragmentos de roca depositados por lavado de la lluvia, reptación o deslizamiento, los cuales son depositados en las bases de las laderas. Son áreas con gruesos depósitos de deslizamientos comunes en las zonas de pendientes fuertes, especialmente donde la roca más resistente descansa sobre una más débil, en donde se genera una topografía suave a ligeramente inclinada.

- *Clase Qtf (Terraza)*: corresponden generalmente a planicies de inundación de las principales corrientes.

- *Clase Tec (Formación Carbonera)*: conformada principalmente por limolitas negras, arcillolitas abigarradas, a veces carbonosas con intercalaciones de arenisca de grano fino, sublítica a cuarzosa con

estratificación ondulosa, con una delgada capa de hierro oolítico hacia la base de la formación.

- *Clase Tem (Formación Mirador)*: conformada por arenisca lítica, de grano medio a grueso, en bancos muy gruesos, arcillosos, estratificación cruzada. Varios niveles de conglomerados polímicicos, con cantos de cuarzo, areniscas, limolitas, chert, y en menor proporción shale. Delgadas intercalaciones de arenisca muy fina y de arcillolitas grises a verdes, rojizas y amarillentas.
- *Clase Tplc (Formación Los Cuervos)*: en la parte superior se encuentra limolita verdosa a amarillenta con intercalaciones de arenisca lítica de grano fino a medio en matriz arcillosa; en la parte superior se encuentran limos verdes a amarillentos fisibles, limos negros compactos, niveles carbonosos con continuidad lateral, arcillolitas abigarradas, con intercalaciones de arenisca lítica de grano fino a medio con matriz arcillosa o cemento calcáreo y esporádicos mantos de carbón hacia la base.
- *Clase Tpb (Formación Barco)*: conformada por areniscas blancas cuarzosas, sublíticas hacia el tope, con cemento silíceo, de grano medio a grueso, a veces ligeramente conglomeráticas, en bancos muy gruesos con estratificación cruzada, areniscas verdosas y grises de grano fino arcillosas. Arcillas grises oscuras carbonosas y limos verdes intercalándose entre areniscas con lentes y pequeños nódulos de ironstone.
- *Clase Kscm (Formación Colon y Mito Juan)*: en la parte superior esta conformada por limos grises oscuros a negros laminados, a veces carbonosos, con delgadas intercalaciones de arenisca cuarzosa, grises, micáceas, de grano fino con estratificación ondulosa; areniscas verdes con

oolitos ferruginosos y en la parte media delgadas capas de carbón. Hacia el tope delgadas capas de caliza con estructuras cono en cono. En la parte intermedia esta formada por arenisca cuarzosa con cemento silíceo o calcáreo, de grano fino a medio, a veces fosilíferas (bivalvos, y escasas amonitas), algunas conglomeráticas e intercalaciones de limos grises oscuros, laminados. En la parte Inferior hay limos muy blandos, laminados, grises oscuros, con pequeños nódulos limosos ferruginosos, bancos de arenisca gris de grano fino micáceos con intercalaciones de caliza arenosa fosilífera y de arenisca cuarzosa glauconítica de grano fino a muy fino con estratificación ondulosa e intensa bioperturbación.

- *Clase Ksl (Formación La Luna)*: en la parte superior hay bancos delgados de caliza y porcelanita negra, laminada, rica en materia orgánica, niveles ricos en foraminíferos planctónicos o bentónicos, así como grandes nódulos de caliza, los cuales contienen amonitas o bivalvos; arcillas negras laminadas y algunos bancos de roca fosfórica. En la parte se encuentran arcillas negras laminadas con delgadas capas de porcelanita negra, concreciones calcáreas aplanadas y arenisca de grano fino con estratificación ondulosa e intensa bioperturbación.
- *Clase Kic (Formación Capacho)*: En la parte superior hay limolitas negras laminadas muy fisibles, rica en materia orgánica, con delgadas intercalaciones de limolita negra calcárea rica en foraminíferos y en restos fosfáticos. Hacia la base unos niveles con grandes nódulos de caliza, los cuales contienen amonitas y pirita. En la parte intermedia hay limos negros con intercalaciones de arenisca cuarzosa, de grano muy fino a fino, bioperturbadas y con varias capas de caliza arenosa biotétrica fosilífera (Exogira Squamata y Gasterópodos). En la parte inferior hay limos negros fisibles con nódulos limosos ferruginosos y delgadas intercalaciones de arenisca cuarzosa de grano fino a muy fino intensamente bioperturbado.

- *Clase Kia (Formación Aguardiente)*: conformada por arenisca blanca, cuarzosa, con cemento silíceo de grano medio grueso, ligeramente conglomerática en bancos muy gruesos con estratificación cruzada. Intercalaciones de limolitas grises oscuras a negras y de areniscas de grano muy fino con estratificación ondulosa a lenticular. Hacia la base de la formación, unas intercalaciones de limos negros, carbonosos, con restos de plantas fósiles. La parte central de la formación es muy maciza y las intercalaciones lodosas son escasas y delgadas. En el tercio superior de la formación las areniscas son glauconíticas y las intercalaciones lodosas son más espesas.

- *Clase Kitm (Formación Tibú y Mercedes)*: En la parte superior se encuentran limos de color gris oscuro laminados, con intercalaciones de caliza arenoso biodetrítica y de arenisca cuarzosa con cemento silíceo, de grano medio. En la parte intermedia hay calizas gris oscuras compactas fosilíferas, muy abundantes. En la parte inferior hay roca caliza arenosa blanca cuarcítica de grano fino a grueso a veces conglomeráticas, fosilíferas (bivalvos, gasterópodos, amonitas, nautilus y equinoideos).

- *Clase Kia (Formación Río Negro)*: En la parte superior se encuentra arenisca blanca, cuarzosa a gris con cemento silíceo, rara vez calcáreo de grano fino a medio, ligeramente conglomerática, en bancos muy gruesos, los cuales forman canales y presentan estratificación cruzada en artesa. Intercalaciones de limos carbonosos y de arenisca muy fina lodosa de color gris oscuro. Escasos niveles de caliza arenosa fosilífera (Bivalvos). En la parte intermedia hay limolita de color gris oscuro y arenisca cuarzosa de matriz arcillosa a micrítica, de grano fino a muy fino, con estratificación ondulosa. Ciertos niveles son muy fosilíferos y contienen amonitas, gasterópodos, bivalvos y plantas. En la parte inferior se encuentra

arenisca cuarzosa con cemento silíceo o matriz arcillosa, de grano fino a medio en bancos delgados a gruesos, con estratificación cruzada a ondulosa. Hacia la base de la formación algunos bancos de arenisca de color rosado, composición arcósica o lítica y niveles conglomeráticos.

- *Clase Kit (Formación Tablazo)*: 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.
- *Clase Kip (Formación Paja)*: Esta unidad en el área rural 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. Se estima que su depósito tuvo lugar en un ambiente epicontinental.
- *Clase Kir (Formación Rosa Blanca)*: la unidad esta compuesta de caliza gris oscura, con intercalaciones de areniscas y shales grises calcáreos y en la base margas grises oscuras.
- *Clase Kita (Formación Tambor)*: Está constituida por areniscas conglomeráticas, lodolitas rojo grisáceas y cuarzoareniscas gris amarillentas con estratificación cruzada, en capas tabulares de espesores variables.

- *Clase Jg (Formación Girón)*: La unidad presenta en el área un carácter más arenoso, la unidad consiste principalmente de conglomerados y areniscas arcósicas de colores rojizos con escasos niveles de arcillas rojas.

- *Clase Jj (Formación Jordán)*: La unidad está constituida por areniscas gris verdosas, de grano grueso a ligeramente conglomerática, con estratificación cruzada; intercalados se presentan niveles de arcillolitas gris verdosas. En la parte superior se encuentran intercalaciones de limolitas, color marrón rojizo a rojo grisáceo y areniscas de grano fino en capas medianas. También existen capas delgadas de tobas soldadas félsicas.

- *Clase TRb (Formación Bocas)*: conformada principalmente por areniscas y lutitas de color gris a gris parduzco.

- *Clase Pcd (Formación Diamante)*: consta de una secuencia que presenta una parte basal compuesta por arenisca gris púrpura, de grano fino, medio y localmente de grano grueso a conglomerático; una parte media con lodolita gris oscura e intercalaciones de caliza del mismo color, y hacia la parte superior se conforma de caliza gris oscura, ligeramente arcillosa con delgadas intercalaciones de arcillolitas y areniscas grises a rojo grisáceas.

- *Clase Df (Formación Floresta)*: está constituida de base a techo por arcillolitas negras y areniscas multicolores, con intercalaciones de arcillolitas ocre, violetas, gris amarillentas y amarillo rojizas, con niveles fosilíferos y areniscas gris oscuras.

- *Clase Dfm (Formación Floresta)*: compuesta por pizarras, filitas y metareniscas de muy bajo grado de metamorfismo. Locamente posee algunos lentes calcáreos. Hay presencia de limolita y lutita de color gris amarillento filíticas y areniscas de grano fino.
- *Clase PDs (Formación Silgara)*: Esta compuesta principalmente por esquistos de color gris, cuarzo moscovítico con granates, esquistos grafitoso y cuarcita gris, generalmente con intercalaciones de metareniscas y metalimolitas.
- *Clase PDo (Ortoneis)*: compuesta por Neis cuarzofeldespático, ortoneis granodiorítico, Neis cuarzomonzonítico y granodiorítico. Son rocas de aspecto masivo, sin una estratificación definida y de composición magmática.
- *Clase PDb (Neis de Bucaramanga)*: Esta unidad se caracteriza por presentar una topografía de pendientes moderadas a altas, compuesta por una secuencia de rocas metamórficas de alto grado de origen sedimentario, tipo paraneis cuarzo feldespático y esquistos micáceos (biotíticos-sericíticos) y ortoneis cuarzo feldespático biotítico, en sectores muy locales alternan anfibolitas grises y verdosas con cuerpos migmatíticos claros. Estas rocas en general presentan un alto grado de meteorización y de erosión, principalmente de tipo laminar profundo, condiciones que oscurecen las características texturales de la roca original.

CLASES PROVENIENTES DE ROCAS ÍGNEAS

- *Clase JRgp (Granito de Pescadero)*: El granito es de color rosado naranja, de grano fino a muy fino, equigranular a ligeramente porfirítico; está compuesto de plagioclasa (albita), ortoclasa, micropertita y cuarzo en

cantidades casi iguales; los accesorios son óxidos de hierro, moscovita, biotita y zircón. Presenta diques afaníticos diabásicos de color verde intenso asociados a la Falla de Bucaramanga y diques porfiríticos de composición cuarzodiorítica y venas de cuarzo, que generalmente cortan en forma irregular el granito.

- *Clase JRc (Cuarzo-Monzonita)*: Rocas de color rosado a gris claro, de grano grueso a medio, equigranular a subporfirítica, presenta fenocristales de feldespato rosado, cuarzo y en algunos casos de plagioclasa. Los accesorios son zircón, esfena, apatito y óxidos de hierro; y los secundarios, clorita, epidota y sericita.

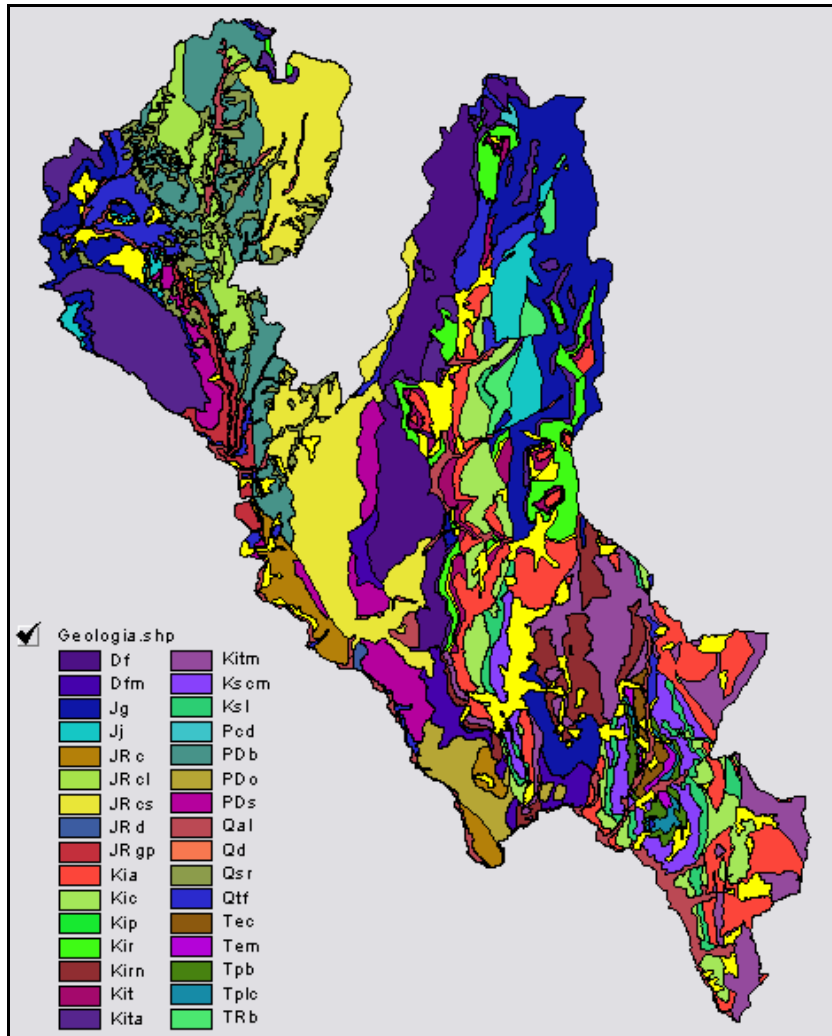
- *Clase JRcl (Cuarzo-Monzonita La Corcova)*: Roca ígnea de grano fino a medio, principalmente equigranular de color gris con biotita uniformemente diseminada. Meteoriza esferoidalmente formando cantos con núcleos rocosos y mostrando un color gris claro o gris amarillento. La roca está compuesta de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita y moscovita; los minerales accesorios apatito y óxidos de hierro.

- *Clase JRcs (Cuarzo-Monzonita Santa Bárbara)*: En estos batolitos las rocas son de composición cuarzomonzonítico principalmente con variaciones locales a granito y granodiorita. Presentan color rosado a gris claro, de grano grueso a medio, equigranular a subporfirítica, presenta fenocristales de feldespato rosado, cuarzo y en algunos casos de plagioclasa. Los accesorios son zircón, esfena, apatito y óxidos de hierro; y los secundarios, clorita, epidota y sericita.

- *Clase JRd (Diorita)*: roca de grano fino a medio con horblenda.

En la Figura 29 se muestran las diferentes zonas que representan las clases del mapa temático Geología en la zona de estudio.

Figura 29. Mapa Temático de Geología



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

4.4.1.2. Geomorfología. La importancia del conocimiento de las formas del relieve, radica en que la acción conjunta de la geoforma, el material parental y la topografía, inciden fuertemente en la formación y proceso de evolución de los suelos y en el tipo y grado de amenaza natural, determinado así el tipo de

cobertura vegetal, condicionando o restringiendo la posibilidad de explotación agropecuaria, la forma, infraestructura y localización de los asentamientos humanos.

Esta clasifica los paisajes según su origen y desarrollo (Morfogénesis), forma exterior (Morfografía), medida de ciertos rasgos (Morfo cronología), dentro del análisis geomorfológico se analizan, definen y ubican los procesos que moldean el relieve. Por medio del análisis geomorfológico se puede evaluar aspectos tan importantes como la formación y proceso de evolución de los suelos y en general, tener un conocimiento acerca de los procesos erosivos que actualmente afectan la región. Las diferentes geoformas, el símbolo de la clase que representan dentro del mapa temático y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostrados en la Tabla 20.

Tabla 20. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Geomorfología

ORIGEN	NOMBRE	CLASE	ÁREA [Km ²]
DENUDACIONAL	Abanicos	DNab	1,48
	Conos y abanicos	DNca	18,28
	Colinas y montañas	DNcm	50,39
	Colinas	DNco	57,41
	Colinas y pendientes	DNcp	48,50
	Escarpes	DNes	8,47
	Glacis	DNg	18,82
	Glacis de ladera	DNgl	1,32
	Laderas	DNla	28,73
	Laderas erosionales	DNle	28,41
	Laderas intermedias	DNli	14,25
	Lomas o lomería	DNlo	16,63
	Montañas y escarpes	DNme	161,01
	Montañas y pendientes	DNmp	40,07
	Áreas con movimientos en masa severos	DNms	5,20
	Pendientes	DNpe	11,83
	Penillanura	DNpn	4,72
	Tierras malas	DNtm	8,58
	Zona escarpada	DNze	13,30

	Zona montañosa	DNzm	112,39
DEPOSICIONAL GLACIARICO Y NO GLACIARICO	Valle aluvial	DPva	22,85
	Valle coluvial	DPvc	29,07
ESTRUCTURAL DENUDACIONAL	Crestón	EDcr	4,35
	Cuestas	EDcu	18,55
	Domos y colinas residuales	EDdc	5,05
	Depresiones	EDde	12,30
	Escarpes de falla	EDef	10,84
	Espalda de marrano	EDem	9,98
	Flanco anticlinal	EDfa	19,10
	Flujo de escombros antiguos	EDfe	10,48
	Flexiones de plegamiento	EDfp	2,26
	Lomos, narices y zonas de flexión	EDln	3,03
	Planicie estructural	EDpe	0,97
	Pendientes irregulares	EDpi	17,05
	Pendientes irregulares metamórficas	EDpm	6,55
	Pendientes irregulares suaves	EDps	14,82
	Terrazas	EDte	3,54
	Topografía rizada acolinada con drenajes	EDtr	71,43
	Topografía de lomas y vertientes empinadas	EDve	91,71
Topografía de lomas y vertientes onduladas	EDvo	22,92	
ESTRUCTURAL	Crestas	EScr	32,21
	Cuestas	EScu	102,58
FLUVIAL	Abanicos activos	FLaa	2,47
	Abanico aluvial inactivo	FLai	3,43
	Conos y abanicos torrenciales	FLca	1,20
	Lecho fluvial	FLlf	3,34
	Planicies de inundación	FLpi	7,03
	Terrazas fluviales	FLtf	16,64
	Terrazas medias	FLtm	0,43
FLUVIO-GLACIAR	Derrubios glaciares	GLde	19,81
	Escarpes	GLes	3,67
	Terrazas	GLte	4,75
DEPOSICIONAL DENUDACIONAL	Laderas, colinas y terrazas fluviales y fluvioglaciales	MDlt	3,42

Fuente: Autores de la investigación.

En el mapa temático Geomorfología, las clases están relacionadas con los diferentes tipos de geformas o formas del relieve. A continuación se hace

una breve descripción de las diferentes clases del mapa temático Geomorfología.

CLASES DE ORIGEN DENUDACIONAL

- *Clase DNab (Abanicos)*: Paisaje que generalmente se forma al pie de un sistema montañoso o al interior de grandes depresiones intramontanas.

- *Clase DNca (Conos y Abanicos)*: Se caracteriza por presentar un relieve de pendientes suaves a empinadas, ligeramente a moderadamente disectadas. Unidad originada por la influencia combinada de los fenómenos aluviales, coluviales y fluviotorrenciales, caracterizado por una composición de capas alternas formadas por una mezcla heterogénea de materiales arenosos, limosos y fragmentos de rocas.

- *Clase DNcm (Colinas y Montañas)*: Montaña es la Unidad o componente de cualquier cadena montañoso y es una gran elevación natural del terreno de diverso origen, con más de 300 metros de Desnivel, cuya cima puede ser aguda, subaguda, semiredondeada o tabular, y cuyas laderas regulares, irregulares o complejas, presentan una inclinación promedio superior al 30%. Esta geoforma es característica de la Formación Tibú - Mercedes, producto de la denudación de su material arcilloso, con pendientes empinadas a muy empinadas con topografía colinada a montañoso, con colinas redondeadas, de poca elevación alternadas con montañas altas con pendientes largas de 0-30 grados de inclinación (50%), moderadamente a severamente disectada.

- *Clase DNco (Colinas)*: Se caracterizan por pendientes fuertes, relieve ondulado; alta disección y sobresalen de la topografía existente como colinas aisladas.

- *Clase DNcp (Colinas y pendientes)*: La colina es una elevación natural del terreno de mediana altura, cuyas laderas presentan una inclinación promedio superior al 16% y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular. Pueden reconocerse colinas altas, medias y bajas. Las pendientes denudadas presentan inclinaciones hasta del 35% (0-20°), moderadamente largas de forma Ondulada y algunas veces recta.

- *Clase DNes (Escarpes)*: Es una geoforma con pendientes empinadas a muy empinadas, mayores al 75%, moderada a severamente disectadas, con red de drenaje paralela casi vertical, caracterizada por unidades litológicas de capas duras con delgados niveles blandos, donde las duras son de gran espesor y forman cornisas.

- *Clase DNg (Glacis)*: Se caracteriza por presentar un relieve irregular de pendientes suaves a moderadamente empinadas con topografía suave a rizada; moderadamente disectadas; producto de la acumulación de material que se forman al pie de laderas empinadas.

- *Clase DNgl (Glacis de ladera)*: Es una geoforma coluvial llamada Valle estrecho coluvial, de escasa extensión con pendientes suavemente inclinadas a moderadamente empinadas, con topografía regular, suave a rizada, formada al pie de colinas, lomas ondulaciones o de montañas elevadas, siendo moderadamente disectada. Se forman por la deposición gradual de capas de materia de suelo y fragmentos menores desprendidos por la erosión pluvial, la erosión laminar interfluvial y arrastrados por la reptación o mediante saltación de partículas cuesta abajo por incidencia de la gravedad.

- *Clase DNla (Laderas)*: Se caracteriza por su baja disección o entalle debido a la resistencia de los materiales rocosos que la componen y por encontrarse sobre ellas gran aporte de piedras y material disgregado en la superficie. Se caracteriza por presentar pendientes moderadamente inclinadas a empinadas que varían entre un 12 y 25%, que dan a la formación de un relieve ondulado, drenajes de poca amplitud, poca profundidad, ampliamente espaciados y curso preferiblemente rectilíneo con patrón de drenaje subparalelo.

- *Clase DNle (Laderas erosionales)*: Se distinguen por sus formas onduladas a inclinadas de pendiente moderada y por estar severamente afectadas por cárcavas, producto de la baja cohesión, la acción del viento, la torrencialidad de las lluvias y la acción socavante de las escorrentías. Se caracteriza por presentar pendientes empinadas a muy empinadas que varían entre 12-25-y 50% moderadamente disectada, con una topografía suave y rizada al pie de la unidad geomorfológica de zona montañosa.

- *Clase DNli (Laderas intermedias)*: Se caracteriza por la homogeneidad de sus pendientes suaves a moderadamente inclinada que varían entre un 7-12%, ligeramente a moderadamente disectadas.

- *Clase DNlo (Lomas o lomería)*: Son formaciones onduladas con una diferencia de altura entre la base y la cima que no supera los 300 m.

- *Clase DNme (Montañas y escarpes)*: Presenta una topografía de pendientes empinadas a muy empinadas, moderadamente a severamente disectadas. Esta geoforma es característico de las rocas metamórficas asociadas a eventos geológicos magmáticos del Macizo de Santander y a la orogenia de la Cordillera Oriental.

- *Clase DNmp (Montañas y pendientes)*: Presenta un relieve montañoso y una topografía de pendientes moderadamente empinadas a severamente disectadas y una morfometría que varía entre un 25-50 y 75%. Por tener un relieve montañoso y uso agro silvopastoril, la morfodinámica predominante en esta unidad está definida por la formación de terracetos, procesos erosivos de tipo moderado a medio y deslizamientos locales debido al mal uso del suelo, pérdida de la cobertura vegetal, tala indiscriminada de árboles e influencia antrópica sobre sectores de laderas.

- *Clase DNms (Áreas con movimientos en masa severos)*: Pendientes ligeramente a moderadamente empinadas, levantamientos y colinas moderadamente disectadas (deslizamientos volcamientos y flujos).

- *Clase DNpe (Pendientes)*: Corresponde a terrenos con pendientes moderadamente escarpadas y algo ondulado.

- *Clase DNpn (Penillanuras)*: Topografía ondulosa a rizada, ligeramente disectadas con pendientes severamente escarpadas.

- *Clase DNtm (Tierras malas)*: Presentan una topografía con pendientes suavemente escarpadas a moderadamente escarpadas, severamente disectadas (filos, crestas redondeadas y formas castelares).

- *Clase DNze (Zona escarpada)*: Esta unidad geomorfológica se caracteriza por presentar pendientes empinadas a muy empinadas; moderadamente a severamente disectadas. Son susceptibles a sufrir amenaza media por caída de rocas en un evento sísmico o durante periodo de alta precipitación.

- *Clase DNzm (Zona montañosa)*: Presenta un relieve montañoso a escarpado con una topografía de pendientes empinadas a muy empinadas, moderadamente a severamente disectada y una morfometría que varía entre un 50 – 75%. Esta unidad geomorfológica es característica de los complejos ígneos-metamórficos asociado a eventos geológicos plutónicos del Macizo de Santander y a la orogenia de la Cordillera Oriental. Los procesos morfodinámicos presentes en esta unidad son muy complejos ya que la mayor parte de esta unidad esta asociada al control estructural del sistema de la Falla de Bucaramanga Santa Marta. La mayor parte de la roca se encuentra expuesta sin ningún tipo de protección vegetal, fracturada y diaclasada, condición de debilidad de las rocas que facilita los procesos erosivos intensos, que desprenden material el cual se acumula en los cambios de pendientes en forma de talud y conos de detritos, también originan procesos tales como: derrumbes, avalanchas y otros fenómenos de remoción en masa.

CLASES DE ORIGEN DEPOSICIONAL GLACIARICO Y NO GLACIARICO

- *Clase DPva (Valle aluvial)*: Son formas alargadas y relativamente planas y estrechas intercaladas entre dos áreas de relieve más alto, que se formaron por aportes longitudinales y laterales de sedimentos acarreados por una corriente. Reciben aportes de sedimentos correspondientes a las partes bajas de los ríos Tunebo y Servitá, que se unen hacia el sur del Municipio para llegar a desembocar al Chicamocha, son valles jóvenes donde se presentan pendientes suaves de material no consolidado y sujeto a erosión rápida.
- *Clase DPvc (Valle coluvial)*: Son paisajes pequeños de topografía inclinada, formados al pie de colinas o montañas. Su depositación proviene de material arrastrado por las corrientes de agua o y

transportadas loma abajo por incidencia de la gravedad aún cuando muchas de estas áreas presentan buenas condiciones de fertilidad de sus suelos, cuando la pendiente es alta se generan fenómenos de inestabilidad de las laderas.

CLASES DE ORIGEN ESTRUCTURAL DENUDACIONAL

- *Clase EDcr (Crestón)*: Geoforma que resulta de la degradación o fallamiento de un anticlinal, cuyas laderas estructural y erosionales o escarpes tienden a ser regulares y moderadamente disectadas debido a la uniformidad y dureza de las rocas que la conforman (calizas y luditas). Su cima es aguda a subaguda, razón por la cual se le denomina en términos topográficos “cuchillas”, las que sobresalen netamente por su altura en un sistema de montañas y colinas plegadas. La ladera estructural presenta buzamiento entre 10° y 25°, siendo lomos con pendientes empinadas a muy empinadas que presentan suelos maduros pero poco profundos.
- *Clase EDcu (Cuestas)*: Esta forma es un paisaje monoclinal formado como consecuencia de la degradación parcial de estratos sedimentarios suavemente plegados. Se caracteriza por una pendiente frontal empinada o escarpe y una ladera estructural de contrapendiente suave. El escarpe esta constituido por secuencia de areniscas y calizas, por lo cual la ladera estructural es más regular, ligeramente a moderadamente disectada, con suelos bien definidos y cierto grado de madurez.
- *Clase EDdc (Domos y colinas residuales)*: Geoforma localizada en diferentes sectores del Municipio, entre el lineamiento de los planos de fallas. Se caracteriza por una alternancia paisajística de Domos y Colinas, aislados o dejados por el desplazamiento entre fallas. Los Domos presentan cimas redondeadas y laderas regulares poco disectadas, con

pendientes muy empinadas a escarpadas, con suelos muy pobres y escasos y poca vegetación. Las colinas presentan cimas amplias, redondeadas, alargadas y laderas inclinadas con pendientes moderadamente empinadas entre el 25 al 50%, moderadamente disectadas.

- *Clase EDde (Depresiones)*: Son depresiones topográficas formadas por la presencia de fallas, limitadas por filos rocosos escarpados con pendientes moderadamente escarpadas.
- *Clase EDef (Escarpes de falla)*: Modelados con pendientes escarpadas a moderadamente escarpadas, severamente disectadas. Presentan fuerte control estructural por el sistema de fallas Bucaramanga – Santa Marta y la estructura de rocas.
- *Clase EDem (Espalda de marrano)*: Esta geoforma presenta una topografía de colinas puntiagudas y alargadas con pendientes suavemente escarpadas a moderadamente escarpadas; con fuerte control estructural y estratigráfico; ligeramente disectadas.
- *Clase EDfa (Flanco anticlinal)*: Topografía con pendientes suavemente escarpadas a moderadamente escarpadas; severamente disectadas sobre el eje del anticlinal.
- *Clase EDfe (Flujo de escombros antiguos)*: Esta unidad presenta pendientes moderadamente escarpadas a suavemente escarpadas en la parte alta del flujo y pendientes ligeramente disectadas en el cauce del río Negro. Estos flujos en la zona tienen un origen tectónico asociado al fuerte control estructural.

- Clase *EDfp (Flexiones de plegamiento)*: Corresponde geomorfológicamente a lomos alargados con pendientes suavemente escarpados a moderadamente escarpados; moderadamente disectadas.
- Clase *EDIn (Lomos, narices y zonas de flexión)*: Geoforma asociada al anticlinal de Pantano Grande, caracterizada por extensos lomos de pendientes moderadamente empinadas a muy empinadas y abruptas, con rango entre 50 – 75% ,limitadas por fallas, por lo cual los flancos del anticlinal se presentan moderadamente disectados.
- Clase *EDpe (Planicie estructural)*: Topografía plana ondulosa horizontal, con pendientes suavemente empinada a muy empinadas cerca de la zona de escarpe.
- Clase *EDpi (Pendientes irregulares)*: Esta unidad presenta una topografía rizada a colinada con sistemas de drenaje relacionados con fracturas; pendientes suavemente escarpadas a moderadamente escarpadas.
- Clase *EDpm (Pendientes irregulares metamórficas)*: Topografía rizada y pendientes moderadamente escarpadas a severamente disectadas y sistema de drenaje relacionado con el patrón de esquistosidad.
- Clase *EDps (Pendientes irregulares suaves)*: Con topografía de pendientes suavemente escarpadas a moderadamente escarpadas, formada por alternancia de rocas duras y blandas (rocas ígneas tipo Cuarzomonzonita).
- Clase *EDte (Terrazas)*: Geoforma caracterizada por pendientes suaves a moderadamente empinadas, moderadamente disectadas, resultado de

valles de falla intersectados por otras fracturas; se localizan en la cima de un crestón.

- Clase *EDtr (Topografía rizada acolinada con drenajes)*: Pendientes moderadamente empinadas a empinadas y severa a moderadamente disectadas, y corresponden al patrón de fallas y a la estratificación de las formaciones.
- Clase *EDve (Topografía de lomas y vertientes empinadas)*: Corresponden a pendientes moderadamente empinadas a muy empinadas con patrón lineal y drenaje relacionado a afloramientos de rocas sedimentarias.
- Clase *EDvo (Topografía de lomas y vertientes onduladas)*: Corresponden a pendientes suaves a moderadamente empinadas con un patrón de drenaje relacionado a afloramiento de rocas sedimentarias competentes.

CLASES DE ORIGEN ESTRUCTURAL

- Clase *EScr (Crestas)*: Zonas heterogéneas que incluyen la ladera estructural y el frente o escarpe estructural, se caracterizan porque la pendiente en su conjunto posee inclinaciones entre 30 a 70%.
- Clase *EScu (Cuestas)*: Son planos estructurales y estratos rocosos que se caracterizan porque la pendiente en su conjunto no supera inclinaciones mayores de 30%.

CLASES DE ORIGEN FLUVIAL

- Clase *FLaa (Abanico activo)*: Pendientes suaves a moderadamente empinadas, regularmente inundado y sujeto a colmatación por

acumulación fluvial. Se presenta sobre la unidad geomorfológica de zona montañosa y escarpada, los cuales se activan o son más comunes en épocas de invierno generando las famosas avenidas torrenciales.

- *Clase FLai (Abanico aluvial inactivo)*: Pendientes suaves a moderadas, ligeramente disectadas.

- *Clase FLca (Conos y abanicos torrenciales)*: Presenta una geomorfología típica en la forma de abanicos; las pendientes son empinadas a moderadamente escarpadas.

- *Clase FLlf (Lecho fluvial)*: Aproximadamente planos, de topografía irregular, con variación del nivel de agua y con áreas de acumulación de materiales y erosión.

- *Clase FLpi (Planicies de inundación)*: Pendientes planas, estacionalmente inundables, sujetos a colmatación por acumulación fluvial.

- *Clase FLtf (Terrazas fluviales)*: La terraza es una superficie que representa los restos del cauce de un río y/o quebrada o de una planicie de inundación, cuando el río y/o quebrada estuvo fluyendo a un nivel más alto. Las terrazas son remanentes de anteriores niveles de sedimentación, se pueden presentar por niveles, donde los niveles más altos son los más antiguos y normalmente contienen los suelos más evolucionados. Cada nivel de terraza esta separado de otros por escarpes verticales a subverticales en los que afloran las capas de sedimentación. Se caracterizan por presentar una topografía con pendientes aproximadamente planas a suavemente empinadas que son ligera a moderadamente disectadas.

- Clase *FLtm (Terrazas medias)*: Topografía con pendientes suavemente empinadas, ligeramente a moderadamente disectadas.

CLASES DE ORIGEN FLUVIO-GLACIAR

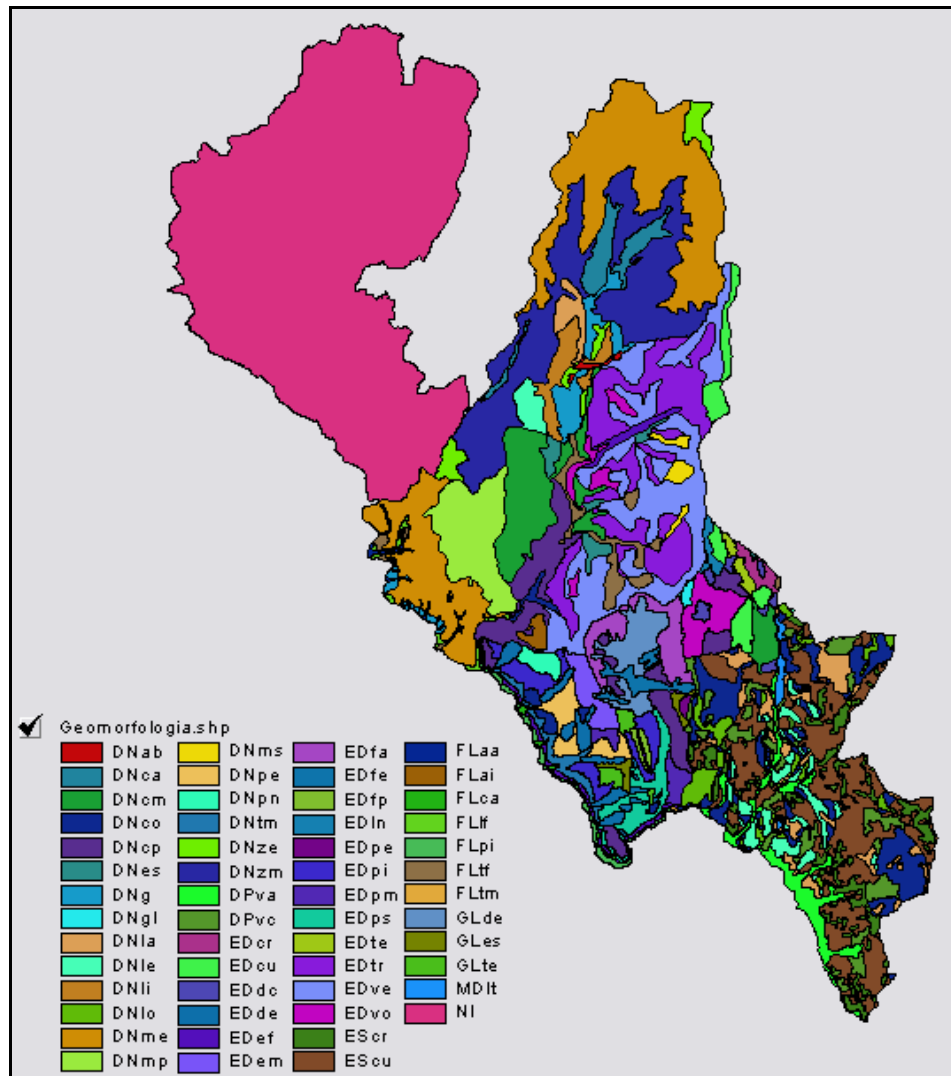
- Clase *GLde (Derrubios glaciares)*: Pendientes de derrubios y campos de bosques con pendientes empinadas a severamente escarpadas con superficie rugosa formadas por materiales fluvio-glaciario. Taludes verticales formados hacia los bordes de las terrazas que muestran la inclusión de los cauces.
- Clase *GLes (Escarpes)*: Colinas con pendientes severamente escarpadas a moderadamente escarpadas con crestas agudas como divisiones de agua (aretes y cuernos, moderadamente disectados).
- Clase *GLte (Terrazas)*: Constituidas por arena y grava, las cuales fueron arrastradas desde el frente del glacial.

CLASES DE ORIGEN MIXTO DEPOSICIONAL DENUDACIONAL

- Clase *MDtl (Laderas, colinas y terrazas fluviales y fluvioglaciales)*: El relieve fue originalmente formado por acumulación fluvial, pero la fuerte disección desapareció el relieve original, dando paso a formas onduladas e inclinadas. Se distinguen los valles fluvioglaciales por su alta pendiente y por la carencia de material aluvial.

En la Figura 30 se muestran las diferentes zonas que representan las clases del mapa temático Geomorfología en la zona de estudio.

Figura 30. Mapa Temático de Geomorfología



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

4.4.1.3. Fallas. Las fallas geológicas son un factor fundamental para la estabilidad de los suelos por donde será trazada la vía. Debido al movimiento y a la actividad de estas se producen movimientos de remoción en masa que afectan la estabilidad de los taludes y de la banca que conforman la sección transversal.

En el trazado de las carreteras se debe procurar que los alineamientos atraviesen lo más perpendicularmente posible a las fallas para reducir las zonas de inestabilidad.

Para la elaboración de este mapa temático, se siguió un procedimiento diferente que para los demás. Se tomaron las principales fallas geológicas de la zona de estudio, entre las cuales se encuentran la falla Bucaramanga Santa Marta, Cepitá, Servitá, entre otras. Se trazaron diferentes formas de afectación por eventos sísmicos de acuerdo a la distancia hasta la fallas y estas áreas de afectación fueron usadas como las clases del mapa temático Fallas. Las distancias de afectación se tomaron perpendicularmente a cada lado de la falla.

Para la creación de la zona de afectación se crearon polígonos tipo buffer alrededor de la línea de la falla desde los más internos hasta los más externos utilizando la distancia de afectación para cada caso. Las distancias de cada de afectación por eventos sísmicos de cada zona, el símbolo de la clase que representan dentro del mapa temático y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostrados en la Tabla 21.

Tabla 21. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Fallas

CATEGORÍA	CLASE	ZONA DE AFECTACIÓN	ÁREA [Km ²]
Muy alta	MA	100 m	108,36
Alta	A	250 m	156,72
Media	M	500 m	239,92
Baja	B	1000 m	377,83
Muy baja	MB	2000 m	434,11
Nula	N	>2000 m	397,47

Fuente: Autores de la investigación.

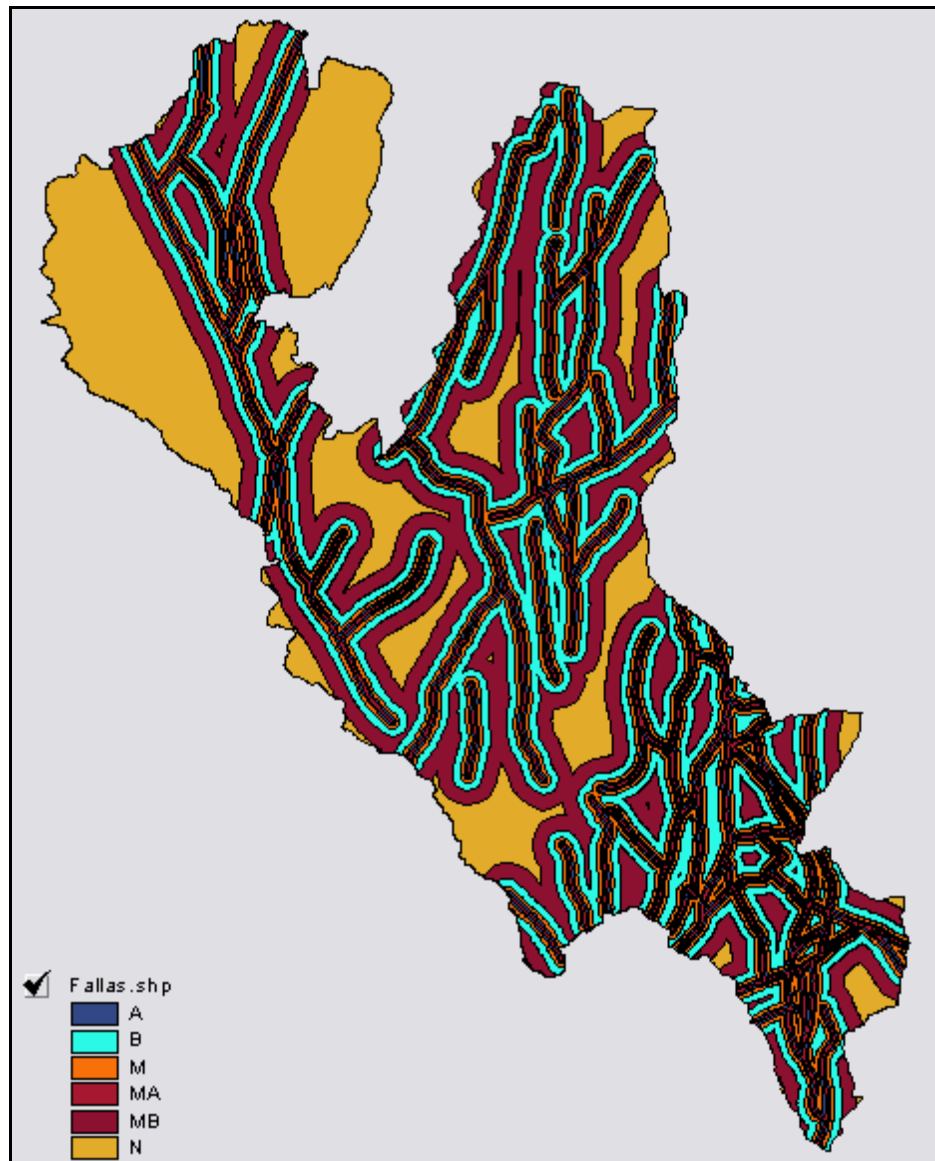
En el mapa temático Fallas, las clases están relacionadas con las zonas de afectación de las fallas geológicas.

A continuación se hace una breve descripción de las diferentes clases del mapa temático Fallas.

- *Clase MA (Zona de afectación muy alta)*: es la zona comprendida entre la falla y 100 metros a ambos lados de la misma.
- *Clase A (Zona de afectación alta)*: es la zona comprendida entre 100 y 250 metros a ambos lados de la falla.
- *Clase M (Zona de afectación media)*: es la zona comprendida entre 250 y 500 metros a ambos lados de la falla.
- *Clase B (Zona de afectación baja)*: es la zona comprendida entre 500 y 1000 metros a ambos lados de la falla.
- *Clase MB (Zona de afectación muy baja)*: es la zona comprendida entre 1000 y 2000 metros a ambos lados de la falla.
- *Clase N (Zona de afectación nula)*: es la zona comprendida más allá de 2000 metros a ambos lados de la falla.

En la Figura 31 se muestran las diferentes zonas que representan las clases del mapa temático Fallas en la zona de estudio.

Figura 31. Mapa Temático de Fallas



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

4.4.2. Aptitud Ambiental

En los últimos años los aspectos ambientales se han convertido en un aspecto determinante para la formulación y evaluación de proyectos.

Los impactos ambientales que se generen en las diferentes zonas de vida y en hábitat de las especies animales y vegetales que se encuentren en la zona del proyecto deben ser evaluados antes de emprender la ejecución de las obras.

Dentro de este aspecto también deben tenerse en cuenta los riesgos ante eventos naturales como movimientos de remoción en masa, inundaciones, etc. que puedan afectar la infraestructura levantada para el proyecto. En este renglón se enmarcan los siguientes mapas temáticos:

4.4.2.1. Ambiental. La zonificación ambiental se realiza mediante la ubicación de diferentes zonas de impacto ambiental que se enmarcan en tres grandes grupos: Zonas para el desarrollo rural, es decir aquellos suelos aptos para el desarrollo de actividades agropecuarias, Zonas de protección e importancia ambiental, es decir aquellos suelos que deben ser dedicadas a la protección de las especies nativas; y Ecosistemas estratégicos, es decir aquellas zonas que deben tener regulaciones ambientales estrictas debido a la importancia de las mismas en la preservación del medio ambiente.

Los determinantes ambientales están orientados hacia la configuración de un territorio que conserve la biodiversidad y la oferta de recursos naturales, la consolidación de las instituciones en la administración y manejo racional de éstas y la instrumentación de la sociedad civil en el control y gestión de sus formas de apropiación para que sean compatibles con su aptitud.

Las diferentes zonas de impacto ambiental, el símbolo de la clase que representan dentro del mapa temático y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostrados en la Tabla 22.

Tabla 22. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Ambiental

TIPO DE SUELOS	CATEGORÍA UTILIZADA	CLASE	ÁREA [Km ²]	
Suelos de desarrollo rural	<i>Áreas de uso potencial agroforestal</i>			
	Área agropecuaria semi-intensiva o semi-mecanizada	ASS	80,41	
	Área agropecuaria extensiva	AAE	174,32	
	<i>Uso potencial agroforestal</i>	Áreas para sistemas silvoagrícolas	ASSA	33,21
		Áreas para sistemas agrosilvopastoriles	ASASP	51,58
		Áreas para sistemas silvopastoriles	ASSP	46,30
		Amenaza natural alta	ANA	61,21
Suelos de protección e importancia Ambiental	<i>Áreas de protección</i>			
	Áreas forestales protectoras-productoras	AFPP	353,76	
	Áreas forestales protectoras	AFP	260,68	
	Áreas de fragilidad ambiental	AFA	12,06	
	Áreas de amortiguación de zonas protegidas	AZP	50,10	
	Áreas de protección absoluta	APA	3,94	
	<i>Áreas para la conservación y protección del medio ambiente</i>			
Microcuencas que abastecen acueductos	MA	21,37		
Ecosistemas estratégicos	Páramo y bosque alto andino	PBAA	340,36	
	Páramo y bosque alto andino intervenido	PBAAI	0,19	
	Áreas con tendencia a la aridez	ATA	212,52	
Suelo Urbano	Zonas urbanas	ZU	12,39	

Fuente: Autores de la investigación.

En el mapa temático Ambiental, las clases están relacionadas con las diferentes zonas de protección ambiental. A continuación se hace una breve descripción de las diferentes clases del mapa temático Ambiental.

SUELOS DE DESARROLLO RURAL

- *Clase ASS (Área agropecuaria semi-intensiva o semi-mecanizada):* Son aquellas áreas con suelos de mediana capacidad agrológica caracterizadas por un relieve de plano a moderadamente ondulado, profundidad efectiva de superficial a moderadamente profunda, con sensibilidad a la erosión, pero que pueden permitir una mecanización

controlada o uso semi - intensivo. Su principal uso es para la práctica agropecuaria tradicional a semi-mecanizada y forestal. Se debe dedicar como mínimo el 15% del predio para uso forestal protector – productor. Su uso para vías de comunicación se encuentran condicionado a ciertos factores ambientales.

- *Clase AAE (Área agropecuaria extensiva):* Son aquellas áreas con suelos poco profundos pedregosos, con relieve quebrado susceptibles a los procesos erosivos y de mediana a baja capacidad agrológica. Generalmente se ubican en las laderas de las formaciones montañosas con pendientes mayores al 25%. Su uso principal es para la practica agropecuaria tradicional, y forestal. Se debe dedicar como mínimo el 20% del predio para uso forestal protector - productor, para promover la formación de bosques productores – protectores. Su uso para vías de comunicación se encuentran condicionado a ciertos factores ambientales.
- *Clase ASSA (Área para sistemas silvoagricolas):* En estas zonas se practica actividades agrícolas y de preservación de bosques nativos.
- *Clase ASASP (Área para sistemas agrosilvopastoriles):* Son áreas donde se combinan las actividades de agricultura, pastoreo y preservación de los bosques nativos.
- *Clase ASSP (Áreas para sistemas silvopastoriles):* En estas zonas se practica actividades de pastoreo y de preservación de bosques nativos.
- *Clase ANA: (Amenaza natural alta):* Son zonas dedicadas a usos agroforestales, las cuales no se encuentran aptas para tal fin, debido a la perdida absoluta de cobertura vegetal y al alto grado de erosión. Son

zonas que deben ser reforestadas para tratar de recuperar su aptitud ambiental.

SUELOS DE PROTECCIÓN E IMPORTANCIA AMBIENTAL

- *Clase AFPP: (Áreas forestales protectoras-productoras):* Son áreas localizadas en zonas aledañas a áreas protegidas, en sectores con pendiente mayor al 50% y en sectores con procesos de remoción en masa acelerados; su finalidad es proteger los suelos y demás recursos naturales, pero pueden ser objeto de usos productivos, sujetos al mantenimiento del efecto protector.
- *Clase AFP: (Áreas forestales protectoras):* Son las franjas de bosques maduros e intervenidos, fundamentales para la preservación de la flora y protección de la fauna existente, los cuales deben alinderarse y preservarse como áreas de protección.
- *Clase AFA: (Áreas de fragilidad ambiental):* Son zonas que se encuentran en un estado de degradación ambiental muy alto y que deben ser recuperadas en su totalidad.
- *Clase AZP: (Áreas de amortiguación de zonas protegidas):* Son aquellas áreas delimitadas con la finalidad de prevenir perturbaciones causadas por actividades humanas en zonas aledañas a un área protegida, con el objeto de evitar que se causen alteraciones que atenten contra la conservación de la misma. Su principal uso son las actividades orientadas a la protección integral de los recursos naturales y a la repoblación forestal. Su uso para vías de comunicación se encuentran condicionado a ciertos factores ambientales.

- *Clase APA: (Áreas de protección absoluta):* Son zonas que por sus características ambientales deben ser usadas para la preservación del medio ambiente y que no posibilitan la ubicación de asentamientos humanos.
- *Clase MA: (Microcuencas que abastecen acueductos):* Son áreas que deben ser restauradas, aisladas y administradas adecuadamente por los miembros de la sociedad civil y administrativa, con el objeto de realizar un proceso de recuperación, protección, y conservación del recurso hídrico de la zona.

ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

- *Clase PBAA: (Páramo y bosque alto andino):* Son ecosistemas de montaña que tienen por función regular los ciclos de agua. Adicionalmente tienen una compleja diversidad biológica por poseer una estructura endémica bastante relevante. Las zonas de páramo, conforman áreas de especial significancia ambiental por su fragilidad y función ecosistémica de lagunas, favoreciendo la generación de corrientes y de descargas hidrobiológicas. De igual manera el bosque alto andino como zona amortiguadora del páramo, expresa su fertilidad y riqueza hidrobiológica en la abundancia de materia orgánica y presencia de cinturones de condensación de la humedad atmosférica generando la formación típica del bosque de niebla. En conjunto conforman un ecosistema estratégico de gran importancia ecológica a partir de los 2.300 m.s.n.m por: a) Preservación de la biodiversidad ecosistémica, b) depuración de la atmósfera, c) conservación de suelos d). Refugio de fauna silvestre y flora endémica e) Oferente de bienes y servicios ambientales esenciales (Recursos hídricos) para el desarrollo y bienestar de poblaciones. El

estado actual de estos ecosistemas en la zona de estudio es crítico debido a las actividades antrópicas.

- *Clase PBAAI: (Páramo y bosque alto andino intervenido):* Tienen las mismas características que la clase anterior pero en estas zonas se presenta una mayor intervención antrópica.
- *Clase ATA: (Áreas con tendencia a la aridez):* Este fenómeno de aridez es expansivo por la sobreexplotación del suelo. Adicionalmente, dentro de esta clasificación existen zonas de tendencia a la aridez con presencia de erosión intensa y cárcavas. Estas zonas deben estar dedicadas al uso paisajístico y de contemplación por su fragilidad y amenaza que representa para la comunidad en general por avalanchas, deslizamientos, erosión, sismos, etc.

SUELO URBANO

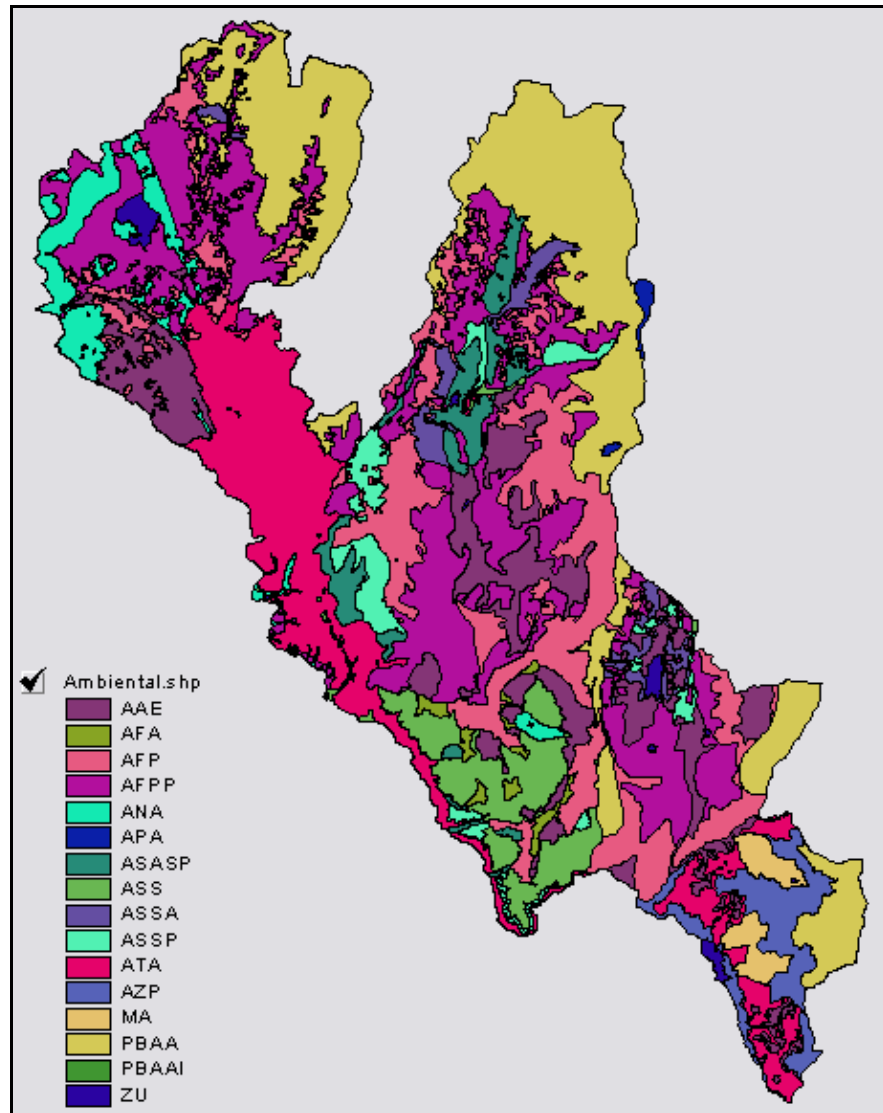
- *Clase ZU (Zonas urbanas):* son las zonas correspondientes a los cascos urbanos de los Municipios.

En la Figura 32 se muestran las diferentes zonas que representan las clases del mapa temático Ambiental en la zona de estudio.

4.4.2.2. Amenazas. Las amenazas se definen como la posibilidad o probabilidad de ocurrencia en un área determinada de un fenómeno natural o antrópico con un cierto potencial para causar daños en un período de tiempo específico. Para estimar cualitativamente el nivel de amenaza en un lugar determinado utilizamos el concepto de susceptibilidad a esta; calculada a partir del análisis de los principales factores y variables que intervienen en su ocurrencia, como podrían ser: la altura sobre el nivel del mar, el tipo de roca y

de suelo del área, el comportamiento histórico de la región en cuanto a factores climáticos y geológicos, las pendientes del terreno, la cobertura vegetal presente en el área, etc.

Figura 32 . Mapa Temático de Ambiental



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

Las amenazas por fenómenos naturales conllevan los desastres naturales, los

cuales traen consigo pérdidas económicas y humanas, por lo tanto es importante zonificar las regiones de acuerdo al riesgo y vulnerabilidad de las mismas a la ocurrencia de estos desastres naturales. Las amenazas se enmarcan dentro de varios grupos entre los cuales tenemos los que se mencionan a continuación.

AMENAZAS POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Incluye todo tipo de amenaza de tipo hídrico o tipo climático. Esto quiere decir que son los propios elementos naturales los que se constituyen en el detonante de los desastres naturales y simultáneamente en amenaza. Las unidades más susceptibles a sufrir este tipo de fenómeno son las pertenecientes a depósitos cuaternarios aluviales o unidades geomorfológicas de terrazas fluviales. Dentro de este grupo se enmarcan las amenazas por:

- Heladas
- Inundaciones, Desbordamientos, Flujos Terrosos y Lahares.

AMENAZAS POR DEGRADACIÓN DEL AMBIENTE NATURAL

En este renglón de amenazas naturales se incluyen aquellas que poseen un carácter antrópico del agente detonante. Usualmente esta amenaza está vinculada a las labores industriales, técnicas de explotación del suelo o actividades culturales de la comunidad y por tanto una campaña informativa educativa o la reingeniería de los procesos industriales son claves para aliviar su susceptibilidad. Dentro de este grupo se enmarcan las amenazas por:

- Incendios forestales
- Contaminación atmosférica
- Contaminación hídrica y desechos sólidos.

AMENAZAS POR GEODINÁMICA INTERNA

Incluyen las amenazas en las cuales los elementos geológicos del subsuelo se constituyen en detonante de desastres naturales y por tanto no es posible aliviar o erradicar el grado de susceptibilidad del territorio a dicha amenaza.

Dentro de este grupo se enmarcan las amenazas por:

- Amenaza Sísmica
- Amenaza Volcánica

AMENAZAS POR GEODINÁMICA EXTERNA

Incluye las amenazas en las cuales los elementos geológicos superficiales se constituyen en el detonante de los desastres naturales al interactuar de forma sutil y compleja con algunos factores climáticos, hídricos y antrópicos. En este tipo de amenazas la susceptibilidad del territorio se puede aliviar o incluso erradicar con las labores ingenieriles adecuadas, actuando sobre el área problema con actividades preventivas. Dentro de este grupo se enmarcan las amenazas por:

- Erosión y carcavamiento
- Caída de bloques y desprendimientos
- Deslizamiento y reptación
- Flujos
- Derrumbes
- Hundimientos

Para cada tipo de amenaza se pueden reconocer varios rangos de la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos que conllevan la amenaza. Generalmente se clasifican los rangos de amenaza en tres tipos: Alta, Media y Baja.

Para la zona de estudio fue difícil reconocer cada tipo de amenaza debido a la heterogeneidad en los planos de información obtenidos de los esquemas de ordenamiento territorial; en algunos casos existían zonas con varios tipos de amenazas, y en otros planos no se encontraba especificado el tipo de amenaza a la cual se refería. Por lo tanto para el análisis se unió toda la información de cada rango de amenaza en una sola clase temática. La mayoría de los fenómenos de amenazas que se recopilan en estas clases, tienen que ver con amenazas de inundación, sísmica, y los movimientos de remoción en masa propios de la geodinámica externa.

Los rangos de amenaza por desastres naturales, el símbolo de la clase que representan dentro del mapa temático y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostrados en la Tabla 23.

Tabla 23. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Amenazas

TIPO DE AMENAZA	CATEGORÍA	CLASE	ÁREA [Km²]
Amenaza por movimientos de remoción en masa, erosión, inundación o sismo muy alta.	MUY ALTA	MA	81,72
Amenaza por movimientos de remoción en masa, erosión, inundación o sismo alta.	ALTA	A	449,50
Amenaza por movimientos de remoción en masa, erosión, inundación o sismo media.	MEDIA	M	917,04
Amenaza por movimientos de remoción en masa, erosión, inundación o sismo baja.	BAJA	B	266,17

Fuente: Autores de la investigación.

En el mapa temático Amenazas, las clases están relacionadas con los diferentes rangos de amenaza por desastre naturales. A continuación se hace una breve descripción de las diferentes clases del mapa temático Amenazas.

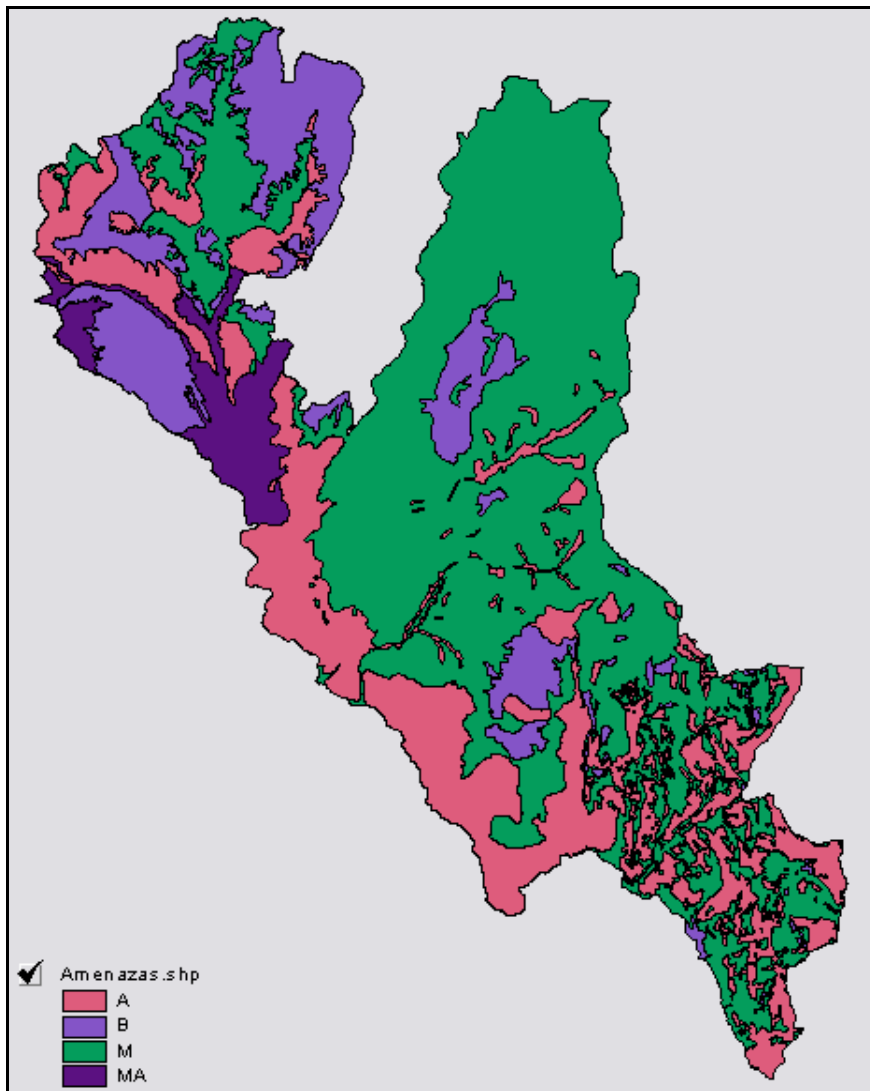
- *Clase MA (Muy Alta)*: Amenaza por movimientos de remoción en masa, erosión, inundación o sismo muy alta.
- *Clase A (Alta)*: Amenaza por movimientos de remoción en masa, erosión, inundación o sismo alta.
- *Clase M (Media)*: Amenaza por movimientos de remoción en masa, erosión, inundación o sismo media.
- *Clase B (Baja)*: Amenaza por movimientos de remoción en masa, erosión, inundación o sismo baja.

En la Figura 33 se muestran las diferentes zonas que representan las clases del mapa temático Amenazas en la zona de estudio.

4.4.2.3. Clima. La zonificación climática propuesta para la zona se basa en la propuesta por Caldas-Lang y se realiza a través del análisis conjunto de los fenómenos que definen el clima: la temperatura (isotermas), la precipitación (isoyetas) y la altitud. Este método de clasificación, caracteriza las unidades climáticas con sus elementos principales y que tienen mayor acción sobre la superficie terrestre, como son la temperatura y las precipitaciones acuosas.

Las unidades climáticas se clasifican de acuerdo a dos factores: la temperatura altitudinal que esta dada por los diferentes pisos térmicos: Cálido, Templado, Frío y Paramuno; y el cociente de la precipitación media de la zona (P) en milímetros sobre la temperatura media de la zona (T) en grados centígrados, en donde se define un factor P/T, el cual define ciertas clases de clima: desértico, árido, semiárido, semihúmedo, húmedo y superhúmedo.

Figura 33. Mapa Temático de Amenazas



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

En este aspecto, solamente los Municipios de Capitanejo, San Miguel, Enciso y San José de Miranda, presentaron esta clasificación de forma completa, los demás Municipios no poseían la información de las isoyetas, y por eso su clasificación solo se hizo por pisos térmicos, asumiendo un rango para el tipo de clima.

Las diferentes unidades climáticas, su temperatura, precipitación y altitud, el símbolo de la clase que representan dentro del mapa temático y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostrados en la Tabla 24.

Tabla 24. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Clima

UNIDAD CLIMÁTICA	CLASE	ALTITUD [msnm]	TEMPERATURA [°C]	PRECIPITACIÓN [mm/año]	ÁREA [Km ²]
Cálido Semiárido	Csa	De 0 a 1000	Mayor a 24°	1450 A 1000	38,85
Templado Semihúmedo	Tsh	De 1000 a 2000	De 24° a 17.5°	1800 A 1050	127,74
Templado Semiárido	Tsa	De 1000 a 2000	De 24° a 17.5°	1050 A 750	446,27
Templado Árido	TA	De 1000 a 2000	De 24° a 17.5°	750 A 350	37,05
Frió Húmedo	FH	De 2000 a 3000	De 17.5° a 12°	1950 A 1200	169,50
Frió Semihúmedo	Fsh	De 2000 a 3000	De 17.5° a 12°	1200 A 750	484,49
Frió Semiárido	Fsa	De 2000 a 3000	De 17.5° a 12°	750 A 500	23,06
Frió Árido	FA	De 2000 a 3000	De 17.5° a 12°	500 A 250	3,60
Páramo Bajo Superhúmedo	PBSH	De 3000 a 3700	De 12° a 7°	>1150	172,80
Páramo Bajo Húmedo	PBH	De 3000 a 3700	De 12° a 7°	1150 A 700	153,61
Páramo Alto Superhúmedo	PASH	De 3700 a 4200	Menor de 7°	1150 A 700	57,45

Fuente: Autores de la investigación.

En el mapa temático Clima, las clases están relacionadas con las diferentes unidades climáticas. A continuación se hace una breve descripción de las diferentes clases del mapa temático Clima.

UNIDADES DE PISO TÉRMICO CÁLIDO

- *Clase Csa (Cálido semiárido)*: unidad que se encuentra entre los 0 y los 1000 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media es mayor a 24 grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 1100 y 1450 milímetros.

UNIDADES DE PISO TÉRMICO TEMPLADO

- *Clase Tsh (Templado semihúmedo)*: unidad que se encuentra entre los 1000 y los 2000 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media esta entre 17.5 y 24 grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 1050 y 1800 milímetros. En esta unidad predominan los cultivos limpios, principalmente tabaco, tomate, maíz y frijol en pequeña extensión, además se encuentran algunas áreas de potrero y rastrojo donde se ve la necesidad de asistencia técnica agrícola y programas de reforestación para darle un uso más adecuado al suelo. El bosque se ve reducido a pequeñas franjas debido a la ampliación de la frontera agrícola que se concentran en las laderas de pendientes fuertes y en las riberas de las quebradas, encontrándose principalmente especies como el Guácimo el Loqueto, el Cucharo blanco, el Guamo, el Sauce entre otras.

- *Clase Tsa (Templado semiárido)*: unidad que se encuentra entre los 1000 y los 2000 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media esta entre 17.5 y 24 grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 750 y 1050 milímetros. En esta unidad climática predominan los cultivos agrícolas, principalmente tabaco, maíz, frijol, yuca, caña de azúcar y algunos frutales, además se encuentran algunas áreas de potrero, rastrojo y praderas con pastizales no manejadas, así como algunas áreas de terreno con problemas de erosión. La vegetación nativa se ve reducida a arbustos y bosques bajos debido a la ampliación de la frontera agrícola, encontrándose principalmente especies como el Guácimo, el Gallinero, el Yátago, el Caracolí, el Chirimoyo, el Espino de Cabro entre otras.

- *Clase TA (Templado árido)*: unidad que se encuentra entre los 1000 y los 2000 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media esta entre 17.5 y 24 grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 350 y 750 milímetros. En condiciones naturales en esta unidad se desarrolla una vegetación de arbustos y bosques bajos. La especie

predominante es el Espino de Cabro y otras con características similares como son las hojas pequeñas y las espinas.

UNIDADES DE PISO TÉRMICO FRÍO

- *Clase FH (Frío húmedo)*: unidad que se encuentra entre los 2000 y los 3000 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media esta entre 12 y 17.5 grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 1200 y 1950 milímetros. En condiciones naturales en esta unidad se desarrolla una vegetación de pajonal, arbustales y pastizales en esta zona. La importancia de esta zona es la de amortiguar el agua, aportando sectores de caudales permanentes.

- *Clase Fsh (Frío semihúmedo)*: unidad que se encuentra entre los 2000 y los 3000 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media esta entre 12 y 17.5 grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 750 y 1200 milímetros. En esta unidad climática se desarrolla una vegetación donde predominan principalmente especies como el Roble hasta los 3.000 m.s.n.m. y algunos árboles y arbustos, en tanto que en la parte baja se presentan especies como el Loqueto, Cucharero blanco, entre otras. Predominan las praderas con pastizales no manejados, en la mayor parte de esta unidad.

- *Clase Fsa (Frío semiárido)*: unidad que se encuentra entre los 2000 y los 3000 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media esta entre 7 y 12 grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 500 y 750 milímetros. En esta unidad climática se desarrolla una vegetación donde predominan principalmente especies como el Sauce, el Loqueto entre otras. A pesar de encontrarse un gran número significativo de especies, actualmente predominan las praderas con pastizales no

manejados y parcelas con cultivos limpios principalmente, en la mayor parte de esta unidad.

- *Clase FA (Frío semiárido)*: unidad que se encuentra entre los 2000 y los 3000 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media esta entre 12 y 17.5 grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 250 y 500 milímetros. En condiciones naturales en esta unidad se desarrolla una vegetación de arbustos principalmente especies como el Cují, Gallinero y el Espino de Cabro; no obstante, a pesar de encontrarse extensiones de la vegetación mencionada, actualmente predominan los cultivos transitorios principalmente de tabaco, Maíz y Melón.

UNIDADES DE PISO TÉRMICO PARAMUNO

- *Clase PBSH (Páramo bajo superhúmedo)*: unidad que se encuentra entre los 3000 y los 3700 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media esta entre 7 y 12 grados centígrados y su precipitación media anual es mayor a 1150 milímetros. En esta zona se presentan especies muy tolerantes al clima extremo frío como son los Frailejones, pajonales bajos, arbustales y bosques bajos que son especies con la propiedad de almacenar cantidades de agua, mayores a su peso. La importancia principal del páramo radica en la reserva potencial de agua que posee, por ser allí donde se inicia el ciclo hidrológico, es decir donde nacen las principales corrientes. Algunas características de estas zonas son las bajas temperaturas medias, alta insolación diurna, baja presión atmosférica, constantes y bruscos cambios de temperatura, humedad y de vientos moderados a fuertes.
- *Clase PBH (Páramo bajo húmedo)*: unidad que se encuentra entre los 3000 y los 3700 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media esta

entre 7 y 12 grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 700 y 1150 milímetros. En condiciones naturales en esta unidad se desarrolla una vegetación de pajonal, arbustales, actualmente han sido introducidos pastizales en esta área. La importancia del páramo está en la propiedad que tiene de retener el agua, regulando su salida aportando caudales permanentes en sus nacimientos.

- *Clase PASH (Páramo alto superhúmedo)*: unidad que se encuentra entre los 3700 y los 4200 metros sobre el nivel del mar. Su temperatura media es menor a grados centígrados y su precipitación media anual se encuentra entre los 700 y 1150 milímetros.

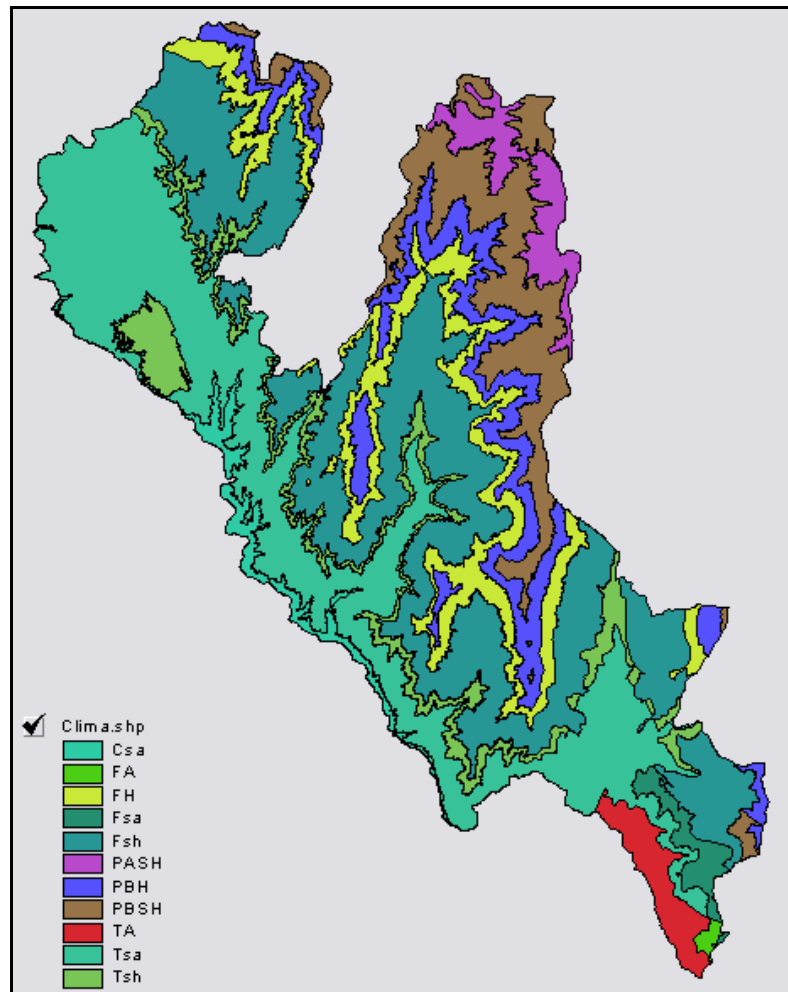
En la Figura 34 se muestran las diferentes zonas que representan las clases del mapa temático Clima en la zona de estudio.

4.4.3. Aptitud Social

Los aspectos sociales son los que menos influyen para el trazado óptimo de un alineamiento vial.

En estos se puede tratar los aspectos de la valorización que pueda tener los terrenos por donde pasara la vía de acuerdo al uso actual de la tierra y también el potencial de explotación de los recursos que ofrecen los suelos de la zona de acuerdo al uso potencial de la tierra. En este renglón se enmarcan los siguientes mapas temáticos.

Figura 34. Mapa Temático de Clima



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos en el herramienta PRODIVIAL.

4.4.3.1. Suelos. Se considera suelo a la capa superficial de la corteza terrestre en la cual se desarrollan las raíces de los vegetales. Los suelos no se forman al azar, sino que están en relación con el paisaje. No son estructuras estáticas ya que cambian a lo largo del tiempo desde su formación o nacimiento hasta el equilibrio dinámico final con el entorno; pudiendo ser destruidos por el proceso de la erosión. Su origen se establece por la interacción de cinco factores de la naturaleza fisicoquímica y biológica: los

materiales preexistentes (roca madre), la acción del clima, la actividad de los organismos, la topografía del terreno y el tiempo de actuación de todos ellos.

El suelo es un componente del paisaje pero sus características morfológicas, físicas y químicas, resultan de los otros componentes del paisaje como son: relieve, materiales litológicos y su cobertura vegetal, todos actuando bajo un mismo clima, en un lapso de tiempo determinado. El símbolo que identifica cada delineación en el mapa de suelos está compuesto por tres letras mayúsculas, una minúscula y un número arábigo.

La primera letra mayúscula representa el paisaje, la segunda el clima ambiental y la tercera la unidad cartográfica y el contenido pedológico. Las letras minúsculas indican la pendiente y el número arábigo el grado de erosión. Al final puede haber otra letra minúscula que indica la presencia de piedra en la superficie (p) o de afloramientos rocosos (r). Una explicación de la simbología utilizada en el mapa de suelos se muestra a continuación:

Paisaje	Clima	Gradiente de Pendiente	Grado de Erosión
M: Montaña	E: Extremadamente	a: 0 - 3%	Sin subíndice: Ligero
L: Lomería	F: Frío húmedo	b: 3 - 7%	2: Moderado
P: Piedemonte	H: Muy frío húmedo	c: 7-12%	3: Severo
R: Planicie	L: Frío húmedo	d: 12 - 25%	
V: Valle	M: Frío seco	e: 25 - 50%	
	Q: Medio húmedo y muy húmedo	f: 50 - 75%	
	R: Medio seco	g: >75%	
	V: Cálido húmedo		
	W: Cálido seco		

Para la simplificación de las clases del mapa temático y debido a que el tema de pendientes se trabaja en otro plano, se decidió unificar todas las clases que tuvieran igual los demás aspectos pero diferentes los rangos de pendientes.

En los Municipios de Molagavita y San Andrés, no se encontró el mapa de suelos clasificado mediante esta metodología, por lo tanto se usó una clasificación Agroecológica de la cual si se tenía información en esta zona, asignándole a los nombres de cada clase las letras mayúsculas que representan el tipo de paisaje y el clima ambiental. Los diferentes tipos de suelo, el símbolo de la clase que representan dentro del mapa temático y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostrados en la Tabla 25.

Tabla 25. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Suelos

PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	LITOLOGÍA	CLIMA	UNIDAD CARTOGRÁFICA	CLASE	ÁREA [Km ²]		
MONTAÑA	Filas- vigas crestones y escarpes	Areniscas-limolitas-lutitas-granodioritas cuarzomonzonita- riolita-esquistos-neis.	Ext. Frío húmedo	Grupo Indiferenciado Lithic Crierthents- Lithic Cryumbrepts- Afloramiento Rocoso	MEA	1,94		
					MEAr	85,24		
	Filas- vigas - espinazos	Areniscas-esquistos-lutitas-calcareas a no calizas-limolitas y cenizas volcánicas. Cuarzomonzonita	Muy frío húmedo y muy húmedo	Grupo Indiferenciado Typic Dystropepts- Lithic Troporthents- Afloramiento Rocoso	MHA	52,96		
					MHA2	1,28		
					MHAr	22,69		
					Frío húmedo a muy húmedo	Grupo Indiferenciado Typic Dystropepts- Typic Troporthents- Typic Humitropepts	MLA	64,99
							MLA2	39,67
							MQA	4,57
					Medio húmedo y muy húmedo	Asociación Lithic Troporthents- Typic Dystropepts	MQA2	2,41
							MQAp	1,97
					Frío seco	Consociación Typic Ustorthents	MMA	19,34
							MMA2	10,55
	MRA	9,49						
	Medio seco	Asociación Typic Ustropepts- Lithic Ustorthents	MRA2	26,35				
			MRA3	49,06				
	Filas- vigas laderas escarpes	Granodioritas - cuarzomonzonitas - paraneis. Granitos - cenizas volcánicas neis, filita lutitas y esquistos, cuarzo monzonita de Santa Bárbara	Frío húmedo	Asociación Typic Dystropepts- Typic Troporthents -Andic Humitropepts	MLB	37,53		
					Medio húmedo y muy húmedo	Asociación Typic Troporthents y Typic Dystropepts	MQB	14,58
							MRB	2,29
					Medio seco	Grupo Indiferenciado Typic Ustorthents y Afloramiento Rocoso	MRB2	33,32
			MRB3	4,02				
Escarpes	Areniscas-calizas.	Medio húmedo y muy húmedo	Consociación Lithic Troporthents	MQD	0,63			
Lomas	Caliza, lutita, areniscas,	muy frío	Asociación Typic	MHC	16,97			

		limolitas	húmedo	Humitropepts- Typic Dystropepts- Lithic Dystropepts	MHCp	5,85
Lomas y colinas.	Areniscas-arcillolitas calcáreas y no calizas. Lutitas y cenizas volcánicas alteradas		Frío húmedo y muy húmedo	Asociación Typic Humitropept- Andic Humitropepts- Typic Dystropepts	MLD	51,65
			Medio húmedo y muy húmedo	Asociación Typic Dystropepts-Typic Humitropepts-Typic Troprothents	MLDp	22,61
			Frío seco	Asociación Typic Ustropepts-Typic Ustorthents-Entic Haplustolls	MLDr	5,59
	Lutitas - calizas - areniscas -lutitas calcáreas.	Frío seco	Consociación Ustic Dystropepts	MQH	18,38	
	Calizas-areniscas lutitas calcáreas.	Medio seco	Asociación Typic Ustropepts-Typic Ustorthents-Entic Haplustolls	MMD2	25,89	
					MRG	21,73
					MRG2	32,40
Valle intermontano	Materiales coluviales	Frío húmedo	Grupo Indiferenciado Typic Dystropepts- Typic Troprothents	MLE	2,39	
Glacis	Filitas y materiales aluviales gruesos y fino-arcillas		Frío húmedo y muy húmedo	Asociación Typic Dystropepts- Typic Humitropepts- Typic Troprothents	MLG	5,75
			Medio húmedo y muy húmedo	Asociación Typic Hapludolls- Fluventic Dystropepts	MLGp	13,86
Valles terrazas y conos	Aluviales mixtos materiales aluviales y coluviales		Medio húmedo y muy húmedo	Complejo Typic Tropofluvennts-Fluventic Haptudolls-Aeric Tropic Fluvaquennts	MQGp	3,48
			Medio seco	Complejo Typic Ustifluvents-Typic Ustorthents	MQFp	3,47
			Cálido seco	Complejo Typic Ustifluvents- Fluventic Ustropepts- Typic Ustorthents	MRHp	1,84
					MWDp	18,50
Filas-vigas laderas	Cuarzo monzonita, granito de pescadero	Cálido seco	Grupo Indiferenciado Typic Ustorthents y Afloramiento Rocoso	MWA3	21,99	
CLASES DE SUELOS AGROECOLÓGICOS						
MONTAÑA	Pendientes complejas		Cálido Seco		MWE	64,40
	Escarpado	Textura de estos suelos es franco arcillosa arenosa o arcillo arenosa	Medio Húmedo y Muy Húmedo	Grupo indiferenciado Orthents y Tropepts	MQMg	105,23
	Escarpado		Frío Húmedo	Asociación Orthents y Tropepts con afloramientos rocosos	MLFm	132,65
	Fuertemente quebrado	Rocas sedimentarias principalmente areniscas	Frío Húmedo	Los suelos Tropepts y Orthents son poco evolucionados	MLFj	77,94
	Ondulado a escarpado		Muy Frío Húmedo	Suelos Orthents y Andepets materiales heterogéneos	MHPc	86,45
	Cordilleras altas		Ext. Frío húmedo	Suelos Orthents	MEN	3.70

Fuente: Autores de la investigación.

En el mapa temático Suelos, las clases están relacionadas con los diferentes tipos de suelos clasificados con la metodología descrita anteriormente. A continuación se hace una breve descripción de las diferentes clases del mapa temático Suelos.

SUELOS DE MONTAÑA EN CLIMA EXTREMADAMENTE FRÍO

- *Clases MEA y MEAr (Grupo Indiferenciado Lithic Crierthents- Lithic Cryumbrepts- Afloramiento Rocos):* Esta unidad se encuentra en los subpaisajes crestones, filas- vigas, escarpes, el relieve es muy quebrado a escarpado con pendientes de 50- 75 y mayores de 75%, es frecuente los afloramientos rocosos por sectores. Los suelos se han desarrollado sobre areniscas, limolitas, lutitas y filitas. La vegetación natural está compuesta por especies de páramo tales como frailejones, oreja de osos, chite; la vegetación es escasa, existen pajonales o gramíneas, pequeñas hierbas y plantas en forma de rosetas y cojines. Las limitaciones para uso agropecuario están dadas por las bajas temperaturas, la superficialidad de los suelos y la topografía quebrada.

SUELOS DEL PAISAJE DE MONTAÑA EN CLIMA MUY FRÍO HÚMEDO

- *Clases MHA, MHA2 y MHAr (Grupo Indiferenciado Typic Dysthopeats- Lithic Troprothents- Afloramiento Rocos):* Esta unidad se encuentra en los subpaisajes de filas y vigas en las vertientes de la Cordillera Oriental. Los materiales geológicos sobre los que se encuentra la unidad son rocas del jurásico y cretácico (limolita, arenisca, caliza, lutita); el relieve es quebrado a escarpado, de laderas largas y medias complejas, con disección moderada y profunda, con pendientes entre 50 y 75%. Las principales limitantes para el uso son el clima imperante muy frío, las fuertes pendientes y la alta susceptibilidad a la erosión. La vegetación

natural está compuesta por los géneros festuca y calamagrostis, crecen arbustos, pequeñas hierbas, hay frailejones, oreja de ratón, entre otras; la fisonomía es de supáramo, se cultiva papa en sectores pequeños.

- *Clases MHC, MHCp (Asociación Typic Humitropepts- Typic Dystropepts- Lithic Dystropepts)*: Esta asociación se localiza en el subpaisaje de lomas. El relieve varía de quebrado y muy quebrado, con laderas largas y medias complejas, disección densa y profundas, con pendientes entre 50 y 75%. Hay susceptibilidad a la erosión. Los materiales geológicos son calizas, lutitas, arenisca, limolita y arenisca. La vegetación natural está compuesta por especies de supáramo en forma de matorrales donde se destacan las bromeliáceas, orquídeas, pteridofitas, musgos y líquenes que cubren los troncos y ramas; los arbustos son pequeños (encemillo, colorados, etc.) Los principales limitantes para el uso son las fuertes pendientes, el clima frío imperante y la susceptibilidad a la erosión.

SUELOS DEL PAISAJE DE MONTAÑA EN CLIMA FRÍO HÚMEDO

- *Clases MLA, MLA2 (Grupo Indiferenciado Typic Dystropepts- Typic Troprothents- Typic Humitropepts)*: Esta unidad se encuentra en el subpaisaje de filas, vigas, laderas, en relieve quebrado y escarpado, de laderas largas y medias complejas, con pendientes de 50 a 75% y mayor de 75%, se presenta piedra superficial y roca aflorante por sectores. Los suelos se han desarrollado a partir de limotitas, lutitas y filitas. La vegetación natural está representada por especies de roble, cillico, jarillo, carbón, chusque, borrachero, moro, raco, aliso, encerillo, sietes cueros, etc. La mayor parte de la unidad se encuentra en bosque natural y rastrojos, las áreas desforestadas se dedican a la ganadería extensiva y a la agricultura de subsistencia. Las principales limitantes para el uso son las fuertes pendientes, erosión sectorizada, baja fertilidad.

- *Clase MLB (Asociación Typic Dystropepts- Typic Troorthents-Andic Humitropepts)*: Esta asociación se encuentra en el tipo de subpaisaje de filas y vigas; el relieve de quebrado a fuertemente quebrado, de laderas largas complejas y cimas redondeadas. Presentan disección moderadamente densa y profunda, con pendientes entre 50 y 75%. Los suelos se han desarrollado a partir de filita, esquistos y cuarcita. La unidad presenta erosión sectorizada. La vegetación natural está compuesta por roble, cedro, nogal, arrayán, carbón, carate, michigo, morcato, chispiador, encerillo, sauce, etc; los sectores desmontados se dedican a ganadería extensiva en pasto kikuyo y agricultura de pancoger (papa, maíz, etc). Las principales limitaciones para el uso son la topografía quebrada, la susceptibilidad a la erosión, la fertilidad baja y la alta acidez.

- *Clases MLD, MLDp y MLDr (Asociación Typic Humitropept- Andic Humitropepts- Typic Dystropepts)*: Esta unidad se ubica en el tipo de subpaisaje de lomas y laderas. El relieve inclinado a quebrado, de laderas medianas con poca disección, las pendientes están entre 12 y 50%. Hay piedras en la superficie y dentro del perfil por sectores. El material orgánico está constituido por formaciones del Cretáceo Inferior Tambor, rosa blanca, tablazo (arenisca, caliza, lutita, limotita), los cuales han originado suelos profundos a moderadamente profundos, bien drenados. Las tierras están dedicadas a cultivos de maíz, frijón, pasto kikuyo, gramas y rastrojos. Las principales limitaciones para el uso son la pendiente inclinada, ligera susceptibilidad a la erosión, la presencia de piedras en la superficie y el perfil del suelo por sectores. La vegetación natural ha sido destruida para dar paso a potreros y cultivos. Las especies que aun se conservan están representadas por sauce, arrayán, roble, moro, balso, almoraduz, chilco, higuera, sururo, etc.

- *Clase MLE (Grupo Indiferenciado Typic Dystropepts- Typic Troorthents)*:

Esta unidad está ubicada en el subpaisaje de valle intermontano. Presenta relieve ligeramente inclinado, modelado por escurrimiento difuso con pendientes entre 7- 12 y 25%. Los suelos provienen de materiales coluviales; son bien drenados, de texturas medias y finas, moderadamente profundos. Hay piedras, gravas en la superficie y dentro del perfil. La mayor parte de la vegetación original ha sido destruida para la implementación de cultivos de mora, curuba, arveja, maíz y ganadería en pasto kikuyo y falsa poa. Las especies naturales están representadas por helechos, tote, paja, roble, carate, michigo, morcate, encerillo, sauce. Las principales limitaciones para el uso agropecuario son la moderada profundidad efectiva, la presencia de piedras en la superficie y dentro del perfil, la topografía y la baja fertilidad natural.

- *Clases MLG y MLGp (Asociación Typic Dystropepts- Typic Humitropepts- Typic Troorthents)*: Esta unidad se localiza en el subpaisaje de glacis de acumulación (laderas). El relieve es ligeramente plano a inclinado, modelado por escurrimiento difuso con pendiente entre 3 y 12%. El material geológico está constituido por acumulación de piedras y gravillas en la superficie y dentro del perfil y sedimentos arcillosos. El uso de la tierra en la unidad es mixto; existen cultivos de maíz, frijol, pero los pastos de kikuyo y gramíneas naturales son predominantes, además, hay pequeños rastrojos con especies de arrayán, cordoncillo, morcate, michigo, sauce, urapán, pino, loqueto, cucharo, guamo, ruda, escobillo, etc. Los principales limitantes para el uso de los suelos son la presencia de fragmentos de rocas de diferente tamaño, susceptibilidad a la erosión, baja fertilidad natural.

SUELOS DEL PAISAJE DE MONTAÑA EN CLIMA FRÍO SECO

- *Clases MMA y MMA2 (Consociación Typic Ustorthents)*: Relieve moderadamente escarpado con pendientes mayores del 50%;

superficiales; textura franco arenosa; reacción moderadamente ácida alta fertilidad natural; erosión moderada sectorizada.

- *Clase MMD2 (Consociación Ustic Dystropepts)*: Relieve fuertemente ondulado y fuertemente quebrado en pendientes del 12, 25 y 50%; profundos; textura franco arcillosa, arcillosa; reacción fuerte a moderadamente ácida y moderadamente alcalina a neutra; fertilidad natural moderada; erosión moderada sectorizada.

SUELOS DEL PAISAJE DE MONTAÑA EN CLIMA MEDIO HÚMEDO Y MUY HÚMEDO

- *Clases MQA, MQA2 y MQAp (Asociación Lithic Troorthents- Typic Dystropepts)*: Esta unidad se encuentra en el subpaisaje de laderas empinadas. El relieve varía de quebrado a fuertemente quebrado con laderas empinadas, con pendientes entre 50 y 75%, se presentan afloramientos rocosos. El material geológico está constituido por calizas y areniscas. La unidad se encuentra en rastrojos y en pequeñas áreas hay cultivos de maíz, frijol y pastos. Los principales limitantes para el uso son las pendientes escarpadas, afloramiento rocoso.
- *Clase MQB (Asociación Typic Troorthents y Typic Dystropepts)*: Se distribuye en el subpaisaje de laderas de filas y vigas; el relieve varía de quebrado a fuertemente quebrado, de laderas largas complejas y cimas redondeadas, disección moderadamente densa y profunda, con pendientes entre 25 y 75%. Los suelos se han desarrollado a partir de cuarzo-monzonita, filitas y esquistos. Esta unidad presenta, en sectores, remoción en masa y erosión ligera. La vegetación natural está compuesta por especies de chilco, loqueto, nacedero, guamo, helecho, arrayán, cucharo, higuera, etc. El uso actual se encuentra en rastrojo y pastos en ganadería extensiva; los pastos predominantes son gordura y gramas, en

menor proporción brachiaria. Los principales cultivos de subsistencia son: caña, fique, café, maíz, plátano y frijol.

- *Clase MQD (Consociación Lithic Troorthents)*: Relieve moderado a fuertemente escarpado con pendientes mayores del 50% muy superficiales; textura franco arcillosa, arcillosa; reacción moderadamente ácida y neutra; fertilidad natural alta; erosión moderada y severa.

- *Clase MQFp (Complejo Typic Tropofluvents- Fluventic Hapudolls-Aeric Tropic Fluvaquents)*: Relieve ligeramente plano y ligeramente inclinado con pendientes de 1,3 y 7%; moderadamente profundos; textura franco arcillosa, franco arcillo limosa, franco arenosa, franco arcillo arenosa y franca; reacción fuerte a moderadamente ácida y neutra; fertilidad natural muy baja y alta; recubrimiento de fragmentos de roca en superficie.

- *Clase MQGp (Asociación Typic Hapludolls- Fluventic Dystrypepts)*: La unidad comprende los glaciares de acumulación, los cuales tienen relieve inclinado, poco disectado, con pendiente de 12 hasta 50%. Los suelos se han desarrollado a partir de sedimentos coluviales derivados de rocas calcáreas; se aprecia erosión ligera en sectores, hay presencia de fragmentos de rocas y piedras en la superficie y dentro del perfil. La vegetación natural ha sido destruida para la implementación de pastos y cultivos de maíz y frijol. La vegetación natural está representada por especies de pomarrosa, cucharo, caimo, loqueto, galapo, guayabo, arrayán, sururo, chileo, dormidera. Están limitados para el uso por la presencia de fragmentos de rocas en la superficie y dentro del perfil.

- *Clase MQH (Asociación Typic Dystrypepts-Typic Humitropepts-Typic Troorthents)*: Relieve moderado a fuertemente ondulado con pendientes de 7, 12, y 25%; profundos y superficiales; textura franco arenosa, franco

arcillosa, arcillosa, arcillo arenosa; reacción extremada a fuertemente ácida y neutra a ligeramente alcalina; saturación de aluminio mayor del 65%; fertilidad natural baja; erosión moderada localizada.

SUELOS DEL PAISAJE DE MONTAÑA EN CLIMA MEDIO SECO

- *Clases MRA, MRA2 y MRA3 (Asociación Typic Ustropepts- Lithic Ustorthents)*: La unidad se conforma por laderas y filas. El relieve es fuertemente quebrado con pendientes entre 25 y 75%. El material parental (cuarzomonzonita) ha desarrollado suelos moderadamente profundos a superficiales, son bien a excesivamente drenados. El uso actual está representado por pastos (gramas naturales) y rastrojos que sostienen pequeñas ganaderías; también hay áreas de pancoger con cultivos de maíz, frijol, yuca y en menor proporción café. La vegetación natural está compuesta por espadero, mortiño, espino, cabuya, drago, salvio, paja y helechos. Las limitaciones para el uso intensivo son la poca profundidad efectiva, la topografía quebrada y la susceptibilidad a la erosión.
- *Clases MRB, MRB2 y MRB3 (Grupo Indiferenciado Typic Ustorthents y Afloramiento Rocos)*: Esta asociación se encuentra en el subpaisaje de filas-vigas, laderas en relieve fuertemente quebrado a muy escarpado, de laderas largas y medias complejas, con pendientes entre 50 – 75% y mayores; se presentan fenómenos de erosión severa. El ambiente geológico es ígneo, constituido por Cuarzo-monzonita de Santa Bárbara, neis y filita. La vegetación natural está compuesta por cactus, arbustos espinosos, el ambiente es de desertificación. Las especies más comunes son: pajonales, lechero, pencas, mosquero, tachuelo, rabo de zorro, chilco, cují. Actualmente no tiene uso agrícola, el escaso uso pecuario es en ganadería caprina. Los principales limitantes para el uso son las pendientes escarpadas, severa erosión y la escasa precipitación pluvial.

- *Clases MRG y MRG2 (Asociación Typic Ustropepts- Typic Ustorthents-Entic Haplustolls):* Relieve moderado a fuertemente ondulado con pendientes de 12, 25 y 50%; moderadamente profundos y superficiales; textura franco arcillo arenosa, franca, franco arenosa, arcillo arenosa; reacción medianamente alcalina y neutra; fragmento de roca mayor del 60% en el perfil; fertilidad moderada; erosión moderada sectorizada.
- *Clase MRHp (Complejo Mollic Ustifluvents-Typic Ustorthents):* Relieve ligeramente plano y ligeramente inclinado con pendientes de 1, 3 y 7%; profundos y superficiales; textura arcillosa, franco arcillo, franco limosa, franco arenosa, arenosa y franca; reacción fuerte a muy fuertemente ácida y neutra a medianamente alcalina; fertilidad natural baja; recubrimiento de fragmentos de roca en superficie.

SUELOS DEL PAISAJE DE MONTAÑA EN CLIMA CÁLIDO SECO

- *Clase MWA3 (Grupo Indiferenciado Typic Ustorthents y Afloramiento Rocoso):* La unidad ocupa el subpaisaje de filas-vigas y laderas asociadas; el relieve es fuertemente quebrado a escarpado, muy disectado con laderas largas y medias de cimas agudas; las pendientes varían entre 50 – 75% y mayores. Esta afectada por erosión laminar severa. El material geológico consta de Cuarzo-monzonita y Granito de Pescadero. Los suelos son superficiales, limitados por la presencia de material parental y son excesivamente drenados. La vegetación está compuesta por cactáceas columnares y aplanadas y arbustos espinosos. Las especies más comunes son: tuno, orégano, cují, espina de cabra, indio desnudo, trupillo, etc. Las principales limitaciones para el uso son la poca profundidad radicular, la gran pendiente, erosión severa y escasa precipitación.

- *Clase MWDp (Complejo Typic Ustifluvents– Fluventic Ustropepts– Typic Ustorthents)*: Esta unidad ocupa el subpaisaje de vallecitos, terrazas y conos con litología de origen constituido por materiales aluviales; presenta un relieve plano y recibe aportes longitudinales y laterales de las áreas adyacentes. La topografía es ligeramente plana y ligeramente inclinada con pendientes entre 1 – 3 y 7%, hay presencia de fragmentos de roca en superficie. En la actualidad, estas tierras se utilizan en cultivos de tabaco, tomate, melón, yuca, etc.; otros sectores se explotan en ganadería con pastos naturales y artificiales. Los limitantes para el uso son deficiencia en precipitaciones pluviales y la presencia de fragmentos de roca en la superficie. Los suelos están conformados por acumulaciones de fragmentos de rocas de tamaño variado (gravas hasta enormes bloques) resultantes de la meteorización física de termofracción de los materiales constitutivos. Estos fragmentos que se desprenden de los escarpes en caída libre o rodando cuesta abajo, van formando aglomeraciones de bloques sueltos que adoptan una forma cónica. Estos paisajes constituyen tierras misceláneas desde el punto de vista pedológico.

SUELOS DE ZONAS AGROECOLÓGICAS

- *Clase MEN (Zona agroecológica N)*: En esta zona elevaciones son superiores a 4000 m.s.n.m. y las temperaturas promedio son menores de 6 grados centígrados. Son tierras de la cordillera alta de la montaña santandereana, generalmente de relieve escarpado. Predominan en estas áreas los afloramientos rocosos; en algunos sectores hay suelos muy poco evolucionados (Orthents). Son áreas que se deben preservar en su estado natural.

- *Clase MHPc (Zona agroecológica Pc)*: En esta zona elevaciones se encuentran entre los 3000 y 4000 m.s.n.m. Las temperaturas promedio oscilan entre de 6 a 12 grados centígrados y la precipitación promedio anual varía entre los 500 y los 2000 milímetros. Provincia húmeda y superhúmeda. Tierras de la cordillera alta de la montaña santandereana en el ecosistema de páramo; área de relieve ondulado a escarpado, con pendientes complejas desde 25 a 50% y mayor del 50%. Los suelos (Orthents y Andepets) formados a partir de materiales heterogéneos, localmente influenciados por cenizas volcánicas, presentan baja evolución; son generalmente superficiales y de baja fertilidad, presentan una reacción ácida. El conjunto de factores climáticos, edafológicos y geomorfológicos hacen de esta zona un ecosistema extremadamente vulnerable a disturbios antrópicos; en estos sectores seleccionados se pueden establecer cultivos con prácticas de conservación y manejo (sistemas agroforestales, multiestratos, silvopastiroles, etc). Áreas estratégicas para la conservación de las aguas, fauna y flora de los ecosistemas de páramo.

- *Clase MLFj (Zona agroecológica Fj)*: En esta zona las elevaciones se encuentran entre los 2000 y 3000 m.s.n.m. Las temperaturas promedio oscilan entre de 12 a 18 grados centígrados y la precipitación promedio anual varía entre los 1000 y los 4000 milímetros. Son tierras de la cordillera intermedia de la montaña santandereana; el relieve es fuertemente quebrado, en sus tierras se observa erosión desde ligera a moderada; sobresale en Pangote y en San Andrés. Las pendientes de estos suelos están entre el 25 – 50%, la profundidad efectiva varía con predominio de suelos moderadamente profundos. Los suelos (Tropepts y Ortyhents) formados a partir de rocas sedimentarias principalmente areniscas, son pocos evolucionados, bien drenados, localmente pedregosas y de baja fertilidad; la textura es generalmente franco – arcillosa, gravillosa. Esta zona agroecológica necesita especialmente

atención dada la presión social sobre el ambiente y el impacto de las actividades antrópicas en el uso ya que incrementan su fragilidad. Tierras aptas para cultivos y ganadería siempre y cuando se haga con prácticas de conservación y manejo.

- *Clase MLFm (Zona agroecológica Fm)*: En esta zona elevaciones se encuentran entre los 2000 y 3000 m.s.n.m. Las temperaturas promedio oscilan entre de 12 a 18 grados centígrados y la precipitación promedio anual varía entre los 1000 y los 4000 milímetros. Provincia húmeda y superhúmeda. Son tierras de las cordillera intermedia santandereana, generalmente escarpadas y con pendientes mayores de 50%, presentan erosión desde moderada a severa; comúnmente ocurren terracetos. Generalmente los suelos de esta zona (Orthents y Tropepts) son formados por materiales heterogéneos, presentan baja evolución, una profundidad efectiva superficial y algunos profundos. La fertilidad es baja y en algunos casos asociados con afloramientos rocosos. La textura es generalmente arcillosa a franco-arcillosa y ocasionalmente franco arenosa; es común encontrar en estos suelos reacciones fuertemente ácidas. Áreas aptas para bosques protector –productor y en áreas con pendiente mayores del 75% se debe mantener la cobertura vegetal y preservar el bosque natural.
- *Clase MQMg (Zona agroecológica Mg)*: En esta zona elevaciones se encuentran entre los 1000 y 2000 m.s.n.m. Las temperaturas promedio oscilan entre de 18 a 24 grados centígrados y la precipitación promedio anual varía entre los 1000 y los 4000 milímetros. Provincia húmeda y superhúmeda. Corresponde al clima medio de tierras de la cordillera intermedia de la montaña santandereana, de relieve escarpado, con pendientes superiores al 50%; la erosión varía desde moderada hasta muy severa. Los suelos (Orthents y Tropepts), formados a partir de materiales heterogéneos, son poco evolucionados bien drenados. La profundidad

efectiva es generalmente superficial encontrándose también suelos profundos. Son localmente pedregosos o rocosos y de fertilidad baja a moderada. La textura de estos suelos es franco-arcillosa-arenosa o arcillo arenosa; la reacción del suelo es generalmente ácida a ligeramente ácida y ocasionalmente es neutra. Son áreas aptas para cultivos permanentes con asociaciones (agroforestería) en sistemas multiestrato, etc. En sitios con pendientes mayores al 70% debe conservarse la cobertura vegetal y el bosque protector.

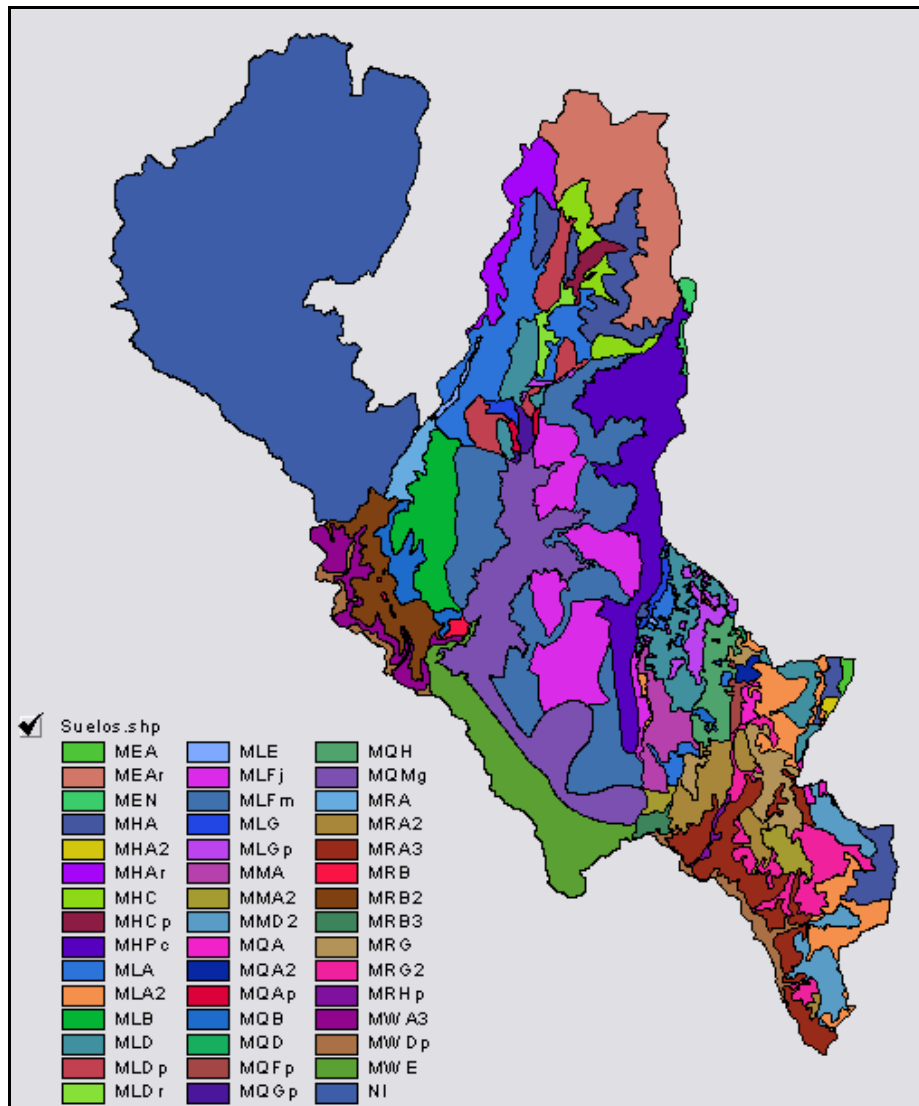
- *Clase MWE (Zona agroecológica E):* Son relieves con pendientes complejas. Presenta características de temperatura promedio de 24° C y alturas menores a los 1000 m.s.n.m., en lo correspondiente al piso térmico cálido que en este caso está representado en poca escala por la zona de vida bs – T.

En el Municipio de Piedecuesta no se encontró información referente a este tema por lo cual a esta área se le asignó la clase NI (No hay información).

En la Figura 35 se muestran las diferentes zonas que representan las clases del mapa temático Suelos en la zona de estudio.

4.4.3.2. Uso Potencial. Se refiere a la verdadera vocación que presenta el suelo ya sea agrícola, pecuaria, agroforestal, forestal, sistemas de recreación y turismo, minera y sistemas de asentamientos y obras civiles; teniendo en cuenta la oferta que presenta el suelo, las características sociales de la zona, como es la prediación y tenencia de la tierra, además los terrenos con características homogéneas, en cuanto a su morfología.

Figura 35. Mapa Temático de Suelos



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

El uso potencial es la máxima producción que se le puede sacar al suelo sin deteriorarlo y de manera sostenible. El uso potencial de las tierras se define como el uso más intensivo que puede soportar el suelo, garantizando una producción agropecuaria sostenida y una oferta permanente en el tiempo de bienes y servicios ambientales, sin deteriorar los recursos naturales.

La capacidad de uso de la tierra tiene en cuenta las características y cualidades del suelo que permiten obtener homogeneidad en cuanto a clima, geomorfología, materiales parentales y suelos. En este aspecto, se delimitan unidades de tierras con limitaciones y vocaciones similares, de tal manera que pueden recibir el uso más razonable de acuerdo con las características físicas del recurso y con desarrollo socioeconómico de la región.

Las diferentes zonas y subzonas para el uso potencial del suelo, el símbolo de la clase que representan dentro del mapa temático y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostradas en la Tabla 26.

Tabla 26. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Uso Potencial

ZONA	USO RECOMENDADO	SUBZONA	CLASE	ÁREA [Km ²]
AGRÍCOLA	Tierras para uso de sistemas agrícolas mecanizados a altamente tecnificados y forestales.	Cultivo limpio o anual	CL	33,19
		Cultivo semilimpio, transitorio o semestral	CSL	15,89
		Cultivo permanente	CP	51,90
PECUARIO	Tierras para uso pecuario tradicional y forestal.	Ganadería estabulada o extensiva	GE	9,80
		Ganadería semiestabulada	GSE	4,79
		Ganadería semiestabulada caprina	GSEC	1,32
AGRO-FORESTAL	Tierras para uso agropecuario tradicional y forestal.	Sistemas Silvoagrícolas	SA	293,53
		Sistemas Agrosilvopastoriles	ASP	173,47
		Sistemas Silvopastoriles	SP	103,62
FORESTAL	Requieren cobertura vegetal permanente con cultivos apropiados	Bosque protector productor	BPP	144,06
	Se aconseja dedicar mínimo el 30% del predio para un uso forestal protector productor	Bosque protector	BP	181,21
	Protección total o absoluta. Tierras para la conservación y/o recuperación de la naturaleza.	Rondas de los ríos	PT	689,26
		Parques naturales		
		Restauración ecológica		
		Reservas naturales		
		Paramos y bosques alto andinos		
Humedales				
Zonas de amortiguación				
ASENTAMIENTOS Y OBRAS CIVILES	Uso adecuado para la edificación de ciudades y obras civiles mayores.	Obras civiles mayores y asentamientos humanos	AOC	12,38

Fuente: Autores de la investigación.

En el mapa temático Uso Potencial, las clases están relacionadas con las diferentes subclases encontradas para el mejor aprovechamiento del suelo. A continuación se hace una breve descripción de las diferentes clases del mapa temático Uso Potencial.

USO AGRÍCOLA

- *Clase CL (Cultivo limpio o anual)*: Son los que permiten siembra, recolección o pastoreo, por largos períodos vegetativos, y no requieren remoción frecuente y continua del suelo. Se restringen principalmente a áreas con pendientes levemente inclinadas a inclinadas (0 - 36%), en suelos moderadamente profundos a profundos de textura franco arcillosa y franco arcillosa rocosa, para suelos con intensidad de erosión baja. Son suelos planos, casi planos a suavemente inclinados con pendientes entre 0 y 7% presenta una textura franca gruesa; profundidad variable desde profunda hasta muy superficial siendo esta última la más frecuente. Son tierras para sistemas agropecuarios mecanizado o altamente tecnificado y forestal, apta para la mayoría de los cultivos de la región, especialmente cultivos transitorios.
- *Clase CSL (Cultivo semilimpio, transitorio o semestral)*: Para su preparación este tipo de cultivo requiere un mantenimiento periódico en la preparación del terreno para la siembra, por lo tanto la remoción frecuente del suelo; su período vegetativo es menor de un año y se recomienda para áreas con pendientes planas a levemente inclinadas (0 - 17%), con suelos de profundidad baja a moderada de texturas franco arcillosas y zonas con intensidad de erosión muy baja.
- *Clase CP (Cultivo permanente)*: Estos tipos de cultivo no requieren la remoción frecuente del suelo, teniendo en cuenta que solo en un corto

período de tiempo después de cada cosecha, este queda desprovisto de cobertura vegetal. Los cultivos permanentes se pueden desarrollar en pendientes levemente inclinadas, en suelos superficiales a moderadamente profundos de textura franco arcillosa rocosa y también pueden desarrollarse en zonas con erosión baja para ayudar a retener suelo.

USO PECUARIO

- *Clase GE (Ganadería estabulada o extensiva)*: Puede desarrollarse en terrenos con pendientes del 12-25% e incluso hasta del 50%, sobre suelos clase IV se, con pastos naturales o mejorados pero sembrando arbustos de tronco delgado a mediano en diferentes puntos de los potreros, con el fin de brindarle sombra al ganado y retener el suelo.
- *Clase GSE (Ganadería semiestabulada)*: Tierras con pastos naturales que deben ser dedicadas al pastoreo parcial de todo tipo de ganadería. Son suelos inclinados con pendientes entre 7 y 15%, presentan textura francafina, francagruosa y en algunos casos arcillosos fina; con profundidades entre superficial, profunda y muy profunda. Se deben dedicar partes de esta para uso forestal, y son aptas para la implementación de cultivos transitorios o permanentes y ganadería, mediante técnicas apropiadas de conservación de suelos.
- *Clase GSEC (Ganadería semiestabulada caprina)*: Tierras con pastos naturales que deben ser dedicadas al pastoreo parcial de especies de ganadería caprina.

USO AGROFORESTAL

- *Clase SA (Sistemas Silvoagrícolas)*: En este tipo de zonas se combinan la actividad agrícola y las áreas de bosques. Son útiles para zonas con erosión baja a moderada de pendientes levemente inclinadas a moderadamente abruptas (0 - 58%), con suelos superficiales a moderadamente profundos y profundos, de textura areno - arcillosa a compleja y franco arcillosa.
- *Clase ASP (Sistemas Agrosilvopastoriles)*: En este tipo de zonas se combinan la actividad agrícola, de pastoreo y las áreas de bosques.
- *Clase SP (Sistemas Silvopastoriles)*: Áreas para la combinación de pastoreo y bosque. Suelo superficiales o profundos con pendientes levemente inclinada hasta moderadamente abruptas (0 - 58) de textura arcillo rocosa, arcillosa y compleja, con profundidades entre muy superficial hasta profunda. Son tierras de uso agropecuario tradicional y forestal, apto para ganadería extensiva y agricultura de manera sostenible mediante la implantación de sistema policultivos (agroforestales, silvopastoriles, agrosilvopastoriles, etc.).

USO FORESTAL

- *Clase BPP (Bosque protector productor)*: Estas áreas no requieren remoción frecuente del suelo. Se consideran que en una adecuada actividad generan ingresos al agricultor, previenen la erosión y conservan el recurso hídrico. Apropriados para las zonas con erosión moderada y severa en pendientes abruptas y escarpadas (17 - 84%) y son útiles para la recuperación de áreas erosionadas.
- *Clase BP (Bosque protector)*: Estos suelos no permiten remoción del suelo, son adecuados para zonas con intensidad de erosión severa, muy severa o en suelos de pendiente alta. Son suelos escarpados con

pendientes entre el 30 y 70%, presentan texturas franca fina y arcillosa fina; con profundidades que van desde superficial hasta profundos.

- *Clase PT (Protección Total)*: Constituyen zonas y áreas del terreno que por sus características geográficas, paisajistas, ambientales, o de interés público, demandan prioridad para su conservación y protección, o por estar en zonas de amenaza y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tienen restringidas las posibilidades de usos y ocupación. Son suelos de protección las áreas periféricas a nacimientos y afloramientos de agua, rondas de cauces, ciénagas y humedales, zonas de amortiguación y áreas protegidas, áreas forestales protectoras, zonas áridas y semiáridas con tendencia a la desertización. Dentro de la clasificación de estos suelos se tienen en cuenta categorías como: ecosistemas estratégicos, cuencas hidrográficas, humedales, zonas con tendencia a la aridez y desertización, además de la presencia de recursos forestales; estableciendo su localización geográfica, directrices, restricciones y categorías de manejo y uso.

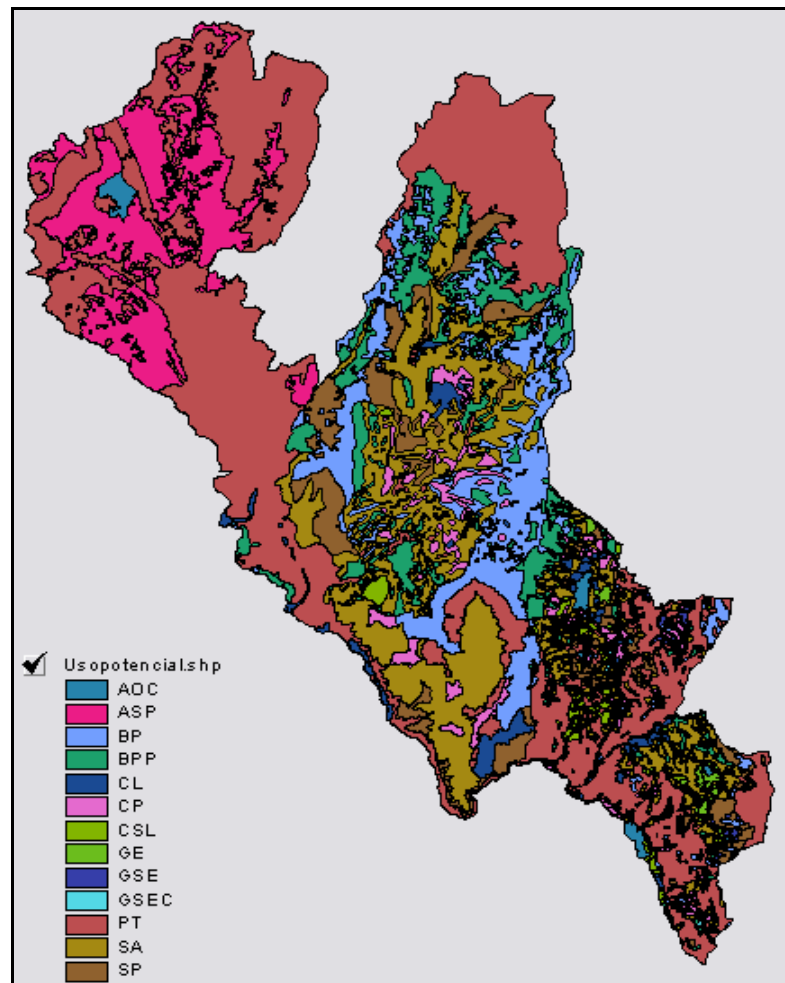
El Sistema de Conservación y/o Recuperación de la Naturaleza, son tierras para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, aptas para la forestación, conservación del bosque existente y de la vida silvestre. De esta zona hacen parte las zonas de infiltración, recarga de acuífero y zonas de nacimiento a 100 mts de radio alrededor de los nacimientos, las rondas de los ríos a 30 mts a cada lado del cause de todas las quebradas y zanjones, las áreas con cobertura vegetal natural uniforme. Se entiende por zonas de protección los ecosistemas estratégicos y/o aquellas áreas que demandan prioridad para su protección y conservación por sus valores ecológicos.

ASENTAMIENTOS Y OBRAS CIVILES

- Clase AOC (Obras civiles mayores y asentamientos humanos):
Determinados por la zona urbana. Es una actividad para el desarrollo urbanístico mediante la creación de asentamientos humanos y el crecimiento de los mismos.

En la Figura 36 se muestran las diferentes zonas que representan las clases del mapa temático Uso Potencial en la zona de estudio.

Figura 36. Mapa Temático de Uso Potencial



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

4.4.3.3. Uso Actual. La cobertura vegetal y el uso actual de las tierras indica la ocupación de las mismas, expresada en forma de cobertura, bien sea por las actividades humanas para la satisfacción de las necesidades materiales o por la vegetación natural; cuya dinámica es consecuencia de las condiciones climáticas, topográficas, edáficas, socioeconómicas y culturales propias de cada región.

La cobertura de la tierra comprende todos los elementos que se encuentran, sobre la superficie del suelo ya sean naturales o creadas por el ser humano, es decir tanto la vegetación natural denominada cobertura vegetal, hasta todo tipo de construcción o edificación destinada para el desarrollo de las actividades del hombre para satisfacer sus necesidades; a lo cual en forma genérica se le denomina uso de la tierra.

Las diferentes zonas y subzonas para el uso actual del suelo, el símbolo de la clase que representan dentro del mapa temático y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostradas en la Tabla 27.

Tabla 27. Áreas y Descripción de las clases del Mapa Temático Uso Actual

UNIDAD	ZONAS	SUBZONAS	CLASE	ÁREA [Km ²]
ASENTAMIENTO	Zonas Urbanas y Construcciones	Área urbana, suburbana, centros poblados rurales e infraestructura	ZU	20,94
COBERTURA VEGETAL	Cultivos y Parcelas	Indiferenciado: pequeñas áreas de diferentes cultivos, incluyendo pastos, rastrojos y bosques.	C	530,46
		Áreas con predominio de cultivo de tabaco, regiones secas, vegetación xerofítica y otros cultivos (fríjol, maíz, plátano, etc)		
		Áreas con predominio de pastos, árboles frutales, se encuentran pequeñas áreas de cultivos y rastrojos.		

		Áreas de predominio de maíz, con pastos rastrojos y bosques.			
		Misceláneos de café			
		Misceláneos de caña panelera			
	Vegetación herbácea descubierta		Pastizales naturales y ganadería extensiva	VH	696,06
			Pasto manejado ganadería estabulada		
			Paramos o Tundras		
	Bosques y/o montes		Naturales o Nativos	B	450,14
			Naturales Secundarios		
			Plantados		
			Rastrojos		
		Naturales y Vegetación Xerofítica			
COBERTURA DEGRADADA	AFLORAMIENTO ROCOSO Y/O ROCAS EXPUESTAS		AR	11,29	
	TIERRAS ERIALES		TE	5,28	
EXPLOTACIÓN DEL SUBSUELO	Infraestructura Minera	Zona minera y canteras: subterránea y a cielo abierto	ZM	0,26	

Fuente: Autores de la investigación.

Debido a la heterogeneidad de la información encontrada para este tema en los esquemas de ordenamiento, se agruparon las clases temáticas de acuerdo a las zonas de uso actual, porque para realizar el análisis que se desea no se necesita mayor nivel de detalle en la información en este aspecto.

En el mapa temático Uso Actual, las clases están relacionadas con las diferentes zonas del uso actual del suelo. A continuación se hace una breve descripción de las diferentes clases del mapa temático Uso Actual.

UNIDAD DE ASENTAMIENTOS

- *Clase ZU (Zonas urbanas y construcciones):* Hacen referencia al agrupamiento de construcciones dentro de un perímetro determinado. Constituyen todas las áreas de núcleos urbanizados que poseen servicios básicos. Caracteriza la función urbana como prestadora de servicios.

UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL

- *Clase C (Cultivos y parcelas)*: Esta actividad esta actualmente en expansión por la necesidad de integrar nuevas tierras a la actividad agropecuaria; pero dicha expansión se viene haciendo sobre las laderas de las quebradas, ocasionando desbalance del recurso hídrico, remoción de tierra, perdida de la capa vegetal y contaminación del agua. Incluyen todas aquellas zonas con presencia de cultivos permanentes, semipermanentes o anuales que se encuentran en la zona de estudio.
- *Clase VH (Vegetación herbácea descubierta)*: Esta zona esta conformada por todos los pastizales naturales dedicados a la ganadería extensiva y por los pastizales mejorados dedicados a la ganadería estabulada, además de todos los pastos que conforman la vegetación de paramos y tundras.
- *Clase B (Bosques y/o montes)*: Son zonas que comprenden toda aquella cobertura vegetal de grandes dimensiones. Dentro de esta se pueden mencionar los bosques naturales primarios, los bosques naturales secundarios, los bosques plantados con fines de protección y producción, los rastrojos y la vegetación xerofítica.

UNIDAD DE COBERTURA DEGRADADA

- *Clase AR (Afloramientos Rocosos)*: La cobertura degradada, afloramientos rocosos y/o rocas expuestas, corresponden a las áreas donde la cobertura vegetal original y suelo que lo sostiene, han sido reducidos de tal forma que en gran parte de las áreas se presenta suelo o roca completamente desnudos. Su característica más sobresaliente la constituye estar severamente afectadas por cárcavas que son el resultado de la

combinación de agentes naturales como la acción de los vientos y la torrencialidad de las lluvias y la actividad agropecuaria actual o histórica. Este estado del suelo se presenta generalizado en algunas zonas, como los zanjones y algunos afluentes de las quebradas. También corresponde a las áreas donde la cobertura y suelo, ha sido reducida a roca desnuda. Hacen referencia a las áreas donde las masas geológicas emergen a la superficie, que ocupan una extensión considerable y se presentan en forma de bloques y no permiten el desarrollo de vegetación.

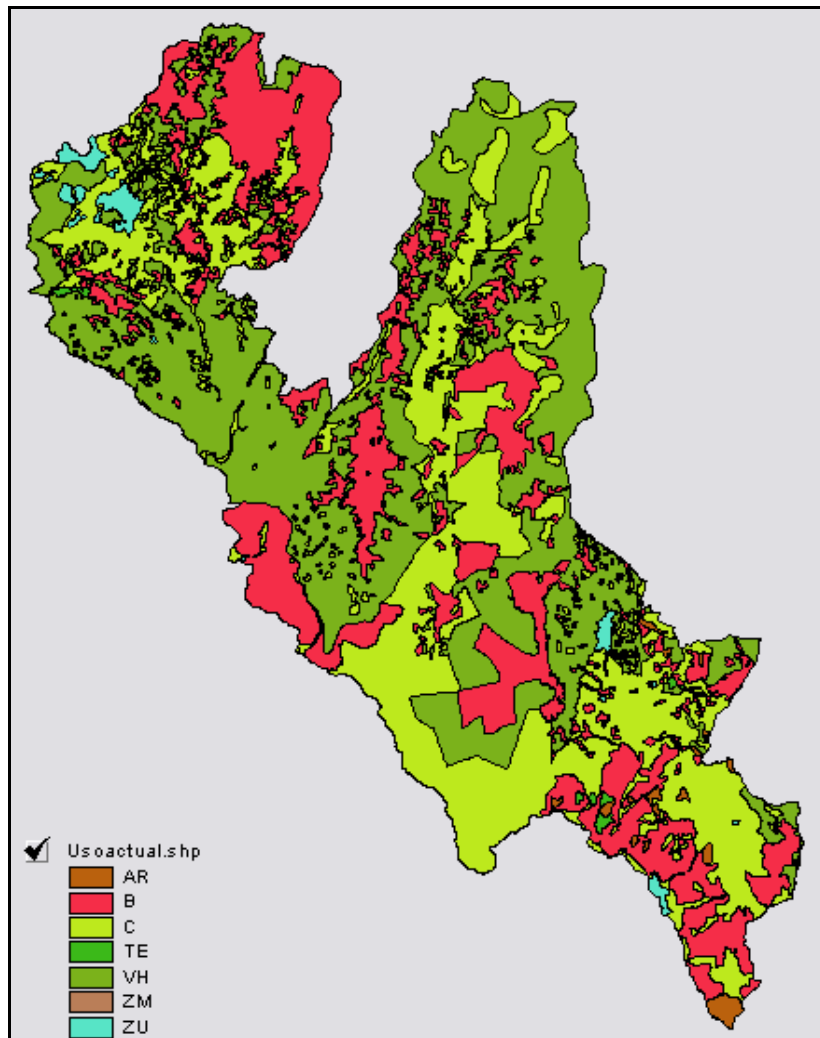
- *Clase TE (Tierras Eriales)*: Corresponde a las áreas donde la cobertura y suelo, ha sido reducida a roca desnuda. Su característica más sobresaliente la constituye estar severamente afectada por una erosión máxima por la acción de los vientos y las lluvias. Son zonas que se deben tener como protección total por su grado de alta amenaza a deslizamientos y por su escasa productividad de cualquier índole.

UNIDAD DE EXPLOTACIÓN DEL SUBSUELO

- *Clase ZM (Infraestructura mineras)*: Corresponden a zonas mineras y canteras, subterránea y a cielo abierto.

En la Figura 37 se muestran las diferentes zonas que representan las clases del mapa temático Uso Actual en la zona de estudio.

Figura 37. Mapa Temático de Uso Actual



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

4.4.4. Mapa de pendientes

Las pendientes son el factor base para el trazado de alineamientos para las diferentes alternativas viales. Las pendientes transversales del terreno determinan como serán las pendientes longitudinales con que se puedan hacer los trazados de la carretera y por ende las especificaciones en cuanto

alineamiento vertical, además de incidir en los volúmenes de tierra que deberán ser movidos al momento de la construcción.

Generalmente las pendientes del terreno también inciden en la evaluación de fenómenos de remoción en masa, sin ser determinante el concepto que a mayor pendiente será menor la probabilidad de ocurrir un movimiento.

El procedimiento para la elaboración del mapa de pendientes fue descrito en la sección 4.3.4.6 del presente libro. De acuerdo a lo descrito en la Tabla 3 y en la Tabla 7, los diferentes intervalos de pendientes se deben asociar en unos rangos a los cada uno de los cuales se le asigna un valor numérico.

Las diferentes tipos de terreno con su intervalo de pendiente transversal, el valor numérico del rango que representan dentro del mapa de pendientes y el área que ocupan dentro de la zona de estudio son mostradas en la Tabla 28.

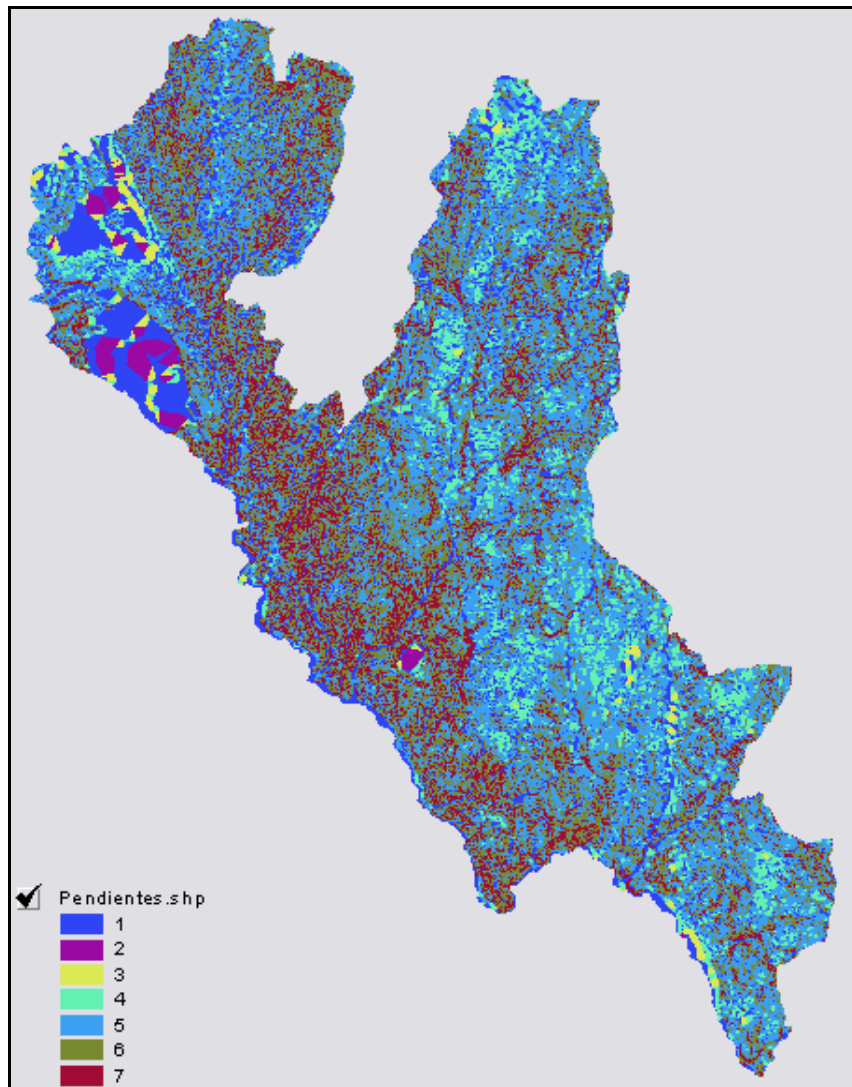
Tabla 28. Áreas y Descripción de los rangos del Mapa de Pendientes

PENDIENTE TRANSVERSAL (%)	TIPO DE TERRENO	RANGO DE PENDIENTE	ÁREA [Kilómetros²]
0 - 3	Plano	1	260.21
3 - 7	Levemente inclinado	2	19.56
7 - 12	Inclinado	3	18.99
12 - 25	Moderadamente abrupto	4	151.59
25 - 50	Abrupto	5	630.15
50 - 75	Escarpado	6	404.74
> 75	Muy escarpado	7	229.20

Fuente: Autores de la investigación.

En la Figura 38 se muestran las diferentes zonas que representan los rangos de pendientes del mapa de Pendientes en la zona de estudio.

Figura 38. Mapa de Pendientes de la zona del proyecto



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de cargar los Mapas Temáticos desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

4.5. VALORACIÓN DE APTITUD DE LAS CLASES DE LOS MAPAS TEMÁTICOS. TABLAS DE PONDERACIÓN

El otro tipo de información básica para realizar el análisis del corredor vial son las tablas de ponderación de cada uno de los mapas temáticos descritos anteriormente. En estas tablas se debe consignar la información de la

calificación o ponderación de las clases de cada mapa temático de acuerdo a los criterios de aptitud que tengan para el trazado vial.

4.5.1. Criterios Generales

Para realizar la asignación de los puntajes de cada clase se tuvo en cuenta la descripción de cada mapa temático que se presento en la sección 4.4 del presente libro.

Se analizaron las diferentes características de cada clase y como estas tienen influencia en la aptitud que tiene la zona para realizar el trazado del corredor vial, es decir se debe tener el concepto de cual sería la clase ideal dentro de cada mapa temático según criterios de estabilidad, seguridad, economía, etc., y mediante una comparación entre las características de la clase que favorecen la aptitud y aquellas que no lo hacen, se pueden estimar y asignar unos puntajes para las clases.

Esta asignación de puntajes se realizó en su mayoría por criterio de los autores del presente libro. Sin embargo para los temas de aptitud física, es decir, Geología, Geomorfología y Fallas, se contó con la asesoría del Geólogo Salvador Ariza, debido a que en estos temas se procuro tener una mayor precisión en la estimación de los valores ya que serían estos los que más influencia tendrían en el análisis del corredor vial.

4.5.2. Formato de las tablas

Para que la herramienta de diseño de corredores viales PRODIVIAL pueda trabajar correctamente, las tablas de ponderación deben tener un formato específico y ser llamadas de cierta manera.

Las tablas deben ser creadas como archivos con formato .dbf4 y deben ser nombradas de la siguiente manera:

*Clase_**

En donde * representa el nombre del mapa temático que esta relacionado en la tabla de ponderación.

El archivo .dbf para cada tabla de ponderación debe contener solamente los siguientes campos:

- *Clase_*****: en este campo se deben registrar cada uno de los nombres de las clases de cada mapa temático, de igual manera como se nombraron en el campo *Txt***** de la tabla de atributos del archivo shape del mapa temático. El nombre del campo debe estar dado por los caracteres *Clase_* seguidos de las cuatro primeras letras del mapa temático correspondiente.
- *Descripcion*: en este campo se puede registrar una breve descripción de cada clase del mapa temático.
- *Valor_*****: en este campo se deben registrar el valor del puntaje asignado a cada clase dentro del mapa temático. El nombre del campo debe estar dado por los caracteres *Valor_* seguidos de las cuatro primeras letras del mapa temático correspondiente.

4.5.3. Ponderación de clases

Para la asignación del puntaje que se le dará a cada clase dentro del mapa temático se deben tener en cuenta las características de cada clase que favorecen y desfavorecen la aptitud del corredor vial en cada mapa temático.

Cada tema se evalúa de acuerdo a ciertos parámetros que definen la aptitud de cada clase dentro del mapa.

Los puntajes que se asignaron a las clases se encuentran en un intervalo de 0 a 100, siendo cero el puntaje que se le asigna a una clase que tenga una aptitud nula dentro del tema, y 100 el puntaje que se le asigna a una clase que tenga la aptitud ideal dentro del tema. A aquellas zonas donde no se encontró información del mapa temático, se le asignó una puntuación de 50.

Los puntajes de las clases para cada mapa temático se describen a continuación.

4.5.3.1. Geología. Para el mapa temático geología se tuvo en cuenta las características de las diferentes formaciones geológicas en lo referente a las rocas y minerales que las componen y a su estratigrafía dentro de la formación.

Las clases con mayores puntajes serán aquellas cuyas características y composición, ofrezcan una mayor estabilidad a las zonas que serán parte del corredor vial en lo referente a la estabilidad de la banca dada por la capacidad portante de los suelos de subrasante y a la estabilidad de los taludes que conformaran la sección transversal de la vía.

El formato de la tabla de ponderación del mapa temático Geología, con el puntaje asignado a cada una de las clases del tema, es mostrado en la Tabla 29.

Tabla 29. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Geología

CLASE_GEOL	DESCRIPCIO	VALOR_GEOL
Df	Formación Floresta	80
Dfm	Formación Floresta	80
Jg	Formación Girón	85
Jj	Formación Jordán	75
JRc	Cuarzo-monzonita biotítica	75
JRcl	Cuarzo-monzonita La Corcova	75
JRcs	Cuarzo-monzonita Santa Bárbara	75
JRd	Diorita	75
JRgp	Granito Pescadero	75
Kia	Formación Aguardiente	85
Kic	Formación Capacho	50
Kip	Formación Paja	20
Kir	Formación Rosa Blanca	75
Kirn	Formación Río Negro	85
Kit	Formación Tablazo	65
Kita	Formación Tambor	85
Kitm	Formación Tibú y Mercedes	65
Kscm	Formación Colon y Mito Juan	65
Ksl	Formación La Luna	75
Pcd	Formación Diamante	80
PDb	Neis de Bucaramanga	75
PDo	Rocas Metamórficas (Ortoneis)	75
PDs	Formación Silgara	65
Qal	Aluvión	70
Qd	Coluvión	10
Qtf	Terraza	80
Qsr	Suelo Residual	70
Tec	Formación Carbonera	60
Tem	Formación Mirador	90
Tpb	Formación Barco	90
Tplc	Formación Los Cuervos	75
TRb	Formación Bocas	80
NI	No existe información de la zona	50

Fuente: Autores de investigación.

4.5.3.2. Geomorfología. Para el mapa temático Geomorfología se tuvo en cuenta las características de las diferentes formas estructurales del terreno en lo referente las características, origen y forma del paisaje.

Las clases con mayores puntajes serán aquellas que por sus características morfológicas, presenten menos probabilidad de erosión y procesos de degradación y desintegración del suelo que servirá para la conformación de la banca de la vía, tanto para la subrasante como para los taludes. El formato de la tabla de ponderación del mapa temático Geomorfología, con el puntaje asignado a cada una de las clases del tema, es mostrado en la Tabla 30.

Tabla 30. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Geomorfología

CLASE_GEOM	DESCRIPCIO	VALOR_GEOM
DNab	Abanicos	30
DNca	Conos y abanicos	30
DNcm	Colinas y montanas	45
DNco	Colinas	50
DNcp	Colinas y pendientes	35
DNes	Escarpes	10
DNg	Glacis	15
DNgl	Glacis de ladera	20
DNla	Laderas	75
DNle	Laderas erosionales	35
DNli	Laderas intermedias	65
DNlo	Lomas o lomería	60
DNme	Montanas y escarpes	35
DNmp	Montanas y pendientes	30
DNms	Áreas con movimientos en masa severos	20
DNpe	Pendientes	40
DNpn	Penillanura	80
DNtm	Tierras malas	10
DNze	Zona escarpada	25
DNzm	Zona montañosa	25
DPva	Valle aluvial	40
DPvc	Valle coluvial	20
EDcr	Crestón	30
EDcu	Cuestas	35
EDdc	Domos y colinas residuales	60
EDde	Depresiones	20
EDef	Escarpes de falla	10
EDem	Espalda de marrano	25
EDfa	Flanco anticlinal	45
EDfe	Flujo de escombros antiguos	25

EDfp	Flexiones de plegamiento	40
EDIn	Lomos, narices y zonas de flexión	15
EDpe	Planicie estructural	70
EDpi	Pendientes irregulares	35
EDpm	Pendientes irregulares metamórficas	45
EDps	Pendientes irregulares suaves	65
EDte	Terrazas	55
EDtr	Topografía rizada acolinada con drenajes	50
EDve	Topografía de lomas y vertientes empinadas	40
EDvo	Topografía de lomas y vertientes onduladas	45
EScr	Crestas	20
EScu	Cuestas	50
FLaa	Abanicos activos	10
FLai	Abanico aluvial inactivo	30
FLca	Conos y abanicos torrenciales	30
FLlf	Lecho fluvial	0
FLpi	Planicies de inundación	45
FLtf	Terrazas fluviales	55
FLtm	Terrazas medias	60
GLde	Derrubios glaciares	40
GLes	Escarpes	20
GLte	Terrazas	55
MDIt	Laderas, colinas y terrazas fluviales y fluvioglaciales	30
NI	No existe información de la zona	50

Fuente: Autores de Investigación.

4.5.3.3. Fallas. Para el mapa temático Fallas se tuvo en cuenta las diferentes zonas de afectación sísmica, dadas por la distancia a las fallas geológicas más importantes encontradas en la zona de estudio.

Las clases con mayores puntajes serán aquellas se encuentren más alejadas a las fallas geológicas, debido a que en estos sitios será menor la probabilidad de ocurrencia de fenómenos sísmicos que puedan afectar la infraestructura vial en lo referente a destrucción total o parcial de la banca, trayendo como consecuencias perdidas materiales y humanas.

El formato de la tabla de ponderación del mapa temático Fallas, con el puntaje asignado a cada una de las clases del tema, es mostrado en la Tabla 31.

Tabla 31. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Fallas

CLASE_FALL	DESCRIPCIO	VALOR_FALL
MA	Zona de afectación de la falla muy alta, distancia 100 m	0
A	Zona de afectación de la falla alta, distancia 250 m	20
M	Zona de afectación de la falla media, distancia 500 m	40
B	Zona de afectación de la falla baja, distancia 1000 m	60
MB	Zona de afectación de la falla muy baja, distancia 2000 m	80
N	Zona de afectación de la falla nula, distancia >2000 m	100
NI	No existe información de la zona	50

Fuente: Autores de Investigación.

4.5.3.4. Ambiental. Para el mapa temático Ambiental se tuvo en cuenta los riesgos ambientales de las diferentes zonas que se hallaron en esta clasificación.

Las clases con mayores puntajes serán aquellas que por sus características ambientales, presenten menor riesgo de sufrir impactos ambientales severos por causa de la construcción de la infraestructura vial, preservando así el hábitat de las diferentes especies animales y vegetales nativas de la región. El formato de la tabla de ponderación del mapa temático Ambiental, con el

puntaje asignado a cada una de las clases del tema, es mostrado en la Tabla 32.

Tabla 32. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Ambiental

CLASE_AMBI	DESCRIPCIO	VALOR_AMBI
AAE	Área agropecuaria extensiva	60
AFA	Área de fragilidad ambiental	10
AFP	Áreas forestales protectoras	20
AFPP	Áreas forestales protectoras-productoras	30
ANA	Amenaza natural alta	10
APA	Áreas de protección absoluta	20
ASASP	Área de sistemas agro-silvo-pastoril	45
ASS	Área agropecuaria semi-intensiva	70
ASSA	Área de sistemas silvoagrícolas	45
ASSP	Área de sistemas silvopastoriles	45
ATA	Área de tendencia a la aridez	40
AZP	Área de amortiguación zonas de protección	50
MA	Microcuencas abastecedoras	50
PBAA	Páramo y bosque alto andino	20
PBAAI	Páramo y bosque alto andino intervenido	10
ZU	Zonas urbanas	100
NI	No existe información de la zona	50

Fuente: Autores de Investigación.

4.5.3.5. Amenazas. Para el mapa temático Amenazas se tuvo en cuenta los riesgos de ocurrencia de los fenómenos de amenaza por catástrofes naturales.

Las clases con mayores puntajes serán aquellas que presenten menor probabilidad de ocurrencia de fenómenos que puedan desencadenar catástrofes naturales como son los movimientos de remoción en masa.

El formato de la tabla de ponderación del mapa temático Amenazas, con el puntaje asignado a cada una de las clases del tema, es mostrado en la Tabla 33.

Tabla 33. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Amenazas

CLASE_AMEN	DESCRIPCIO	VALOR_AMEN
A	Área de movimientos de remoción en masa alta	30
B	Área de movimientos de remoción en masa baja	100
M	Área de movimientos de remoción en masa media	70
MA	Área de movimientos de remoción en masa muy alta	10
NI	No existe información de la zona	50

Fuente: Autores de Investigación.

4.5.3.6. Clima. Para el mapa temático Clima se tuvo en cuenta las características de temperatura y humedad de las diferentes zonas climáticas.

Las clases con mayores puntajes serán aquellas en las cuales el usuario de la vía pueda disfrutar de condiciones climáticas que sean de su agrado, en términos de temperaturas medias.

Además aquellas clases con humedades bajas, en donde escasean las precipitaciones, tienen menor probabilidad de verse afectada por fenómenos desencadenados por la lluvia, como son los deslizamientos, desbordamiento de alcantarillas, etc.

El formato de la tabla de ponderación del mapa temático Clima, con el puntaje asignado a cada una de las clases del tema, es mostrado en la Tabla 34.

Tabla 34. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Clima

CLASE_CLIM	DESCRIPCIO	VALOR_CLIM
Csa	Cálido Semiárido	80
FA	Frío Árido	70
FH	Frío Húmedo	40
Fsa	Frío Semiárido	60
Fsh	Frío Semihúmedo	50
PASH	Páramo Alto Superhúmedo	10
PBH	Páramo Bajo Húmedo	30
PBSH	Páramo Bajo Superhúmedo	20
TA	Templado Árido	100
Tsa	Templado Semiárido	90
Tsh	Templado Semihúmedo	80
NI	No existe información de la zona	50

Fuente: Autores de Investigación.

4.5.3.7. Suelos. Para el mapa temático Suelos se tuvo en cuenta las características de las diferentes unidades de suelos encontradas en la zona de acuerdo a los diferentes factores que se usaron para su agrupación.

Las clases con mayores puntajes serán aquellas que reúnan las mejores condiciones de paisaje estructural y características de los componentes minerales de las unidades cartográficas de los suelos, con el fin de que los suelos que conformen la subrasante sean lo suficientemente resistentes para el soporte de la estructura de pavimento y no sea necesario realizarles diferentes labores de estabilización a lo largo de la vida útil de la vía. Además se tiene en cuenta la capacidad productiva de estos suelos para futuros desarrollo agrícolas y pecuarios que se de en la zona.

El formato de la tabla de ponderación del mapa temático Suelos, con el puntaje asignado a cada una de las clases del tema, es mostrado en la Tabla 35.

Tabla 35. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Suelos

CLASE_SUEL	DESCRIPCIO	VALOR_SUEL
MEA	Paisaje de Montaña-Clima Extremadamente Frío- Unidad Cartográfica A	5
MEAr	Paisaje de Montaña-Clima Extremadamente Frío- Unidad Cartográfica A-roca	10
MEN	Paisaje de Montaña-Clima Extremadamente Frío- Zona Agroecológica N	0
MHA	Paisaje de Montaña-Clima Extremadamente Frío- Unidad Cartográfica A	10
MHA2	Paisaje de Montaña-Clima Muy Frío Húmedo- Unidad Cartográfica A-Erosión Moderada	5
MHAr	Paisaje de Montaña-Clima Muy Frío Húmedo- Unidad Cartográfica A-roca	15
MHC	Paisaje de Montaña-Clima Muy Frío Húmedo- Unidad Cartográfica C	20
MHCp	Paisaje de Montaña-Clima Muy Frío Húmedo- Unidad Cartográfica C-Piedra Superficial	20
MHPc	Paisaje de Montaña-Clima Muy Frío Húmedo- Zona Agroecológica Pc	15
MLA	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Unidad Cartográfica A	15
MLA2	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo Unidad Cartográfica A-Erosión Moderada	10
MLB	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Unidad Cartográfica B	20
MLD	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Unidad Cartográfica D	25
MLDp	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Unidad Cartográfica D-piedra	25
MLDr	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Unidad Cartográfica D-roca	30
MLE	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Unidad Cartográfica E	25
MLFj	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Zona Agroecológica Fm	50
MLFm	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Zona Agroecológica Fj	20
MLG	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Unidad Cartográfica G	30
MLGp	Paisaje de Montaña-Clima Frío Húmedo-Unidad Cartográfica G-piedra	30
MMA	Paisaje de Montaña-Clima Frío Seco-Unidad Cartográfica A	35
MMA2	Paisaje de Montaña-Clima Frío Seco-Unidad Cartográfica A-Erosión Moderada	25
MMD2	Paisaje de Montaña-Clima Frío Seco-Unidad Cartográfica D-Erosión Moderada	40
MQA	Paisaje de Montaña-Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo-Unidad Cartográfica A	45
MQA2	Paisaje de Montaña-Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo-Unidad Cartográfica A-Erosión Moderada	35
MQAp	Paisaje de Montaña-Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo-Unidad Cartográfica A-Piedra Superficial	45
MQB	Paisaje de Montaña-Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo-Unidad Cartográfica B	50
MQD	Paisaje de Montaña-Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo-Unidad Cartográfica D	55
MQFp	Paisaje de Montaña-Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo-Unidad Cartográfica F-Piedra Superficial	60
MQGp	Paisaje de Montaña-Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo-Unidad Cartográfica G-Piedra Superficial	60

MQH	Paisaje de Montaña-Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo-Unidad Cartográfica H	65
MQMg	Paisaje de Montaña-Clima Medio Húmedo y Muy Húmedo-Zona Agroecológica Mg	40
MRA	Paisaje de Montaña-Clima Medio Seco-Unidad Cartográfica A	70
MRA2	Paisaje de Montaña-Clima Medio Seco-Unidad Cartográfica A-Erosión Moderada	60
MRA3	Paisaje de Montaña-Clima Medio Seco-Unidad Cartográfica A-Erosión Severa	50
MRB	Paisaje de Montaña-Clima Medio Seco-Unidad Cartográfica B	65
MRB2	Paisaje de Montaña-Clima Medio Seco-Unidad Cartográfica B-Erosión Moderada	55
MRB3	Paisaje de Montaña-Clima Medio Seco-Unidad Cartográfica B-Erosión Severa	45
MRG	Paisaje de Montaña-Clima Medio Seco-Unidad Cartográfica G	75
MRG2	Paisaje de Montaña-Clima Medio Seco-Unidad Cartográfica G-Erosión Moderada	65
MRHp	Paisaje de Montaña-Clima Medio Seco-Unidad Cartográfica H-piedra	80
MWA3	Paisaje de Montaña-Clima Cálido Seco-Unidad Cartográfica A-Erosión Severa	55
MWDp	Paisaje de Montaña-Clima Cálido Seco-Unidad Cartográfica D-Piedra Superficial	90
MWE	Paisaje de Montaña-Clima Cálido Seco-Zona Agroecológica E	45
NI	No existe información de la zona	50

Fuente: Autores de Investigación.

4.5.3.8. Uso Potencial. Para el mapa temático Uso Potencial se tuvo en cuenta las verdaderas aptitudes físicas, ambientales y sociales de los suelos de la zona de estudio.

Las clases con mayores puntajes serán aquellas cuya aptitud real se encuentre más cercana al uso para actividades humanas y no se requiera su uso para actividades de protección y conservación del medio ambiente.

El formato de la tabla de ponderación del mapa temático Uso Potencial, con el puntaje asignado a cada una de las clases del tema, es mostrado en la Tabla 36.

Tabla 36. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Uso Potencial

CLASE_USOP	DESCRIPCIO	VALOR_USOP
AOC	Obras civiles, asentamientos	100
BP	Bosque protector	30
BPP	Bosque protector productor	35
CL	Cultivo limpio o anual	80
CP	Cultivo permanente	70
CSL	Cultivo semilimpio o transitorio	75
GE	Ganadería estabulada o extensiva	40
GSE	Ganadería semiestabulada	45
GSEC	Ganadería semiestabulada caprina	45
ASP	Agrosilvopastoril	60
PT	Protección total o absoluta	10
SA	Silvo agrícola	45
SP	Silvo pastoril	35
NI	No existe información de la zona	50

Fuente: Autores de Investigación.

4.5.3.9. Uso Actual. Para el mapa temático Uso Actual se tuvo en cuenta la ocupación y utilización actual de los suelos de la zona de estudio. Las clases con mayores puntajes serán aquellas que por no tener un uso especializado, se facilite su adquisición en términos de costos a la hora de adquirir los predios que se necesiten para la conformación del derecho de vía de la carretera. El formato de la tabla de ponderación del mapa temático Uso Actual, con el puntaje asignado a cada una de las clases del tema, es mostrado en la Tabla 37.

Tabla 37. Tabla de Ponderación del Mapa Temático Uso Actual

CLASE_USOA	DECRIPCIO	VALOR_USOA
AR	Afloramientos rocosos	70
B	Bosques	20
C	Cultivos	50
TE	Tierras eriales	40
VH	Vegetación herbácea	80
ZU	Zona urbana	100
ZM	Zona minera	30
NI	No existe información de la zona	50

Fuente: Autores de Investigación.

4.5.4. Almacenamiento de la información

La información correspondiente a los archivos .dbf de las tablas de ponderación fue almacenada dentro de un directorio llamado *Tablas Ponderación* que se encuentra en el directorio base utilizado para guardar la información del proyecto. Por lo tanto la ruta donde se almacenan estos archivos .dbf es la siguiente:

C:\PRODIVIAL\Chicamocha\Tablas Ponderación

Para el manejo en la aplicación, se debe crear una copia de estos archivos en el directorio *tablas_ponderacion* que se encuentra en el directorio *proyectos* dentro del directorio base de la herramienta. Por lo tanto los archivos de las tablas de ponderación de cada mapa temático que se utilizaran en el manejo de la herramienta se encuentran en la siguiente dirección:

C:\PRODIVIAL\proyectos\tablas_ponderacion

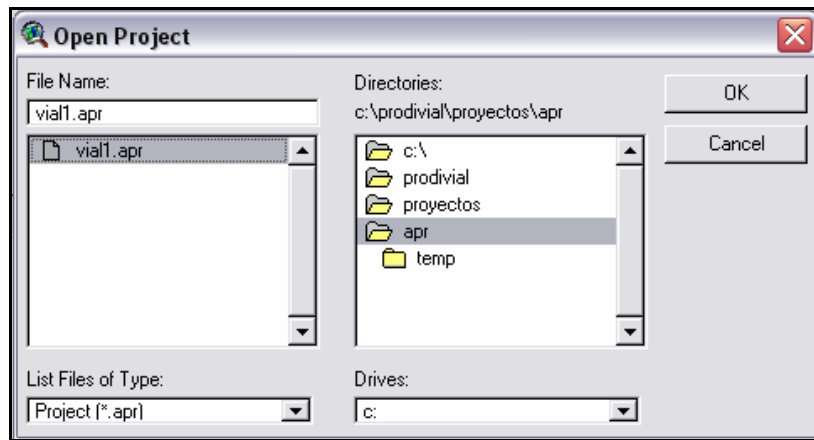
4.6. OBTENCIÓN DE CORREDORES VIALES DE SEGÚN SU APTITUD

Una vez procesada la información básica para el análisis del corredor vial en lo referente a los diferentes mapas temáticos y sus respectivas tablas de ponderación de clases, se procedió a diseñar el corredor vial con mejor aptitud para el trazado de las alternativas para la línea antepreliminar del proyecto, utilizando la herramienta para diseño de corredores viales PRODIVIAL.

4.6.1. Inicio de la aplicación

La herramienta se encuentra como un archivo de proyecto .apr de Arcview en la dirección C:\PRODIVIAL\proyectos\apr. El nombre del archivo base de la aplicación es vial1.apr. Para iniciar con el procesamiento de la herramienta, se debe buscar este archivo de proyecto desde la ventana de abrir un proyecto existente en Arcview. La ubicación del proyecto base en la ventana de abrir proyecto nuevo de Arcview es mostrada en la Figura 39.

Figura 39. Ubicación del proyecto base



Fuente: Imagen tomada de la ventana de Abrir un proyecto existente de Arcview

Luego de mostrar la ventana de presentación de la herramienta mostrada en la Figura 5 del presente libro y de acceder a la misma mediante la opción entrar, se procede a guardar el proyecto específico que se quiere trabajar para el diseño del corredor vial por el Cañón del Chicamocha. En este momento la aplicación le solicita al usuario que digite un nombre y código para el proyecto como se muestra en la Figura 40.

Figura 40. Nombre y código del proyecto

Nombre de proyecto

Llene los datos para crear un nuevo proyecto

Código de Usuario:

Nombre de Usuario:

Para entrar al proyecto escogido click en Entrar

Fuente: Imagen tomada de la ventana de Nombre del proyecto de la herramienta PRODIVIAL

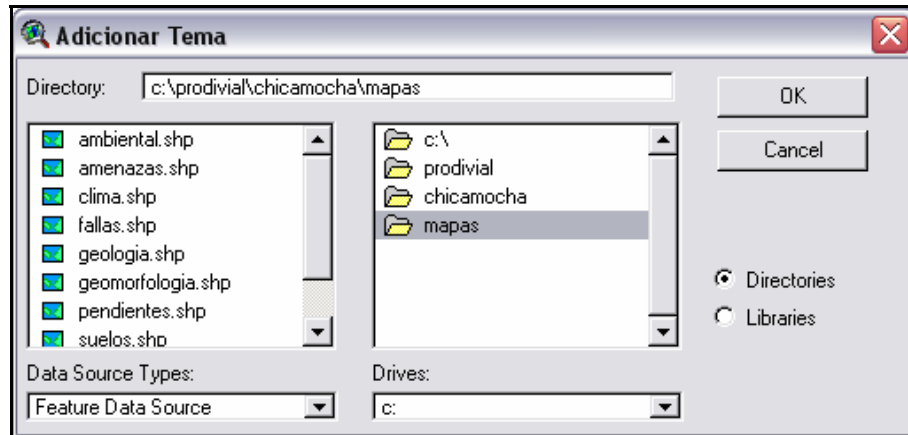
En este momento la aplicación crea un nuevo proyecto como copia del archivo base cuyo nombre es el código de usuario dado anteriormente. Este nuevo archivo para el proyecto, en este caso se llamara 213853.apr y se ubica en la misma dirección que el archivo base, es decir, C:\PRODIVIAL\proyectos\apr. Cada vez que se cierre el proyecto y se quiera volver a trabajar en el se debe abrir el archivo de proyecto 213853.apr.

4.6.2. Cargar mapas temáticos

El primer paso para el manejo de la herramienta es cargar dentro de la aplicación los diferentes mapas temáticos que se utilizaran para el análisis del corredor vial. Para cargar los mapas temáticos en la herramienta se debe buscar en el menú INFORMACIÓN VIAL la opción *Cargar Temas*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta.

Al usar esta opción se debe buscar la dirección en donde se encuentra la información de los mapas temáticos, es decir el directorio C:\PRODIVIAL\Chicamocha\Mapas, como se muestra en la Figura 41.

Figura 41. Ventana Cargar Temas



Fuente: Imagen tomada de la ventana Cargar Temas de la herramienta PRODIVIAL

Al cargar los temas aparece una ventana en donde se debe crear una copia para cada archivo .shp de los mapas temáticos, con los cuales el programa realizara todos los procesos, esto con el fin de proteger los archivos originales. Estas copias deben ser guardadas con el mismo nombre del archivo original en la siguiente dirección: C:\PRODIVIAL\proyectos\apr\temp.

Los mapas temáticos son mostrados en la vista Visualización de Planos de la aplicación.

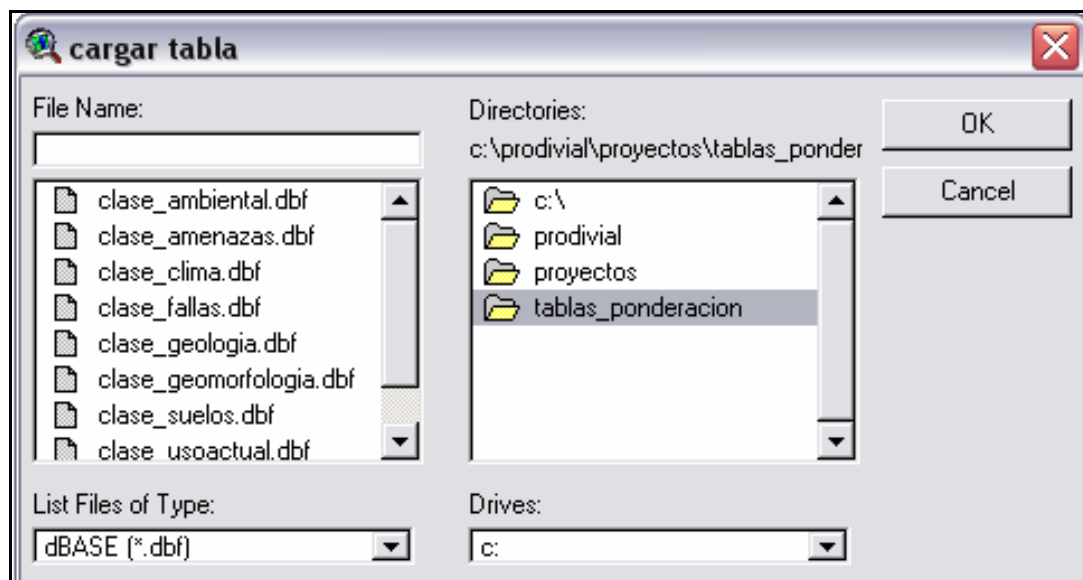
4.6.3. Cargar tablas de ponderación

Como siguiente paso se debe cargar dentro de la aplicación las diferentes tablas de ponderación correspondientes a cada uno de los mapas temáticos.

Para cargar los mapas temáticos en la herramienta se debe buscar en el menú INFORMACIÓN VIAL la opción *Cargar tablas ponderación*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta.

Al usar esta opción se debe buscar la dirección en donde se encuentra la información de las tablas de ponderación, es decir el directorio C:\PRODIVIAL\proyectos\tablas_ponderacion como se muestra en la Figura 42.

Figura 42. Ventana Cargar tablas ponderación



Fuente: Imagen tomada de la ventana Cargar tablas ponderación de la herramienta PRODIVIAL

4.6.4. Asignación de valores de ponderación a las clases de los temas

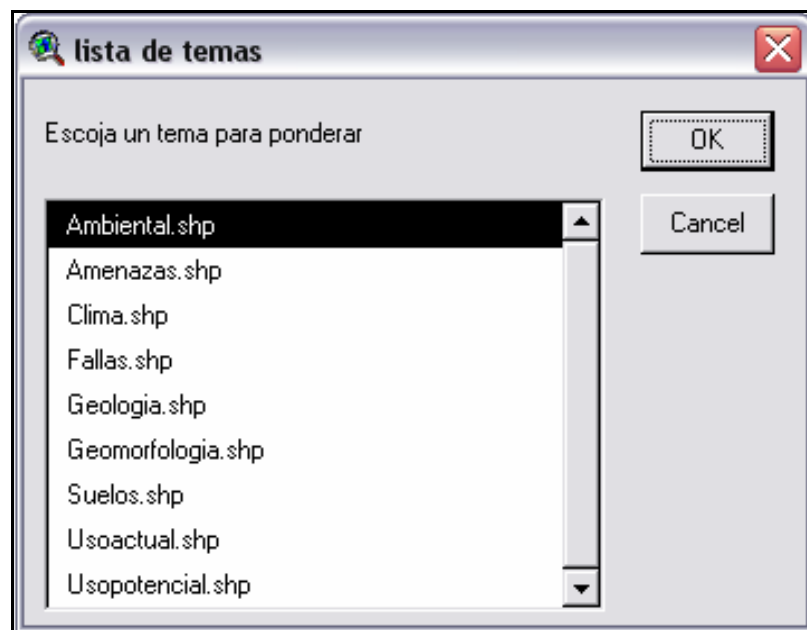
Al cargar y ubicar correctamente la información de los mapas temáticos y las tablas de ponderación, se debe hacer un cruce de la información espacial de

cada tema representada en el mapa temático con la respectiva valoración que se da a las clases del mapa obtenida en la tabla de ponderación del mapa temático.

Para realizar el cruce de información, se debe buscar en el menú INFORMACIÓN VIAL la opción *Ponderación de clases*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta.

Al usar esta opción como primer paso de debe escoger el mapa temático que se desea ponderar como se muestra en la Figura 43.

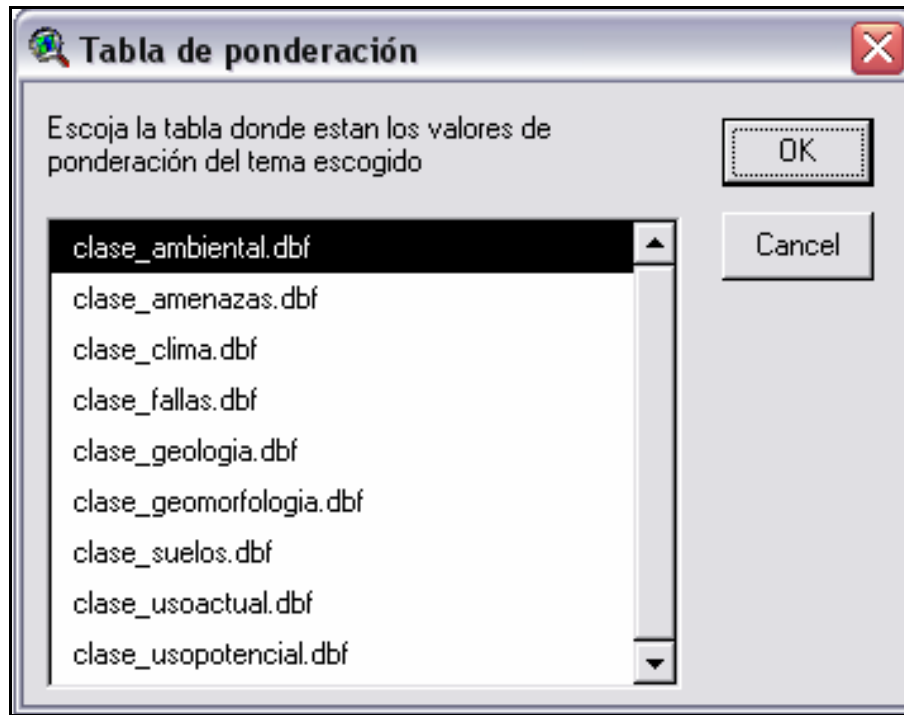
Figura 43. Ventana de selección de tema a ponderar



Fuente: Imagen tomada de la ventana de Selección de tema a ponderar de la herramienta PRODIVIAL

En seguida se debe escoger la respectiva tabla de ponderación del tema escogido anteriormente como se muestra en la Figura 44.

Figura 44. Ventana de selección de tabla de ponderación del tema escogido



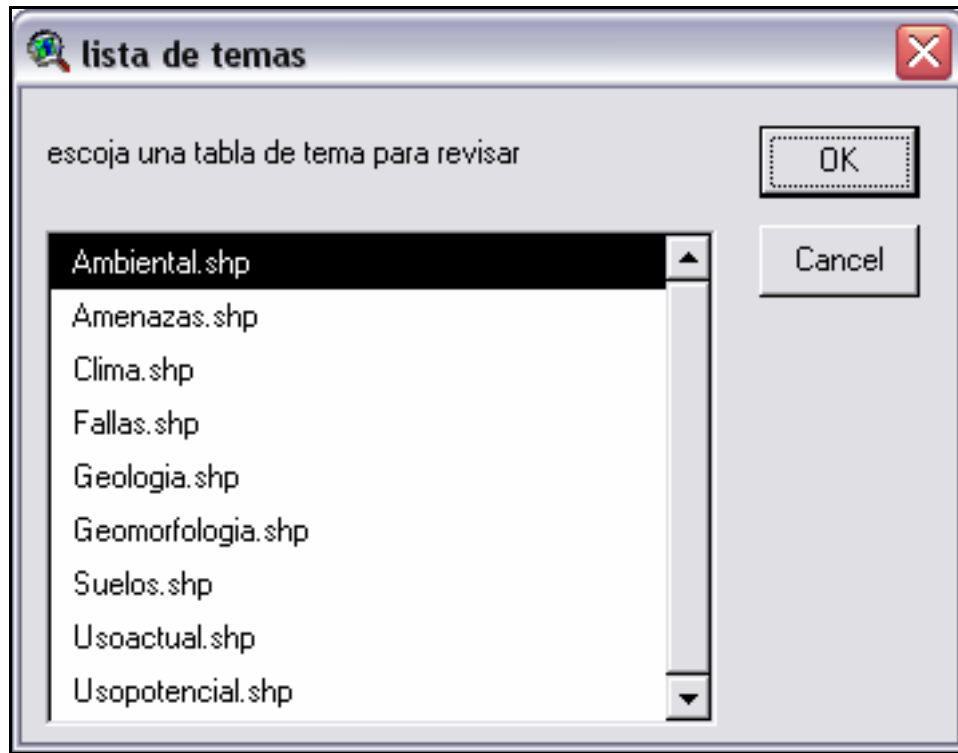
Fuente: Imagen tomada de la ventana de Selección de tabla de ponderación del tema escogido de la herramienta PRODIVIAL

Al realizar el cruce de la información, las tablas de atributos de los temas se modifican. En estas se adiciona la información de la descripción y el valor dado a cada clase, al frente de cada registro que representa un elemento del mapa, teniendo en cuenta que la información de campo Txt**** de la tabla de atributos del tema, coincida con la del campo Clase_**** de la tabla de ponderación.

Una vez realizado el cruce se debe revisar que la información contenida en la tabla de atributos del tema modificado, se encuentre completa y con los formatos correspondientes, mediante la opción *Revisar tablas de atributos* del menú INFORMACIÓN VIAL, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta.

Para hacer este proceso se debe seleccionar en la ventana de revisión del tema el tema que se desee revisar, como se muestra en la Figura 45.

Figura 45. Ventana de revisión de tema



Fuente: Imagen tomada de la ventana Revisión de tema de la herramienta PRODIVIAL

Al encontrar que no existe ninguna inconsistencia en la información, aparece un aviso que indica que el proceso de cargar la información se realizó de una manera correcta.

4.6.5. Selección de temas para analizar y clasificación de los mismos. Tipo de análisis.

Para hacer el diseño del corredor vial se debe hacer un cruce de toda la información recopilada en los mapas temáticos con sus respectivas tablas de

atributos, en donde se deben encontrar los puntajes de cada elemento del mapa de acuerdo a la clase a la cual pertenezcan dentro del mapa.

Según esto es necesario definir el enfoque del análisis que se desea realizar, es decir el peso ponderado que tendrá cada mapa temático a la hora de procesar la información y de darle un valor total al corredor vial.

Para este proyecto se decidió realizar un análisis más enfocado en las características físicas de la zona del proyecto, es decir, se le dio más importancia a los temas de aptitud física (Geología, Geomorfología y Fallas), en un segundo aspecto se tuvo en cuenta los temas de aptitud ambiental (Ambiental, Amenazas), y por ultimo se le dio una ponderación más baja a los temas de aptitud social (Suelos y Uso Potencial). Los temas Clima y Uso Actual son los de menor ponderación dentro de los análisis.

Para realizar el cruce la ponderación de los temas dentro del análisis específico, se debe buscar en el menú INFORMACIÓN VIAL la opción *Selección de Temas*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta.

Los valores ponderados de los temas dentro del análisis son mostrados en la Figura 46.

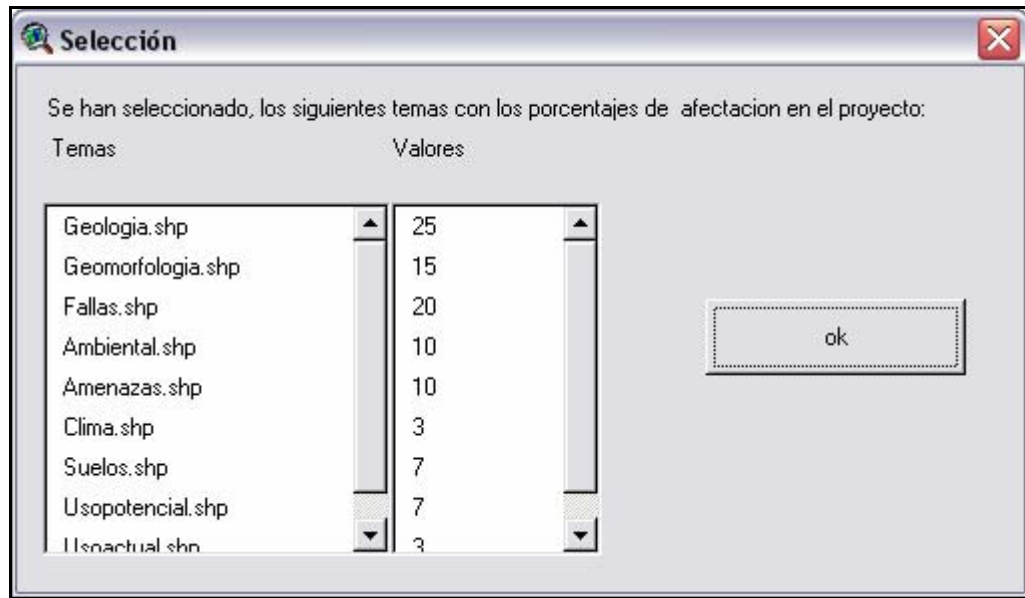
Figura 46. Ventana Selección de Temas

Sección	tema disponible	valor ponderado
aptitud física	<input checked="" type="checkbox"/> Geología.shp	25
	<input checked="" type="checkbox"/> Geomorfología.shp	15
	<input checked="" type="checkbox"/> Fallas.shp	20
aptitud ambiental	<input checked="" type="checkbox"/> Ambiental.shp	10
	<input checked="" type="checkbox"/> Amenazas.shp	10
	<input checked="" type="checkbox"/> Clima.shp	3
aptitud social	<input checked="" type="checkbox"/> Suelos.shp	7
	<input checked="" type="checkbox"/> Usopotencial.shp	7
	<input checked="" type="checkbox"/> Usoactual.shp	3
% TOTAL		100

Fuente: Imagen tomada de la ventana Selección de Temas de de la herramienta PRODIVIAL

Al seleccionar la opción Guardar y luego la opción Procesar, aparece una ventana de confirmación de los temas seleccionados para el análisis y sus respectivas ponderaciones o porcentajes de afectación en el proyecto, como se muestra en la Figura 47.

Figura 47. Ventana de Confirmación de temas seleccionados



Fuente: Imagen tomada la ventana de Confirmación de temas seleccionados de la herramienta PRODIVIAL

4.6.6. Generación de mapa de aptitud total

Una vez decidido el tipo de análisis que se quería realizar, se procede a darle la instrucción a la herramienta que genere el mapa de aptitud total de la zona de estudio.

Para hacer este mapa, la aplicación empieza a hacer una intersección de los elementos del primero y segundo mapa de la lista de selección. En este proceso de intersección genera nuevos polígonos con los que son una combinación de la información encontrada en cada uno de los planos. En seguida interfecta este nuevo plano con el tercero en la lista de selección y así sucesivamente hasta intersectar los nueve mapas que se seleccionaron para el análisis.

En cada una de las intersecciones la aplicación genera campos en la tabla de atributos donde almacena el valor dado a cada una de las clases del tema, el valor del porcentaje de afectación del tema dentro del análisis y un campo de ponderación donde almacena el resultado del producto de los ítems anteriores. Por cada tema habrá un campo de ponderación.

Cuando finalice el proceso de intersección de todos los mapas de los temas, el mapa final se guardará como un archivo shape llamado *Aptitudtotal1*, el cual es almacenado en el directorio C:\PRODIVIAL\proyectos\apr\temp.

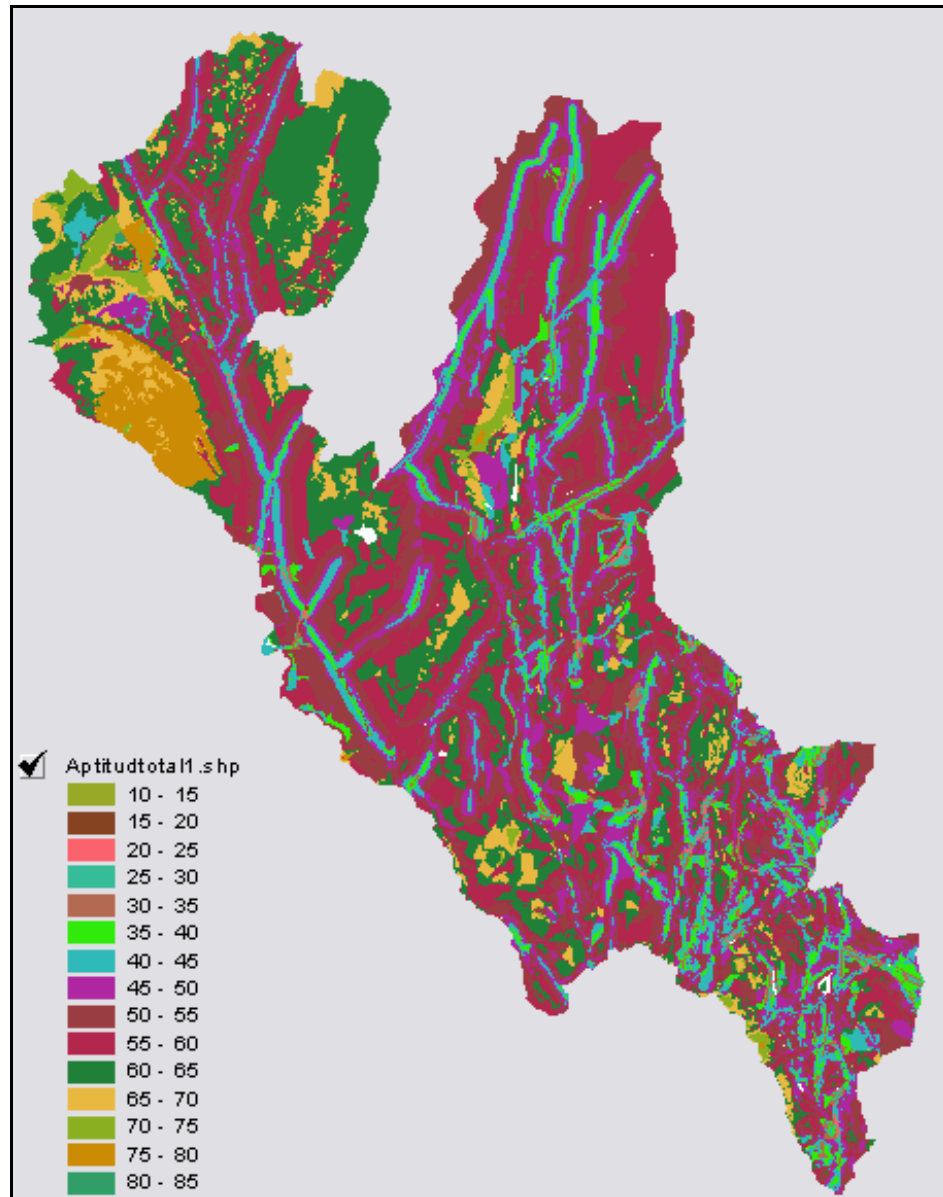
Este mapa contiene todos los elementos tipo polígono, que se generan como resultado de la intersección de los polígonos de los nueve mapas temáticos. Cada uno de estos nuevos elementos tiene un valor en un campo de la tabla de atributos llamado total, que se calcula mediante la suma de todos los campos de ponderación del elemento, y que representa el puntaje total de aptitud que tiene la zona para el análisis del corredor vial. Para una mejor visualización la aplicación visualiza este mapa clasificando los polígonos por colores para determinados rangos de puntaje total.

Este puntaje total de aptitud junto con los rangos de pendientes del mapa de pendientes, son los dos parámetros que se utilizan para escoger las zonas más aptas para realizar los trazados de las diferentes alternativas viales, es decir para la selección del corredor vial con mejores condiciones para el trazado de la carretera.

Para realizar el cruce de la información de los diferentes temas dentro del análisis específico, se debe buscar en el menú ANÁLISIS VIAL la opción *Generar mapa de aptitud*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta. En esta etapa la aplicación solo muestra al usuario una ventana con el progreso del proceso de intersección. Al

concluir este proceso la aplicación visualiza el tema de Aptitudtotal1 en la vista Visualización de Planos. El mapa de Aptitudtotal1, clasificado por colores de acuerdo al rango de puntaje total es mostrado en la Figura 48.

Figura 48. Mapa de Aptitud Total de la zona del proyecto



Fuente: Imagen tomada de la vista VISUALIZACIÓN DE PLANOS en el Proceso de Generar Mapa desarrollado con la herramienta PRODIVIAL.

4.6.7. Selección de zonas óptimas para el trazado de alternativas

Para hacer una selección preliminar de las zonas óptimas para el trazado de la carretera, se necesita realizar una visualización de las zonas más aptas para el corredor vial, según los parámetros de aptitud total y pendientes. En el aspecto de aptitud total se requiere que la carretera en su mayoría pase por zonas con cuyo puntaje total en el mapa de Aptitudtotal1 sea mayor a o igual a 50.

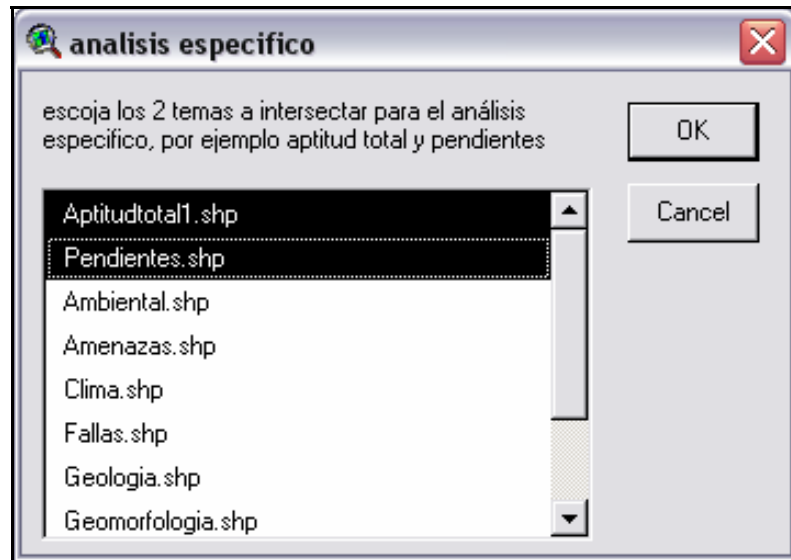
Para los rangos de pendiente es recomendable que la vía se encuentre en sitios con pendientes transversales del terreno sean inferiores a 25%, es decir aquellas zonas en donde el rango en el mapa de pendientes sea menor o igual 4. Para poder realizar la selección de la zona que cumpla con estas características, es necesario hacer una intersección entre los temas de aptitud total y pendientes, con el objeto de crear un nuevo mapa que contenga la información conjunta de estos dos temas.

En este nuevo tema se intersectarán todos los polígonos generados en el mapa de aptitud total y los polígonos del mapa de pendientes, generando nuevos polígonos cada uno con la información del puntaje total de aptitud y de rango de pendientes. El nuevo tema de formato shape generado por este proceso se llamará *Apti&pend*, por la unión de las cuatro primeras letras de los mapas origen y se almacenara en la dirección C:\PRODIVIAL\proyectos\apr\temp.

Para realizar la intersección de estos dos temas, se debe buscar en el menú ANÁLISIS VIAL la opción *Intersectar temas para análisis específico*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta.

La selección de los temas necesarios para realizar el mapa con la información conjunta de aptitud total y pendientes se muestra en la Figura 49.

Figura 49. Ventana de Intersectar temas para análisis específico



Fuente: Imagen tomada la ventana de Intersectar temas para análisis específico de la herramienta PRODIVIAL

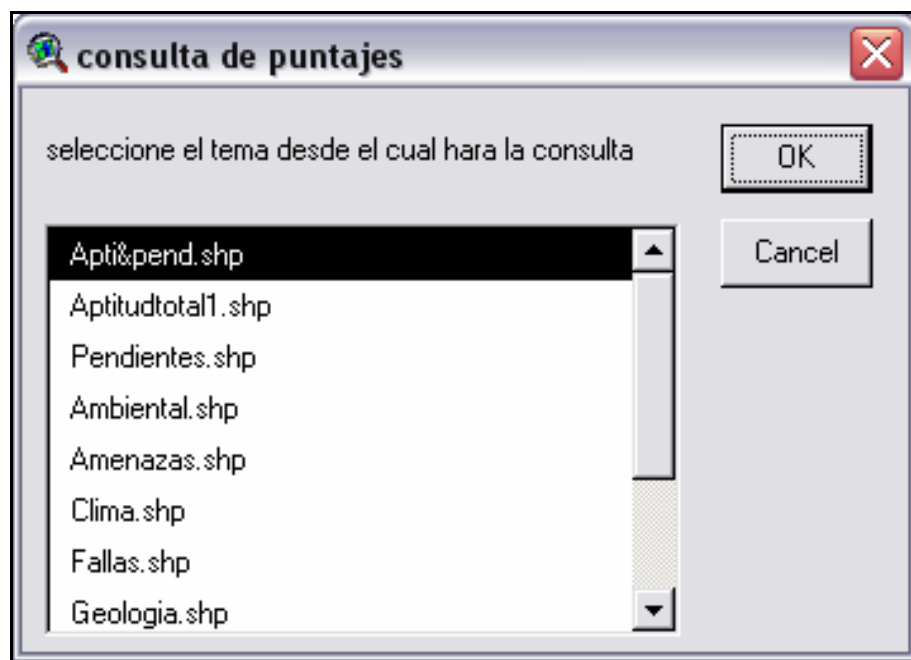
Al confirmar la selección de los temas, la herramienta inicia el proceso de intersección de los mapas, mostrando solamente el estado del proceso. Al finalizar, se visualiza el nuevo tema Apti&pend en la vista Visualización de Planos de la herramienta, de la misma manera que en para el mapa Aptitudtotal1.

Una vez obtenido el tema que contiene la información de aptitud total y pendientes se procede a realizar la selección de aquellos elementos del tema que cumplan con las condiciones mencionadas al principio de esta sección.

Para realizar la selección de estas zonas óptimas, se debe buscar en el menú ANÁLISIS VIAL la opción *Hacer consulta*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta.

La ventana de selección del tema para realizar la consulta es mostrada en la Figura 50.

Figura 50. Ventana de Hacer consulta



Fuente: Imagen tomada la ventana de Hacer consulta de la herramienta PRODIVIAL

Una vez seleccionado el tema aparece una ventana en donde se deben especificar los criterios por puntaje de aptitud total y rangos de pendiente para realizar la consulta. Estos criterios se deben especificar como intervalos cerrados de los valores de el campo total para la aptitud y rango para las pendientes del mapa Apti&pend. La selección de estos criterios es mostrada en la Figura 51. Una vez realizada la selección de los criterios de consulta, se visualizaran en el mapa Apti&pend todas las zonas que cumplan con

ambos criterios, demarcando así los corredores viales más aptos para el trazado de la carretera.

Figura 51. Ventana de selección de criterios de consulta

Debe llenar todos los campos activos, para hacer válida la consulta.

Rango de pendiente entre valores y

Puntaje de aptitud entre valores y

Tenga en cuenta que el intervalo definido por los valores es un intervalo cerrado [a,b].

Hacer selección Cancelar

Fuente: Imagen tomada la ventana de Selección de criterios de consulta de la herramienta PRODIVIAL

4.6.8. Problemática con el mapa de pendientes

Al hacer las consultas con estos criterios de selección son muy pocas las zonas que cumplen con ambos, especialmente con el criterio de las pendientes. Esto es debido a que la zona del Cañón del Chicamocha maneja pendientes muy pronunciadas y no hay casi zonas con pendientes suaves que sean inferiores al 25%.

Es por eso que para hacer la selección del corredor vial y por ende el trazado de las alternativas solo se tratará de trabajar con las zonas cuyo puntaje de aptitud total sea superior a 50.

5. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se presenta la manera como se plantearon y evaluaron las diferentes las alternativas propuestas para el trazado de la vía por el Cañón del Chicamocho.

Una vez obtenidos las zonas del corredor vial con mejor aptitud física de acuerdo a los criterios con que se obtuvo el mapa de aptitud total descritos en el capítulo anterior, se procedió a realizar la selección de las zonas por donde se quería pasar la carretera de acuerdo a los parámetros de aptitud de las zonas y de la topografía de la zona.

Se especificaron unos criterios técnicos preliminares para el trazado de las diferentes alternativas viales, de acuerdo a las especificaciones dadas para el alineamiento horizontal y vertical de las carreteras dados por el Instituto Nacional de Vías en su Manual de Diseño Geométrico versión de 1998. A pesar de que estos parámetros son usados para el diseño definitivo de los alineamientos, se tuvieron en cuenta para el trazado y evaluación de las líneas antepreliminares para las alternativas planteadas.

Al tener el trazado en planta y perfil de las líneas preliminares de las alternativas propuestas, se procedió a realizar una comparación de acuerdo a los criterios físicos de las zonas por donde pasan los trazados, mediante la intersección de estos alineamientos con los diferentes mapas temáticos utilizados para el análisis del corredor vial. De esta manera se pudo valorar las diferentes alternativas en cada uno de los temas usados en el análisis y así poder especificar en cual de estos aspectos temáticos se encontrarían

problemas y en cual de ellos las alternativas están trazadas por las zonas más aptas.

Finalmente se realizó una comparación mediante los criterios geométricos descritos en el capítulo 2 del presente libro, con los datos de los alineamientos horizontales y verticales de las diferentes alternativas que se encuentran consignados en la sección de Anexos al final de este libro. En este capítulo solo se consignan los resultados finales de estos análisis, los cálculos completos que se usaron para cada criterio son consignados en la sección de Anexos. Además se calcula de una manera muy preliminar los costos de construcción de cada alternativa, usando los costos por kilómetro que da el Instituto Nacional de Vías para las carreteras según el tipo de terreno.

5.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO VIAL

Para cualquier estudio de preinversión de un proyecto, es necesario realizar una justificación que permita estimar los beneficios económicos que se generen con la realización del proyecto. Esta justificación en cualquier estudio de preinversión esta dada por el Estudio de Mercado, cuyo objetivo es estimar la cuantía de los bienes o servicios que la comunidad estaría dispuesta a adquirir por determinado precio.

Para el caso de los proyectos viales el Estudio de Mercado se da mediante la estimación de la demanda que va a tener la vía proyectada utilizando Estudios de Tráfico. Los estudios y proyecciones de tráfico juegan un papel fundamental en la definición de las acciones necesarias para que una carretera se adapte a las necesidades del usuario. En los estudios de preinversión para proyectos de carreteras, las proyecciones de tráfico se utilizan para:

- Definir las normas técnicas óptimas de la construcción vial considerada y luego, optimizar el proyecto dentro de las normas utilizadas.
- Estimar los costos de operación vehiculares dependiendo de los niveles de servicio esperados de la vía, es decir de las velocidades medias de recorrido que resultan del tráfico.
- Estimar los costos de conservación de conservación de las carreteras, que varían en función de los volúmenes de tráfico.

5.1.1. Métodos para la estimación del Tráfico

Debido a la falta de información de los diferentes factores sociales, económicos y técnicos necesarios para hacer la estimación del tráfico para una vía nueva, se debió recurrir a realizar una analogía con una vía existente mediante modelos sencillos que permitan obtener una primera aproximación del número de vehículos que se esperan en la vía y así poder definir los diferentes parámetros para el trazado de las alternativas viales.

En este caso la vía por el Cañón del Chicamocha se encuentra enmarcada dentro del corredor vial entre Bucaramanga y los Llanos Orientales, por lo tanto la analogía se realizara con el corredor vial que actualmente se utiliza para hacer el recorrido entre estas regiones del País desde la Ciudad de Bucaramanga hasta la Ciudad de Yopal.

La información base para la realización de las metodologías de estimación del tráfico serán los conteos de tráfico realizados por el INVIAS en el año 2003 y consignados en su publicación Volúmenes de Tránsito 2003.

Para realizar la estimación preliminar de los volúmenes de tráfico que pueden pasar por la vía que se desea proyectar por el Cañón del Chicamocha, se desarrollaron dos tipos de metodologías.

La primera de estas metodologías consiste en calcular el tráfico de la vía como una ponderación por longitud de los TPDS (Tráfico Promedio Diario Semanal) de las diferentes vías del corredor existente. La segunda consiste en un Modelo Gravitacional que mediante las poblaciones de los Municipios y las distancias entre ellos, calcula un tráfico estimado para autos y camiones, mediante calibración de ecuaciones de tendencia.

5.1.1.1. Ponderación por Longitudes de Tramos. Mediante esta metodología, se calcula el tráfico para la vía proyectada, como la sumatoria de los productos del TPDS y la longitud de los diferentes tramos que componen el corredor vial existente y dividiendo esta suma en la longitud total de la vía como lo muestra la siguiente ecuación.

$$TP = \frac{\sum TPDS_i * L_i}{LT} \quad 5.1$$

Donde:

TP = tráfico ponderado para la vía en estudio

TPDS_i = tráfico promedio diario para el tramo i de la vía actual

L_i = longitud del tramo i de la vía actual

LT = longitud total de la vía actual

El corredor actual no se trabajó partiendo de la ciudad de Bucaramanga, debido a que en su Área metropolitana se generan muchos viajes de origen local que no son de interés para el análisis, por eso se trabajó partiendo desde el Municipio de Piedecuesta y llegando hasta la ciudad de Yopal. La información recopilada de la cartilla de Volúmenes de Transito 2003 del INVIAS se muestra en la Tabla 38. La información completa de las series históricas para estos tramos de vías se encuentra consignada en el Anexo A.

Tabla 38. Volúmenes de Tráfico para corredor existente

TRAMO	LONGITUD (KM)	TPDS	PORCENTAJE		VEHÍCULOS	
			AUTOS	CAMIONES	AUTOS	CAMIONES
Piedecuesta - Los Curos	10	4723	64	32	3023	1511
Los Curos - San Gil	70	2690	53	39	1426	1049
San Gil - Berlín	17	4391	63	31	2766	1361
Berlín - Socorro	7	3920	64	30	2509	1176
Socorro - Oiba	29	2419	57	35	1379	847
Oiba - Vado Real	28	2192	54	37	1184	811
Vado Real - Guepsa	27	2721	53	39	1442	1061
Guepsa - Barbosa	12	4650	74	20	3441	930
Barbosa - Moniquira	9	3619	75	20	2714	724
Moniquira - Arcabuco	24	3338	74	21	2470	701
Arcabuco - Sote	29	2745	67	29	1839	796
Sote - Tunja	14	2844	71	24	2019	683
Tunja - Mortiñal	11	9742	77	20	7501	1948
Mortiñal - Paipa	25	4357	58	36	2527	1569
Paipa - Duitama	14	8784	68	28	5973	2460
Duitama - La Ye	4	11147	73	17	8137	1895
La Ye - Sogamoso	15	6195	71	14	4398	867
Sogamoso - El Crucero	17	1152	63	28	726	323
El Crucero - Pajarito	74	355	34	58	121	206
Pajarito - Aguazul	33	371	35	53	130	197
Aguazul - Yopal	27	2980	71	20	2116	596

Fuente: Autores de la investigación.

Se reagruparon los tramos en sectores entre poblaciones importantes con el fin de facilitar los cálculos posteriores, calculando también el nuevo TPDS con una ponderación por longitudes. Los cálculos mostrados para el cálculo

del tráfico para la vía en estudio por el método de ponderación de longitudes con los tramos modificados se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39. Calculo de Tráfico por ponderación de longitudes de tramos

TRAMO	Li	TPDS _i	TPDS _i *L _i
Piedecuesta - San Gil	80	2944	235530
San Gil - Socorro	24	4254	102087
Socorro - Oiba	29	2419	70151
Oiba - Guepsa	55	2452	134843
Guepsa - Barbosa	12	4650	55800
Barbosa - Moniquira	9	3619	32571
Moniquira - Arcabuco	24	3338	80112
Arcabuco - Tunja	43	2777	119421
Tunja - Paipa	36	6002	216087
Paipa - Duitama	14	8784	122976
Duitama - Sogamoso	19	7238	137513
Sogamoso - Aguazul	124	469	58097
Aguazul - Yopal	27	2980	80460
TOTAL	496		1445648

Fuente: Autores de la investigación.

Dividiendo la sumatoria de TPDS_i*L_i sobre la longitud total de la vía obtenemos que una estimación para el tráfico de la vía en estudio dada en vehículos diarios es:

$$TPDS = 2914.613 \text{ vpd}$$

5.1.1.2. Modelo Gravitacional. A partir de este modelo se puede estimar el Tráfico Promedio Diario de la vía proyectada, involucrando variables de orden social como la población y de tipo físico como la separación que existe entre los centro poblados en los cuales esta enmarcado el proyecto.

Lo que se busca al aplicar el modelo al estudio que se esta realizando es determinar el trafico que va a tener la vía proyectada por el Cañón del

Chicamocha partiendo de una vía la cual consideramos tiene un comportamiento muy similar al que se espera que tenga el proyecto nuevo.

Los estudios que se han realizado analizando la distribución del tráfico en base a factores económicos y a factores que caracterizan la separación entre las zonas que comprometen el estudio, se ha encontrado que se ajustan a la formula de tipo gravitacional que se muestra a continuación:

$$V_{ij} = \frac{k * (P_i * P_j)^\alpha}{e^\beta} \quad 5.2$$

V_{ij} es un estimativo del tráfico entre las zonas i y j;

P_i y P_j son las poblaciones de las zonas i y j;

e_{ij} es una expresión de la separación entre las zonas i y j (Longitud);

k coeficiente de ajuste (Tasa de motorización);

α es la mitad de la elasticidad del tráfico con la población P;

β es la elasticidad del tráfico con la separación e;

k , α y β se determinan por ajuste estadístico sobre los datos disponibles de tráfico interregional existente.

Para poder aplicar el Modelo Gravitacional se determinaron las poblaciones de para el año 2003 de los centros poblados que conforman la red interregional de la vía que se desea ajustar con el modelo. En el caso del estudio que se está realizando corresponde a los Municipios por donde se

debe pasar actualmente si se desea ir a los Llanos Orientales. Dichas poblaciones involucradas en el estudio de tráfico son las que se presentan a continuación en la Tabla 40.

Para aplicar el modelo gravitacional es necesario hacer una discriminación del Tráfico Promedio Diario por la composición de autos y camiones. Esto con el fin de hacer el análisis por separado de estos dos tipos de vehículos para de esta forma poder modelar en diferentes modelos su comportamiento. A la hora de hacer estos análisis no se tienen en cuenta el aporte que dan los buses al Tráfico Promedio Diario ya que estos aportan a la red analizada muchos viajes interzonales y lo que se esta modelando es el comportamiento del Trafico interregional.

Tabla 40. Población de los Municipios involucrados en el Modelo de Tráfico al año 2003

MUNICIPIO	POBLACIÓN [Hab]
Piedecuesta	100687
San Gil	41975
Socorro	24047
Oiba	10538
Guepsa	6088
Barbosa	26935
Moniquira	23960
Arcabuco	4974
Tunja	124122
Paipa	27911
Duitama	118640
Sogamoso	158647
Pajarito	5731
Aguazul	23344
Yopal	83860

Fuente: Autores de la investigación.

En la Tabla 41 se muestran los tramos con los cuales se va a realizar el modelamiento, estos tienen su respectiva longitud, así como los volúmenes

para los autos y camiones para cada uno de los tramos que conforman la red actual hasta los Llanos Orientales.

Tabla 41. Volúmenes de vehículos para cada tramo modelado

TRAMO	Li	VOLÚMENES DE VEHICULOS	
		AUTOS	CAMIONES
Piedecuesta - San Gil	80	1625	1107
San Gil - Socorro	24	2691	1307
Socorro - Oiba	29	1379	847
Oiba - Guepsa	55	1311	934
Guepsa - Barbosa	12	3441	930
Barbosa - Moniquira	9	2714	724
Moniquira - Arcabuco	24	2470	701
Arcabuco - Tunja	43	1898	759
Tunja - Paipa	36	4047	1685
Paipa - Duitama	14	5973	2460
Duitama - Sogamoso	19	5186	1084
Sogamoso - Aguazul	124	976	725
Aguazul - Yopal	27	2116	596

Fuente: Autores de la investigación.

Con los datos presentados en las Tablas 40 y 41 son suficientes para aplicar el Modelo Gravitacional. Para obtener una buena correlación de los datos existentes con los datos calculados con el modelo, fue necesario realizar una linealización de la expresión que se tiene para aplicar el modelo.

La linealización consistió en sacar logaritmos a los tráficos que se tienen, al producto de las poblaciones y a la longitud de cada tramo, de ahí en adelante se trabaja la expresión en función del logaritmo.

A continuación se procede a realizar una regresión múltiple con el fin de determinar las constantes k , α y β partiendo de los datos existentes de los tráficos en cada tramo buscando que el Error Medio Cuadrático sea lo más pequeño posible.

Al aplicar la regresión múltiple para los datos de los autos se encontró que las constantes k , α y β más apropiadas son 1.56710, 0,38768 y 0,23208 respectivamente dando un Error Medio Cuadrático de 0.12568 y una correlación de 0.8191.

A continuación en la Tabla 42, se presentan los cálculos realizados para determinar las constantes del Modelo Gravitacional con los respectivos errores calculados.

Tabla 42. Aplicación del Modelo Gravitacional para los autos

TRAMOS	TPDS AUTOS	Pi * Pj	Li	LOG TPDS	LOG (Pi * Pj)	LOG Li	TPDS CALCULADO	ERROR
Piedecuesta - San Gil	1625	4226336825	80	3,21094	9,62596	1,90309	3,24717	0,00131
San Gil - Socorro	2691	1009372825	24	3,42995	9,00405	1,38021	3,40908	0,00044
Socorro - Oiba	1379	253407286	29	3,13951	8,40382	1,46240	3,27486	0,01832
Oiba - Guepsa	1311	64155344	55	3,11746	7,80723	1,74036	3,05672	0,00369
Guepsa - Barbosa	3441	163980280	12	3,53668	8,21479	1,07918	3,48329	0,00285
Barbosa - Moniquira	2714	645362600	9	3,43365	8,80980	0,95424	3,68269	0,06202
Moniquira - Arcabuco	2470	119177040	24	3,39272	8,07619	1,38021	3,26834	0,01547
Arcabuco - Tunja	1898	617382828	43	3,27825	8,79055	1,63347	3,24801	0,00091
Tunja - Paipa	4047	3464369142	36	3,60713	9,53962	1,55630	3,39050	0,04693
Paipa - Duitama	5973	3311361040	14	3,77620	9,52001	1,14613	3,63706	0,01936
Duitama - Sogamoso	5186	18821880080	19	3,71480	10,27466	1,27875	3,65223	0,00391
Sogamoso - Aguazul	976	4612661525	124	2,98959	9,66395	2,09342	3,18097	0,03663
Aguazul - Yopal	2116	1957627840	27	3,32552	9,29173	1,43136	3,42188	0,00929

Fuente: Autores de la investigación.

Después de tener las variables de calibración del modelo se procede a calcular el TPD de autos que tendrá el nuevo corredor propuesto, partiendo de la población de los dos polos de atracción del tráfico, como son las ciudades de Bucaramanga y Yopal y la distancia total que separa estas dos zonas por el nuevo corredor.

Las poblaciones de la ciudad de Bucaramanga y Yopal son 577437 habitantes y 83860 habitantes respectivamente, con una longitud de 481 Km.

Al aplicar estos datos al modelo se encuentra un Tráfico Promedio Diario de autos de 1326 vpd.

Al aplicar la regresión múltiple para los datos de los camiones se encontró que las constantes k , α y β más apropiadas son 1.67869, 0.27186 y 0.05230 respectivamente dando un Error Medio Cuadrático de 0.14531 y una correlación de 0.8078. A continuación en la Tabla 43, se presentan los cálculos realizados para determinar las constantes del Modelo Gravitacional con los respectivos errores calculados.

Tabla 43. Aplicación del Modelo Gravitacional para los camiones

TRAMOS	TPDS CAMIONES	Pi * Pj	Li	LOG TPDS	LOG (Pi * Pj)	LOG Li	TPDS CALCULADO	ERROR
Piedecuesta - San Gil	1107	4226336825	80	3,04410	9,62596	1,90309	3,00408	0,00160
San Gil - Socorro	1307	1009372825	24	3,11634	9,00405	1,38021	3,00001	0,01353
Socorro - Oiba	847	253407286	29	2,92770	8,40382	1,46240	2,93538	0,00006
Oiba - Guepsa	934	64155344	55	2,97027	7,80723	1,74036	2,85113	0,01419
Guepsa - Barbosa	930	163980280	12	2,96848	8,21479	1,07918	2,96401	0,00002
Barbosa - Moniquira	724	645362600	9	2,85962	8,80980	0,95424	3,04040	0,03268
Moniquira - Arcabuco	701	119177040	24	2,84571	8,07619	1,38021	2,91261	0,00448
Arcabuco - Tunja	759	617382828	43	2,88030	8,79055	1,63347	2,95436	0,00548
Tunja - Paipa	1685	3464369142	36	3,22650	9,53962	1,55630	3,02843	0,03923
Paipa - Duitama	2460	3311361040	14	3,39085	9,52001	1,14613	3,07555	0,09941
Duitama - Sogamoso	1084	18821880080	19	3,03503	10,27466	1,27875	3,12207	0,00758
Sogamoso - Aguazul	725	4612661525	124	2,86039	9,66395	2,09342	2,99234	0,01741
Aguazul - Yopal	596	1957627840	27	2,77525	9,29173	1,43136	3,02002	0,05991

Fuente: Autores de la investigación.

Después de tener las variables de calibración del modelo se procede a calcular el TPD de camiones que tendrá el nuevo corredor propuesto, partiendo de la población de los dos polos de atracción del tráfico, como son las ciudades de Bucaramanga y Yopal y la distancia total que separa estas dos zonas por el nuevo corredor.

Las poblaciones de la ciudad de Bucaramanga y Yopal son 577437 habitantes y 83860 habitantes respectivamente, con una longitud de 481 Km. Al aplicar estos datos al modelo se encuentra un Tráfico Promedio Diario de camiones de 1085 vpd.

De acuerdo a estos valores obtenidos para el Trafico Promedio Diario cabe decir que el volumen de trafico de la vía proyectada estará por encima de los 2500 vpd, ya que a los valores obtenidos para autos y camiones le hace falta sumar el aporte que dan los buses que realizan viajes interregionales.

5.1.2. Matriz Origen Destino de carga

Otro aspecto que puede tenerse en cuenta a la hora de justificar el proyecto vial a partir de datos de demanda de la vía, es el movimiento de carga que se puede dar en la misma. Para esto se cuenta con los datos de la Matriz Origen – Destino de toneladas transportadas en el País en el Año 2000. Con estos datos se puede tener un estimativo de la carga que se esta moviendo entre la zona de estudio.

Además del movimiento de carga que se presenta entre Santander y Casanare, es importante observar la cantidad de toneladas que se transportan entre los departamentos más desarrollados de la región de los Llanos Orientales con la Costa Atlántica, debido a que el nuevo corredor entre Bucaramanga y los Llanos también puede ser una alternativa para el transporte de carga de las zonas productivas de los Llanos que necesiten llevar sus productos a los Puertos del Atlántico y viceversa.

En las Tablas 44 y 45 se observa el movimiento de carga en toneladas anuales que se da en la zona de interés de acuerdo al Estudio de Origen y Destino realizado en el año 2000. Los datos completos de los orígenes y

destinos de las toneladas de carga en el país en el año 2000 se encuentran consignados en el Anexo B.

Tabla 44. Toneladas anuales con destino Llanos Orientales

		DESTINO			
		Casanare	Arauca	Meta	TOTAL
ORIGEN	REGIÓN				
	Santander	18888	10398	35785	65071
	Atlántico	12862	-	17820	30682
	Bolívar	5480	1716	29480	33676
	Cesar	4631	-	8306	12937
	Córdoba	163	-	695	858
	Magdalena	29760	-	6674	36434
	Guajira	4353	-	7413	11766
TOTAL	76137	12114	106173	194424	

Fuente: Autores de la investigación.

Tabla 45. Toneladas anuales con origen Llanos Orientales

		ORIGEN			
		Casanare	Arauca	Meta	TOTAL
DESTINO	REGIÓN				
	Santander	28645	17659	4640	50944
	Atlántico	38575	-	58651	97226
	Bolívar	2987	-	5151	8138
	Cesar	291	-	-	291
	Córdoba	3355	-	29606	32961
	Magdalena	3561	-	13538	17099
	Guajira	-	-	4169	4196
TOTAL	77414	17659	115755	210828	

Fuente: Autores de la investigación.

Según lo mostrado en las Tablas 44 y 45, el moviendo de carga que se encontró entre las regiones en estudio en el año 2000 es considerable y amerita estudios más profundos, para determinar con mayor exactitud la carga que se moverá a través del nuevo corredor.

5.1.3. Demanda de la vía

De acuerdo a los estudios preliminares de tráfico realizados se puede estimar que el Tráfico Promedio Diario (TPD) para el proyecto del corredor integral entre Bucaramanga y los Llanos Orientales puede estar en un rango entre 2000 y 3000 vehículos por día, para el año 2003.

Hay que resaltar que este tráfico es solo una analogía a un tráfico de una vía existente la cual se puede asemejar a las condiciones y características de la vía nueva.

Para determinar el tráfico para la vida útil del es necesario hacer proyecciones de este trafico, teniendo en cuenta factores socio-económicos que determinen mas exactamente la cantidad de trafico atraído y generado que se dará con el desarrollo de este proyecto, y las tasas de crecimiento anuales de los mismos.

5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REQUERIDAS

Para realizar el trazado de los ejes antepreliminares de las diferentes alternativas para la vía por el Cañón del Chicamocha, se deben tener en cuenta ciertos criterios técnicos dados por el tráfico que se estimo para la vía y por el nivel de servicio esperado para la misma.

Estas especificaciones, deben estar acordes con el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías. No se estudiaran todos los aspectos necesarios en el diseño del trazado, sino aquellos que se consideren de mayor importancia para obtener un trazado adecuado que pueda servir como base para los diseños posteriores.

5.2.1. Clasificación de la vía

De acuerdo al tráfico que se estimo en las secciones anteriores y al objetivo de integración regional que se busca entre los departamentos de Santander con los de los Llanos Orientales, en inclusive de los Departamentos de la Costa Atlántica con los de los Llanos mediante el corredor integral del que hace parte la vía por el Cañón del Chicamocha, es necesario que la vía tenga las características e importancia que actualmente tiene una vía de la red vial nacional.

Es por eso que dentro de la clasificación por competencia debe ser una carretera nacional que este a cargo de INVIAS y según su función debe ser de primer orden debido que esta servirá como medio de integración para centros principales de producción y consumo de la economía del país.

Por la escasez de recursos que hay en el país y por la dificultad que presenta trazar una vía de mayor tamaño, se asumirá que esta se proyectara para tener las mismas características de la calzada que las otras vías que integran el corredor entre Bucaramanga y los Llanos Orientales, es decir que se proyectara como una vía de una calzada.

En resumen la vía por el Cañón del Chicamocha se proyectara para ser una carretera Principal de una Calzada.

5.2.2. Velocidad de Diseño

De acuerdo al tipo de carretera que se desea proyecta, y al tipo de terreno que predomina en la zona, se tiene que la velocidad de diseño para la carretera puede estar en los rangos dados por la Tabla 46, según la sección 3.1.3.1 del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVIAS.

Tabla 46. Velocidades de Diseño según el Tipo de Carretera y Tipo de Terreno

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Kilómetros/hora)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
CARRETERA PRINCIPAL DE DOS CALZADAS	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
CARRETERA PRINCIPAL DE UNA CALZADA	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
CARRETERA SECUNDARIA	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
CARRETERA TERCIARIA	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

Paras las carreteras principales de una calzada en terrenos escarpados, se tiene que la velocidad de diseño debe estar entre rangos de 60 a 80 Kilómetros por hora. De acuerdo a las condiciones de transito y al tipo de terreno también se puede establecer unos rangos para la velocidad de diseño según especificaciones de la AASHTO, como lo muestra la Tabla 47.

Tabla 47. Velocidades de Diseño según condiciones e transito y tipo de Terreno

Tipo de Terreno	Condiciones de Transito		
	TPD < 500	500 < TPD < 2000	TPD > 2000
Escarpado	40	40	60-80
Montañoso	50	60	80-100
Ondulado	60	80	100-120
Plano	70	100	-

Fuente: Autores de la investigación.

Para las carreteras en terrenos escarpados y con TPD mayor a 2000 se tiene que el rango de velocidades de diseño debe estar entre 60 y 80 Kilómetros por hora.

De acuerdo a las condiciones anteriores, y al nivel de dificultad que representa el trazado de las vías en terrenos tan abruptos como el Cañón del Chicamocha, se optara por escoger el valor mínimo del rango admisible para la velocidad de diseño, es decir 60 Km/h.

5.2.3. Alineamiento Horizontal

Para el trazado del alineamiento horizontal de las antepreliminares de las diferentes alternativas, se trabajara con las especificaciones dadas en la sección 3.3 del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVIAS, las cuales serán descritas en secciones posteriores del presente libro.

5.2.4. Alineamiento Vertical

Para el trazado del alineamiento vertical de las antepreliminares de las diferentes alternativas, se trabajara con las especificaciones dadas en la sección 3.4 del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVIAS, las cuales serán descritas en secciones posteriores del presente libro.

5.3. TRAZADO DE LÍNEAS DE PENDIENTES

El primer paso para realizar el planteamiento de las alternativas viales es trazar líneas de pendientes que unan los puntos de inicio y llegada del proyecto vial.

Este trazado debe estar en lo posible en la dirección de la línea recta imaginaria que una los dos puntos.

Debido a la problemática que se tuvo con el mapa de pendientes, en donde no fue posible hacer una selección de una zona óptima que cumpliera los criterios de pendientes transversales del terreno, fue necesario hacer el trazado de las líneas de pendientes mediante otra metodología, que se describe a continuación.

5.3.1. Visualización de mapa de aptitud total

En una vista nueva de Arcview se cargo el mapa de Aptitudtotal1 generado en la sección 4.6.6 del presente libro. Se seleccionaron las zonas que cumplieran con las condiciones de aptitud total, es decir aquellas cuyo puntaje fuera mayor de 50.

Esta selección representa aquellas zonas que son físicamente más favorables para el trazado de la vía, en los aspectos físicos, ambientales y sociales analizados en el diseño del corredor vial que se realizó en el capítulo 4 del presente libro.

5.3.2. Visualización de topografía de la zona

Para poder trazar las líneas de pendientes más adecuadas, fue necesario en la misma vista visualizar la topografía de la zona de estudio.

Se creó un nuevo shape a partir de las curvas de nivel cada 50 metros que se obtuvieron de la cartografía de la zona utilizada para la realización del modelo digital en tres dimensiones expuesto en la sección 3.2 del presente libro.

Se hizo un recorte de esta información con los límites de la zona donde se realizó el análisis del corredor vial y se superpuso esta información topográfica sobre el mapa de aptitud total para poder trazar las alternativas viales con criterios de puntaje total de aptitud de las zonas y con pendientes adecuadas entre las curvas de nivel.

5.3.3. Selección de corredores óptimos para el trazado de líneas de pendientes

Al hacer la visualización de las zonas con mejor aptitud y la topografía de la zona, se pudo observar cuales eran las zonas por donde podría ser posible trazar los alineamientos.

Debido a lo escarpado del terreno, sería muy difícil hacer trazados por las partes altas de montaña, ya que se necesitarían pendientes muy fuertes o realizar trazados muy extensos para poder vencer los desniveles del terreno.

Es por esto que la zona por la cual se facilita más realizar los trazados en términos de alineamientos horizontales y verticales es la parte baja del Cañón del Río Chicamocha, realizando un recorrido que bordee el río por su margen derecho.

A pesar de que en esta zona no se presentan los rangos más altos del puntaje de aptitud, si se encuentran puntajes entre los rangos que se asumieron como aceptables para el diseño del corredor, es decir, mayores que 50.

5.3.3.1. Pendientes a utilizar. Para las especificaciones de la vía que se desea trazar, se deben trazar líneas de pendientes que estén acordes a las especificaciones del Instituto Nacional de Vías.

Para el tipo de carretera principal de una calzada que se desea diseñar, y con la velocidad de diseño deseada de 60 Kilómetros, en donde la mayoría del terreno es montañoso o escarpado como se observa en el mapa de pendientes, se recomienda utilizar en la mayor parte del trazado de la línea de pendientes el 8% como pendiente máxima para los sitios donde se requiera vencer los desniveles del terreno.

5.3.3.2. Trazado de líneas de pendientes para las alternativas más viables. Como se mencionó en la sección 5.3.3, para el trazado de las líneas de pendientes se tuvo en cuenta tanto las zonas de mejor aptitud total como la topografía del terreno visualizada en las curvas de nivel.

Con la pendiente máxima recomendada de 8%, se trato de unir los puntos de inicio de la vía del proyecto (Cercanías del puente sobre el río Chicamocha en el sector Pescadero, en la vía entre Bucaramanga y San Gil), y el punto final de la vía del proyecto (Cercanías del río Servita en la vía entre Capitanejo y San José de Miranda), en los tramos donde se necesitaba vencer los desniveles del terreno.

Para el trazado de las líneas de pendientes se tuvo en cuenta que en los sitios donde era necesario vencer desniveles con una pendiente máxima de 8%, entre curva y curva de nivel se debía recorrer como mínimo una distancia de 625 metros, debido a que la diferencia de elevaciones entre curvas de nivel es de 50 metros.

Por la complejidad de la topografía de la zona, existen ciertos lugares por donde no fue posible, con la escala de la información topográfica disponible, realizar los trazados más adecuados con las líneas de pendientes del 8%; por esto en algunos tramos de las líneas de pendientes fue necesario aumentar un poco la pendiente hasta valores de hasta el 12%. Para estos tramos con excesos de pendientes, la distancia mínima que se debía recorrer entre curva y curva de nivel es de 416.67 metros.

5.3.4. Cruces de corrientes de agua

Al hacer el trazado de las líneas de pendientes de las diferentes alternativas, las cuales servirán como base para el trazado de las líneas antepreliminares de las mismas, se observó que se deben tener en cuenta el cruce sobre cinco corrientes de agua importantes.

Estos cruces se dan sobre los siguientes ríos y quebradas:

- Río Manco
- Quebrada Perchiquez
- Río Guaca
- Río Negro
- Río Servita

La selección de los sitios de ponteadero para estos cruces de estas corrientes de agua, requiere un análisis más detallado que esta fuera del alcance de esta investigación, y que puede cambiar totalmente la orientación de los alineamientos de la carretera.

5.4. TRAZADO DE ANTEPRELIMINARES MEDIANTE EL USO DE LA HERRAMIENTA EAGLE POINT

Como siguiente paso para la definición de las alternativas, se debe trazar una línea antepreliminar para cada una de estas. Esta línea antepreliminar debe ajustarse lo más que se pueda a la línea de pendientes trazada anteriormente para cada alternativa.

La línea antepreliminar, representa el primer bosquejo de lo que llegara a convertirse en el eje vial del proyecto. Es necesario definir criterios de diseño básico para el alineamiento horizontal y vertical de estas preliminares y hacer una evaluación de las mismas para decidir cual de ellas es llevada a estudios posteriores más precisos que definirán la las características y diseños definitivos del eje vial.

Para realizar el trazado de la línea antepreliminar de cada alternativa, se utilizo la herramienta para el diseño geométrico de carreteras Eagle Point 97, la cual esta basada en el programa de dibujo de precisión para planos AutoCAD R14.

Para cada alternativa se manejo un proyecto independiente de Eagle Point, llamándolos respectivamente Alternativa1, Alternativa2 y Alternativa3, creándose en el directorio C:\EAGLE, un directorio donde se almacenaría el archivo de dibujo de AutoCAD base para cada proyecto y la información que resulta de los procesos que se llevaran a cabo en la herramienta Eagle Point; el nombre de estos directorios son respectivamente ALT1, ALT2 y ALT3. Los archivos de AutoCAD base de dibujo para cada uno de los proyectos debían contener la topografía de la zona de estudio y la línea de pendiente de cada alternativa y serán llamados respectivamente ALT1, ALT2 y ALT3.

5.4.1. Interpolación de topografía aledaña a las alternativas

Como primer paso para poder obtener una topografía aproximada en las cercanías de los ejes viales fue necesario realizar una interpolación de la topografía existente cada 50 metros.

Se trabajo interpolando las curvas de nivel en la herramienta Eagle Point 97, cada 2 metros. Es necesario aclarar que esta topografía interpolada no es de precisión, por lo tanto puede generar perfiles del terreno y secciones transversales al eje que no se ajusten a la realidad. Solamente se buscara tener una primera idea de las pendientes que se podrán manejar en el alineamiento vertical.

5.4.1.1. Trazado de límites para la interpolación. Debido a la cantidad de información que se manejara con curvas de nivel cada 2 metros, no es posible trabajar con la toda la topografía del área de estudio, porque tendría mucha dificultad el manejo de los archivos por su tamaño.

Es por eso que previamente a que se generaran los respectivos proyectos de Eagle Point para cada alternativa, fue necesario hacer un recorte de la información topográfica en los planos base de AutoCAD de cada alternativa.

Para esto fue necesario en cada archivo base generar un límite alrededor de la línea de pendiente, y hacer un corte de las curvas de nivel con respecto a este límite. De esta manera los archivos base de dibujo de cada proyecto, resultan de un tamaño mejor, y su manipulación resulta más sencilla.

5.4.1.2. Generación del modelo TIN. Para poder interpolar las curvas de nivel cada 2 metros, es necesario realizar un modelo de superficie en Eagle Point tipo TIN (Red Irregular de Triángulos).

Par realizar este modelo es necesario señalarle al programa un límite dentro del cual se quiere realizar el modelo y un rango de elevaciones entre las cuales tiene la interpolación topográfica.

Para este caso las elevaciones de la zona de estudio, siempre se encontraban entre los 500 m.s.n.m en las partes más bajas del Cañón del río Chicamocha en el Municipio de Cepitá y los 4400 m.s.n.m. en las partes más altas de las montañas del Municipio de Guaca.

Debido a que la topografía fue cortada alrededor de las líneas de pendientes, no era necesario colocar este valor tan alto para la elevación máxima, pero se dejó por seguridad.

Al definir el rango de las elevaciones y el límite en donde va a realizar el modelo TIN, se le debe decir al programa que genere el modelo a partir de las polilíneas que representan las curvas de nivel cada 50 metros que se traían en el archivo base de dibujo.

5.4.1.3. Generación de curvas de nivel interpoladas. A partir del modelo TIN, se debe generar en el programa Eagle Point las curvas de nivel cada 2 metros. Estas curvas de nivel deben ser creadas como elementos tipo polilínea.

5.4.2. Prediseño en Planta de Antepreliminares

El siguiente paso para la definición de las alternativas es hacer el trazado del alineamiento horizontal de las tres alternativas propuestas. El alineamiento de las líneas antepreliminares debe estar en lo posible en la dirección de la línea de pendientes, pero sin utilizar tantos cambios de dirección o PI.

Este alineamiento se realizó mediante alineamientos rectos más largos que los utilizados en la línea de pendientes, conectados por curvas circulares simples, de radios que varían para ajustar de una manera adecuada el alineamiento a las condiciones del terreno y a la línea de pendientes.

Este nivel de precisión en el planteamiento de los alineamientos mediante rectas y curvas circulares simples, se debe al nivel de detalle que se espera de este estudio de prefactibilidad, por lo tanto no se trabajaron para el alineamiento horizontal con curvas espiralizadas y tampoco se trabajó la transición de peralte en las curvas.

Por el nivel de detalle de la información cartográfica y de precisión en los estudios, es muy probable que los alineamientos horizontales cambien. El objeto del trazado de las alternativas consiste en definir la orientación general de los alineamientos y estudiar por donde es más conveniente hacer el trazado de acuerdo a criterios técnicos, teniendo así una base para posteriores estudios y diseños con mayor nivel de precisión.

5.4.2.1. Condiciones de diseño. Para hacer el trazado y diseño de los alineamientos horizontales se tuvo en cuenta los criterios principales para el diseño de estos alineamientos según el Instituto Nacional de Vías. Estos criterios fueron adoptados en la mayor parte de cada uno de los trazados antepreliminares, sin embargo en algunos sitios por la complejidad de la topografía, fue necesario bajar un poco estas especificaciones.

En estudios posteriores, para el análisis de los alineamientos horizontales de las alternativas que sean viables y del eje definitivo de la carretera, se deben tener en cuenta aspectos como son el peralte en las curvas circulares, el uso de curvas de transición espiralizadas para entrar y salir de las curvas

circulares simples, la transición de peraltado entre el bombeo de la calzada en las partes rectas hasta el máximo peralte en la curva circular que se realiza en la longitud de transición de peraltado que puede estar dada por la misma longitud de la espiral, los sobrecanchos en las curvas, y la distancia de visibilidad en las curvas horizontales. Las condiciones que se tuvieron en cuenta fueron las mencionadas a continuación.

Radios de curvatura mínimos. Para adoptar las especificaciones que son requeridas por el tipo de carretera que se desea proyectar, es necesario adoptar radios mínimos de curvatura que aseguren condiciones mínimas de seguridad en marcha ante las condiciones de estabilidad al deslizamiento que se presentan por la fuerza centrífuga que experimentan los vehículos en las curvas. Las condiciones para los radios mínimos están dadas por el Instituto Nacional de Vías en la sección 3.3.2.3 del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, y se muestran en la Tabla 48.

Tabla 48. Radios Mínimos según Velocidad de Diseño

VELOCIDAD ESPECIFICA (Kilómetros/h)	PERALTE MÁXIMO RECOMENDADO (%)	FRICCIÓN LATERAL (f máx.)	FACTOR e + f	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
30	8.0	0.180	0.260	27.26	30.00
40	8.0	0.172	0.252	49.95	50.00
50	8.0	0.164	0.244	80.68	80.00
60	8.0	0.157	0.237	119.61	120.00
70	8.0	0.149	0.22	168.48	170.00
80	7.5	0.141	0.216	233.30	235.00
90	7.0	0.133	0.203	314.18	315.00
100	6.5	0.126	0.191	413.25	415.00
110	6.0	0.118	0.178	535.26	535.00
120	5.5	0.110	0.170	687.19	690.00
130	5.0	0.100	0.150	887.14	890.00
140	4.5	0.094	0.139	1110.29	1100.00
150	4.0	0.087	0.127	1395.00	1400.00

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

Como se puede observar para la velocidad de diseño que se trabajara para la carretera de 60 Kilómetros/h, se deben trabajar con radios de curvatura mínimos para las curvas circulares de 120 metros. En algunos sectores de los alineamientos de las diferentes alternativas no fue posible trabajar con estos radios y fue necesario, en algunos casos bajar los radios a 70 metros. De acuerdo a esto deben estudiarse alternativas específicas para resolver este tipo de inconvenientes como el trazado de túneles o puentes cortos que puedan desviar el alineamiento y evitar los problemas de seguridad que generan estos radios de curvatura pequeños.

Entretangencias recomendadas. Otro aspecto que se trato de tener en cuenta en el trazado de los alineamientos, pero que no tienen tanta importancia son las entretangencias mínimas que deben haber entre dos curvas consecutivas, para asegurar una zona de transición y acomodación de los conductores de los vehículos para pasar de una curva a otra.

En el caso de contar con curvas de transición espiralizadas para las curvas circulares simples, la longitud de estas espirales da la transición adecuada entre las curvas, pero para la unión de alineamientos rectos por curvas circulares simples se debe tener en cuenta una longitud mínima de alineamiento recto entre dos curvas, dependiendo si son de diferente sentido o el mismo sentido para terrenos planos.

Según la sección 3.3.1.4 del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías, para alineamientos en terrenos ondulados, montañosos o escarpados, las condiciones para las entretangencias entre curvas de mismo y diferente sentido son iguales y deben cumplir la condición que entre dos curvas circulares simples debe haber como mínimo una distancia recta igual a la recorrida en 5 segundos transitando a la velocidad de diseño. Las entretangencias mínimas recomendadas en terrenos

montañosos para diferentes velocidades de diseño son mostradas en la Tabla 49.

Tabla 49. Entretangencia recomendada según Velocidad de Diseño

VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	ENTRETANGENCIA RECOMENDADA (m)
30	41,67
40	55,56
50	69,44
60	83,33
70	97,22
80	111,11
90	125,00
100	138,89
110	152,78
120	166,67
130	180,56
140	194,44
150	208,33

Fuente: Autores de la investigación.

Como se puede observar para la velocidad de diseño que se trabajara para la carretera de 60 Kilómetros/h, se deben trabajar con entretangencias mínimas entre curvas de 83.33 metros.

En algunos sectores de los alineamientos de las diferentes alternativas no fue posible trabajar con estas entretangencias. En los casos que sean curvas del mismo sentido se debe tratar de modificar los alineamientos en las etapas de diseño para convertir estas curvas en una sola. En los casos de las curvas de diferente sentido, también es necesario realizar modificaciones a los alineamientos reduciendo los ángulos de deflexión de las curvas, para así reducir las tangentes de las mismas y quede más espacio para entretangencia. Estas modificaciones deben estudiarse en etapas posteriores

del proyecto en donde se cuente con cartografía más detallada y se diseñen los alineamientos por tramos más cortos.

5.4.2.2. Trazado de alineamiento horizontal o línea de tránsito de alternativas. Como se mencionó anteriormente, se plantearon tres alternativas para el trazado de la carretera por el Cañón del río Chicamocha. Una breve descripción de los alineamientos horizontales de estas alternativas se muestra a continuación:

- *Alternativa 1:* Esta alternativa tiene una longitud total de 78.46 Kilómetros. Inicia en el kilómetro 13.35 del tramo entre el Sector Los Curos y el puente sobre el río Chicamocha en el sector de Pescadero de la vía que de Bucaramanga conduce a San Gil. y finaliza en el kilómetro 5.83 de la vía entre Capitanejo y San José de Miranda. El radio mínimo que se encuentra en el alineamiento de esta alternativa es de 80 metros. La descripción detallada del alineamiento horizontal de la alternativa 1 se encuentra en el Anexo C del presente libro.
- *Alternativa 2:* Esta alternativa tiene una longitud total de 65.79 Kilómetros. Inicia en el kilómetro 13.76 del tramo entre el Sector los Curos y el puente sobre el río Chicamocha en el sector de Pescadero de la vía que de Bucaramanga conduce a San Gil. y finaliza en el kilómetro 5.68 de la vía entre Capitanejo y San José de Miranda. El radio mínimo que se encuentra en el alineamiento de esta alternativa es de 80 metros. La descripción detallada del alineamiento horizontal de la alternativa 2 se encuentra en el Anexo E del presente libro.
- *Alternativa 3:* Esta alternativa tiene una longitud total de 66.51 Kilómetros. Inicia en el kilómetro 14.00 del tramo entre el Sector los Curos y el puente sobre el río Chicamocha en el sector de Pescadero de la vía que de

Bucaramanga conduce a San Gil. y finaliza en el kilómetro 6.02 de la vía entre Capitanejo y San José de Miranda. El radio mínimo que se encuentra en el alineamiento de esta alternativa es de 70 metros. La descripción detallada del alineamiento horizontal de la alternativa 3 se encuentra en el Anexo G del presente libro.

5.4.3. Prediseño en Perfil de Antepreliminares

El siguiente paso para la definición de las alternativas es hacer el trazado del alineamiento vertical de las tres alternativas propuestas. Para esto es necesario obtener el perfil del terreno sobre los alineamientos horizontales de las diferentes alternativas y trazar las líneas rasantes de la vía con pendientes adecuadas de acuerdo a las especificaciones de la vía.

La línea rasante es una combinación de alineamientos rectos con una pendiente específica, conectados por curvas verticales parabólicas, que pueden ser cóncavas o convexas, dependiendo de la combinación de las pendientes de entrada y salida de la curva.

Debido a la escala de trabajo y a la precisión esperada del estudio, el alineamiento vertical de las alternativas al igual que el horizontal puede cambiar significativamente de acuerdo a las condiciones topográficas que se encuentren en el terreno y al planteo de soluciones más convenientes para encarar accidentes topográficos de difícil acceso.

Es por eso que los alineamientos verticales que se obtengan para las alternativas solo darán una idea de las pendientes que se pueden esperar para el trazado del alineamiento definitivo para la vía, el cual debe ser estudiado más profundamente en estudios posteriores con información a una escala más conveniente y realizando el diseño sectorizado por tramos cortos.

5.4.3.1. Condiciones de diseño. Para hacer el trazado y diseño de los alineamientos horizontales se tuvo en cuenta los criterios principales para el diseño de estos alineamientos según el Instituto Nacional de Vías. Estos criterios fueron adoptados en la mayor parte de cada uno de los trazados antepreliminares, sin embargo en algunos sitios por la complejidad de la topografía, fue necesario bajar un poco estas especificaciones.

En estudios posteriores, para el análisis de los alineamientos verticales de las alternativas que sean viables y del eje definitivo de la carretera, se deben tener en cuenta aspectos como son los carriles de ascenso, la distancia de visibilidad en curvas verticales, longitudes críticas en las pendientes y la coordinación con el alineamiento horizontal. Las condiciones que se tuvieron en cuenta fueron las mencionadas a continuación.

Pendientes Máximas. De acuerdo a las características del terreno y a la velocidad de diseño, se pueden vencer los desniveles del terreno con pendientes que se ajusten al mismo. Las pendientes máximas que se le pueden dar a una vía serán aquellas que conjugando los factores de topografía del terreno y tránsito esperado para la vía, permitan obtener los menores costos de construcción y operación para los vehículos.

Las condiciones para las pendientes máximas están dadas por el Instituto Nacional de Vías en la sección 3.4.2 del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, y se muestran en la Tabla 50.

Como se puede observar en esta tabla para la velocidad de diseño que se trabajará para la carretera de 60 Kilómetros/h, el tipo de terreno entre montañoso y escarpado, y el tipo de vía principal de una calzada que se plantea en este trabajo, se deben trabajar con pendientes máximas para la rasante de la vía de 8%.

Tabla 50. Pendientes Máximas según velocidad de Diseño

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Kilómetros/hora)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
CARRETERA PRINCIPAL DE DOS CALZADAS	Plano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
CARRETERA PRINCIPAL DE UNA CALZADA	Plano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
CARRETERA SECUNDARIA	Plano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
CARRETERA TERCIARIA	Plano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 1998

En algunos sectores de los alineamientos de las diferentes alternativas no fue posible trabajar con estas pendientes y fue necesario, en algunos casos aumentar las pendientes hasta 12%. De acuerdo a esto deben estudiarse alternativas específicas para resolver este tipo de inconvenientes como el trazado de túneles o puentes cortos que puedan evitar la subida a ciertos sitios de difícil acceso y evitar los problemas de operación para los vehículos que generan las pendientes elevadas.

Longitud de curvas verticales. La longitud de una curva vertical debe estar dada por el parámetro K, que para una determinada velocidad, condiciones óptimas de visibilidad y drenaje, y esta dada por la siguiente expresión según la sección 3.4.2 del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras 3.4.4.4 del Instituto Nacional de Vías:

$$L = K * i$$

5.3

Donde:

L = longitud de la curva vertical en metros.

K = factor que establece las condiciones óptimas de visibilidad y drenaje en m/%.

i = diferencia algebraica de pendientes en %.

Podemos obtener los valores óptimos de K para curvas cóncavas y convexas de la Tabla 51.

Tabla 51. Valores de K para curvas verticales según velocidad de diseño

VELOCIDAD DE DISEÑO (Kilómetros/h)	VISIBILIDAD MÍNIMA DE FRENADO (m)	VALORES DE K REDONDEADOS	
		CV CONVEXA	CV CÓNCAVA
40	40	4	7
50	60	9	12
60	70	12	15
70	90	20	20
80	110	30	25
100	160	64	39
120	220	120	56

Fuente: Autores de la investigación.

Con estos valores de K se pueden calcular las diferentes longitudes de curvas verticales para cada una los PIV dependiendo de la diferencia algebraica de pendientes de entrada y salida, y del tipo de curva. Para la

velocidad de diseño se tiene que los valores de K para curvas convexas debe ser de 12 y para curvas cóncavas de 15.

En la mayoría de las curvas verticales se cumplió con este parámetro, solo en la alternativa 3 se presentaron algunas que tuvieron valores de curvas verticales menores a los que se obtienen haciendo los cálculos por la tabla, debido a que eran sitios donde se necesitaba cambiar de pendiente en tramos muy cortos, y por eso fue necesario colocar curvas verticales de longitudes menores a las de las especificaciones.

5.4.3.2. Obtención de perfil del terreno de antepreliminares. Antes de poder realizar el trazado de las líneas de rasante es necesario obtener el perfil del terreno por donde pasa el alineamiento vertical. Esta labor fue realizada mediante el software Eagle Point.

5.4.3.3. Trazado de alineamiento vertical o línea de rasante de alternativas. Se realizó el trazado de las líneas rasantes teniendo como base el perfil del terreno obtenido para cada alternativa, tratando en lo posible de seguir las especificaciones dadas anteriormente para pendientes máximas y longitudes de curvas verticales. En este trazado de la rasante había que tener en cuenta los cruces sobre las corrientes de agua mencionadas en la sección 5.3.4 del presente libro, en donde es necesario que las pendientes de la rasante en estos sitios fuera de 0% sobre los puentes. Las pendientes mínimas que se usaron en todos los trazados están dadas por el drenaje de la vía y serán de 0.5%. Una breve descripción de los alineamientos verticales que se plantearon se muestra a continuación.

- *Alternativa 1:* Esta alternativa tiene una longitud total de 78.46 Kilómetros. La elevación del punto de inicio es de 588.22 metros y la del punto final es de 1041.08 metros. La pendiente máxima que se maneja es de 11.8%

en algunos sectores. La descripción detallada del alineamiento vertical de la alternativa 1 se encuentra en el Anexo D del presente libro.

- *Alternativa 2:* Esta alternativa tiene una longitud total de 65.79 Kilómetros. La elevación del punto de inicio es de 558 metros y la del punto final es de 1039.34 metros. La pendiente máxima que se maneja es de 9.9% en algunos sectores. La descripción detallada del alineamiento vertical de la alternativa 1 se encuentra en el Anexo F del presente libro.
- *Alternativa 3:* Esta alternativa tiene una longitud total de 66.51 Kilómetros. La elevación del punto de inicio es de 550 metros y la del punto final es de 1040.96 metros. La pendiente máxima que se maneja es de 9.4% en algunos sectores. La descripción detallada del alineamiento vertical de la alternativa 1 se encuentra en el Anexo H del presente libro.

5.5. EVALUACIÓN DE TRAZADO DE ANTEPRELIMINARES POR CRITERIOS FÍSICOS DE LA ZONA

Una vez obtenido el alineamiento horizontal y vertical de las diferentes alternativas, se procedió a realizar una evaluación de las mismas de acuerdo a las zonas por donde pasa el trazado, utilizando los mapas temáticos, las categorías encontradas en los mismos y sus respectivos puntajes; esto con el objeto de conocer cual de las alternativas tiene mejor aptitud en cada uno de los temas que se analizaron en el diseño del corredor vial.

Primero se deben cargar los alineamientos horizontales de cada una de las alternativas trazadas en etapas anteriores dentro de la herramienta PRODIVIAL, para luego realizar una consulta en la misma herramienta de las longitudes de afectación de las clases de cada uno de los mapas temáticos, y

mediante una ponderación de los puntajes de las clases con las longitudes encontradas de las mismas en las alternativas, se puede obtener un puntaje total de la cada alternativa para cada uno de los temas utilizados.

De esta manera se puede observar cual alternativa tiene mejor aptitud dentro de cada mapa temático y tener una primera evaluación de las mismas con criterios físicos de las zonas por donde pasa.

5.5.1. Cargar temas de trazado horizontal de alternativas en la herramienta PRODIVIAL

El primer paso necesario para realizar esta evaluación fue cargar dentro de la herramienta los temas correspondientes a las alternativas a evaluar.

Debido a que el trazado de estas alternativas se realizó por fuera de la herramienta PRODIVIAL, fue necesario convertir estos alineamientos en formatos que sean admitidos por la herramienta.

Los alineamientos horizontales trazados con ayuda de la herramienta Eagle Point dentro de los archivos base de dibujo de AutoCAD de cada proyecto con que se trabajo las alternativas, fueron copiados y pegados en otros archivos de AutoCAD con las mismas coordenadas del archivo de origen. Estos nuevos archivos se guardaron en formato de AutoCAD R12 .dxf.

Posteriormente estos archivos se cargaron en la herramienta PRODIVIAL y se convirtieron al formato shape de Arcview, para poder se manejados dentro de la herramienta.

A continuación se procedió a poner en edición estos nuevos temas creados para los alineamientos para así poder copiar el elemento tipo línea que se

encuentra dentro del tema. Una vez copiado, se procede a crear las alternativas viales que servirán para el análisis dentro de PRODIVIAL.

Para crear las alternativas viales dentro de la herramienta se debe buscar en el menú ANÁLISIS VIAL la opción *Generar Alternativa*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta.

Una vez aplicada esta opción, aparece una pantalla donde se le pide al usuario de especifique el ancho de la zona de afectación a cada lado de la vía, pero para el análisis que se realiza en este trabajo, esto no tiene relevancia.

Posteriormente se le solicita al usuario que especifique el nombre del tema que guardara la alternativa y la ubicación de los archivos.

Los nombres usados para estos temas fueron respectivamente Alt1, Alt2 y Alt3 para cada una de las alternativas que serán objeto de estudio; estos archivos se almacenaron en el directorio que la herramienta usa para guardar los archivos generados, es decir, en C:\PRODIVIAL\proyectos\apr\temp.

Al especificar esta información en la vista de trabajo de la herramienta aparece el nuevo tema en forma editable.

En este punto el paso normal a seguir sería trazar el alineamiento con la herramienta de trazar polilínea de Arcview, pero como los alineamientos que se desean evaluar ya se encuentran trazado y copiado el elemento como se explico anteriormente, lo único que se debe hacer es pegar el elemento copiado que tiene la información precisa del alineamiento diseñado en etapas anteriores.

Una vez copiado el elemento, se desactiva el modo editable del tema y de esta manera tenemos cargado en la herramienta el alineamiento horizontal de la alternativa.

Este procedimiento es necesario realizarlo para cada una de las tres alternativas planteadas.

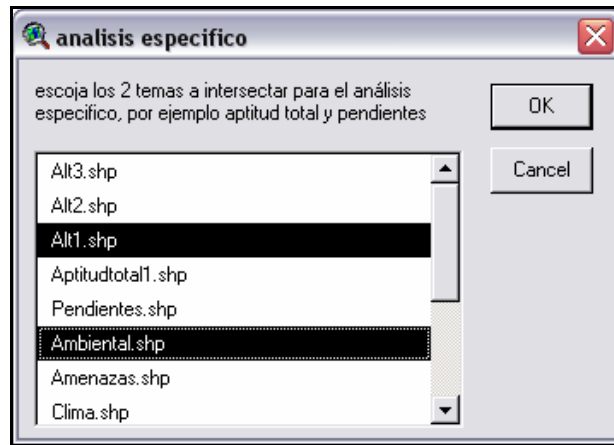
5.5.2. Intersección de diversos mapas temáticos con líneas antepreliminares

Una vez cargadas las alternativas es necesario la intersección de las mismas con los diversos mapas temáticos, el mapa de aptitud total y el mapa de pendientes, de la misma manera que se hizo la intersección de los temas de aptitud total y pendientes descrito en la sección 4.6.7 del presente libro.

Para realizar la intersección de los temas correspondientes a los mapas temáticos con las alternativas, se debe buscar en el menú ANÁLISIS VIAL la opción *Intersectar temas para análisis específico*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta.

Al escoger esta opción se despliega una ventana donde se debe seleccionar el tema de la alternativa a intersectar y el tema del mapa temático con el cual se desee hacer la intersección, por ejemplo se selecciona el tema de la alternativa Alt1 con el tema del mapa temático ambiental, como se muestra en la Figura 52.

Figura 52. Ventana para la selección de mapa y alternativa a intersectar



Fuente: Imagen tomada la ventana de Intersectar temas para análisis específico de la herramienta PRODIVIAL

Para cada intersección se crea un nuevo tema tipo línea que se guarda en el directorio C:\PRODIVIAL\proyectos\apr\temp, con el nombre combinado de las cuatro primeras letras del nombre del archivo de la alternativa y el mapa que se intersectaron, para el caso del ejemplo que se mostró el archivo se llamara Alt1&Ambi.shp. Este proceso es necesario realizarlo para todas las combinaciones de las 3 alternativas con los mapas temáticos, el mapa de aptitud total y el mapa de pendiente.

En este momento el alineamiento queda dividido en elementos de acuerdo a las diferentes zonas de las clases que este atraviere dentro del mapa temático. Para una mejor visualización de estas zonas se puede clasificar el mapa de acuerdo al campo que tiene el nombre de la clase.

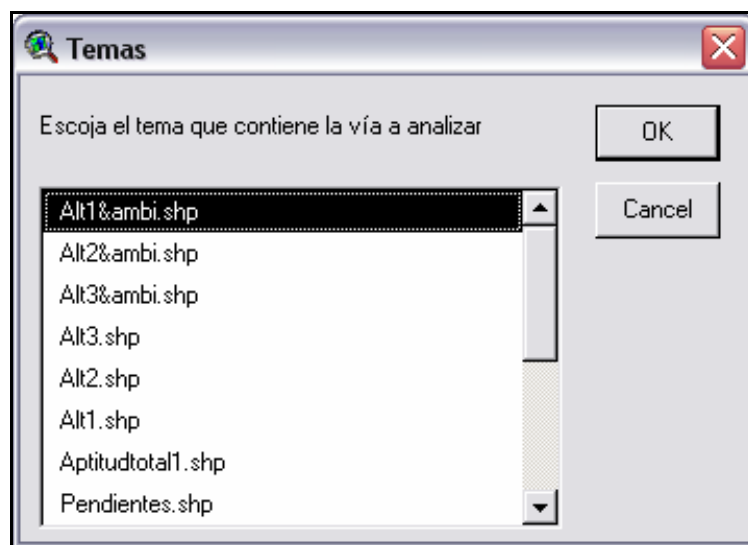
5.5.3. Consultas de longitudes de afectación de clases de cada mapa temático en alternativas.

Luego de realizar la intersección de las tres alternativas con los mapas temáticos, se procedió a realizar las consultas de las diferentes clases de los

mapas y las longitudes de los tramos de las vías que corresponden a las respectivas clases del mapa. Para esto es necesario realizar la consulta sobre los nuevos temas creados de las intersecciones entre los mapas y las alternativas como se explicó en la sección 5.5.3 del presente libro.

Para realizar la intersección de los temas correspondientes a los mapas temáticos con las alternativas, se debe buscar en el menú ANÁLISIS VIAL la opción *Atributos por longitud de vía*, o el botón correspondiente a este proceso en la barra de botones de la herramienta. Al seleccionar esta opción la herramienta muestra un cuadro de dialogo para seleccionar el temas en el cual se quiere hacer la consulta, en este caso se seleccionan los temas creados para las intersecciones entre las alternativas y los mapas temáticos, el mapa de aptitud total y el mapa de pendientes, como se muestra en la Figura 53 para el ejemplo que se mencionó anteriormente para la intersección entre la Alternativa 1 y el mapa temático Ambiental.

Figura 53. Ventana para la selección del tema a consultar

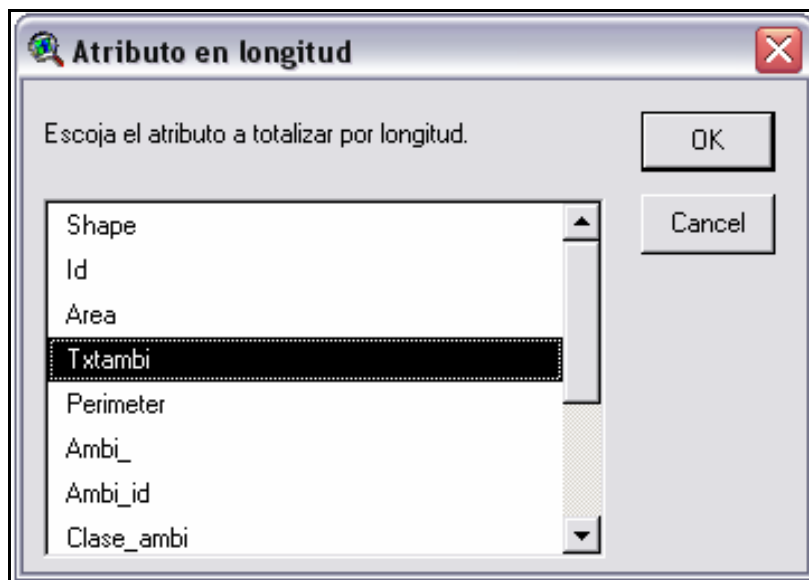


Fuente: Imagen tomada la ventana de Atributos por longitud de vía de la herramienta PRODIVIAL

Al seleccionar el tema, también se debe especificar cual es el campo que contiene el atributo con el que se desea hacer las consultas por longitud para las alternativas. Para el caso de los mapas temáticos, este será el campo Txt****, que contiene el nombre de las clases temáticas, para el mapa de aptitud total será el campo Total, que tiene el puntaje total del elemento del corredor vial y para el mapa de pendientes será el campo rango, que contiene el valor asignado para cada intervalos de pendientes.

Una muestra de la ventana de selección para el ejemplo que se mencionó anteriormente de la intersección del mapa de la alternativa 1 con el mapa temático ambiental se muestra en la Figura 54.

Figura 54. Ventana para la selección del atributo para realizar la consulta



Fuente: Imagen tomada la ventana de Atributos por longitud de vía de la herramienta PRODIVIAL

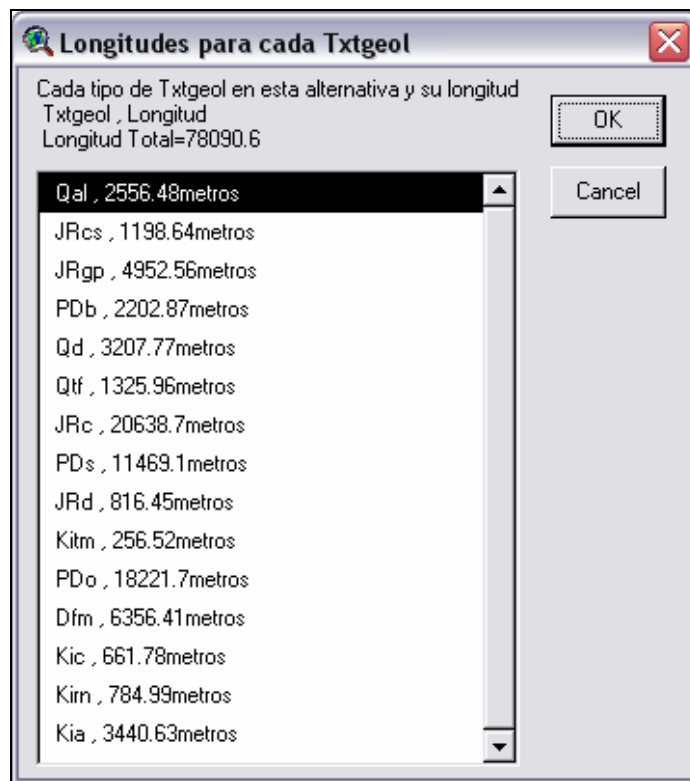
Una vez especificados estos datos, la herramienta despliega una ventana de información en donde se observan los resultados por longitud para cada una

de las clases del tema que se encuentran dentro del alineamiento de la alternativa con que se realizó la intersección. Este proceso se realizó para las intersecciones entre las tres alternativas y los diferentes mapas temáticos, el mapa de aptitud total y el mapa de pendientes. A continuación se muestran las ventanas de resultados de las consultas de longitudes por clases temáticas de estas intersecciones entre cada mapa temático en las tres alternativas planteadas.

5.5.3.1. Geología. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa temático Geología, son mostradas en las Figuras 55, 56 y 57 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 55. Resultado por longitud del Mapa Temático Geología Alternativa 1



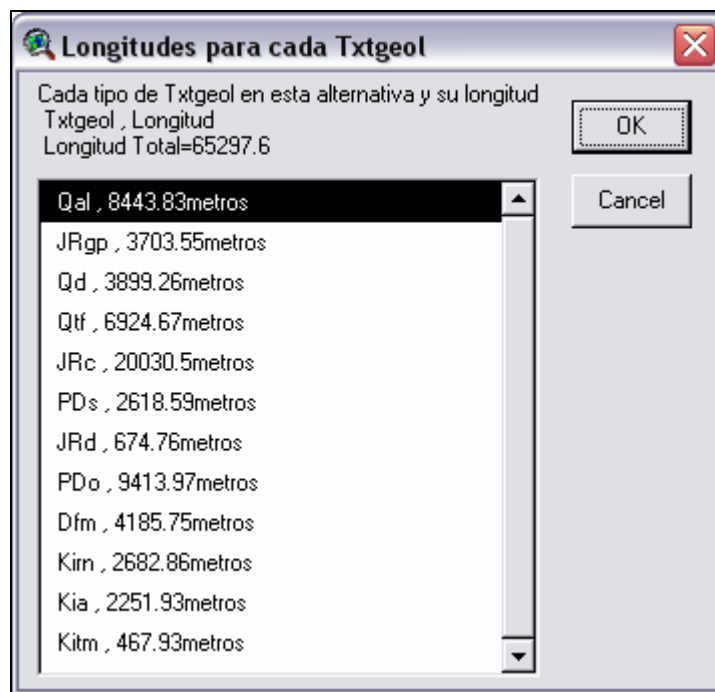
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las formaciones conformadas por Cuarzomonzonita Santa Bárbara (JRc) con 20.64 Kilómetros, Rocas Metamórficas u Ortoneis (PDo) con 18.22 Kilómetros y la formación Silgara (PDs) con 11.47 Kilómetros.

Estas clases geológicas tienen puntajes de ponderación altos lo cual hace que en la mayor parte del trazado de las alternativas se encuentren suelos de excelentes características portantes para servir como subrasante para la vía.

- *Alternativa2:*

Figura 56. Resultado por longitud del Mapa Temático Geología Alternativa 2



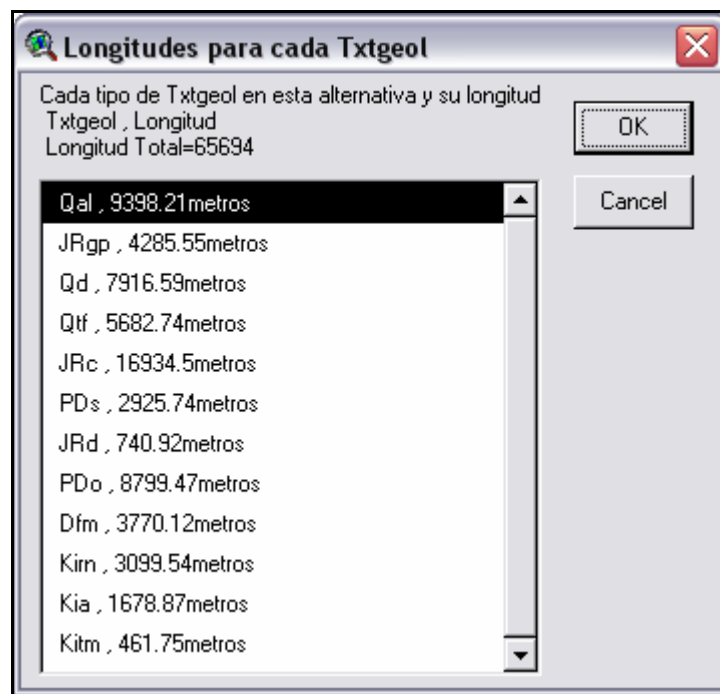
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las formaciones conformadas por Cuarzomonzonita Santa Bárbara (JRc) con 20.03 Kilómetros, Rocas Metamórficas u Ortoneis (PDo) con 9.41 Kilómetros y los depósitos aluviales (Qal) con 8.44 Kilómetros.

Estas clases geológicas tienen puntajes de ponderación altos lo cual hace que en la mayor parte del trazado de las alternativas se encuentren suelos de excelentes características portantes para servir como subrasante para la vía.

- *Alternativa3:*

Figura 57. Resultado por longitud del Mapa Temático Geología Alternativa 3



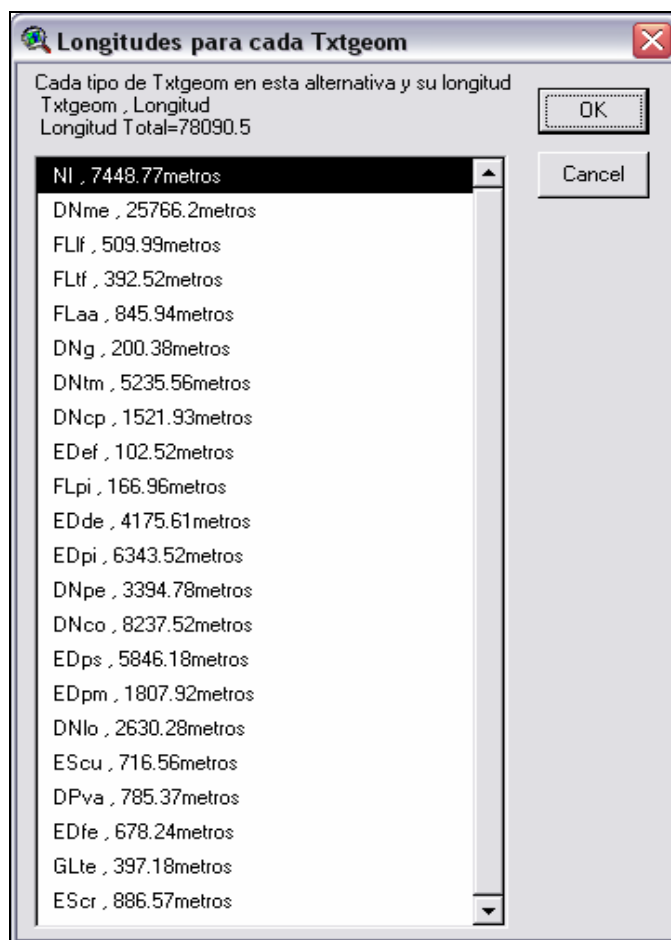
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las formaciones conformadas por Cuarzomonzonita Santa Bárbara (JRc) con 16.93 Kilómetros, Rocas Metamórficas u Ortoneis (PDo) con 8.79 Kilómetros y los depósitos aluviales (Qal) con 9.4 Kilómetros. Estas clases geológicas tienen puntajes de ponderación altos lo cual hace que en la mayor parte del trazado de las alternativas se encuentren suelos de excelentes características portantes para servir como subrasante para la vía.

5.5.3.2. Geomorfología. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa temático Geomorfología, son mostradas en las Figuras 58, 59 y 60 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 58. Resultado por longitud del Mapa Temático Geomorfología Alternativa 1



Cada tipo de Txtgeom en esta alternativa y su longitud	
Txtgeom	Longitud
Longitud Total=78090.5	
NI	7448.77metros
DNme	25766.2metros
FLlf	509.99metros
FLtf	392.52metros
FLaa	845.94metros
DNg	200.38metros
DNtm	5235.56metros
DNcp	1521.93metros
EDef	102.52metros
FLpi	166.96metros
EDde	4175.61metros
EDpi	6343.52metros
DNpe	3394.78metros
DNco	8237.52metros
EDps	5846.18metros
EDpm	1807.92metros
DNlo	2630.28metros
EScu	716.56metros
DPva	785.37metros
EDfe	678.24metros
GLte	397.18metros
EScr	886.57metros

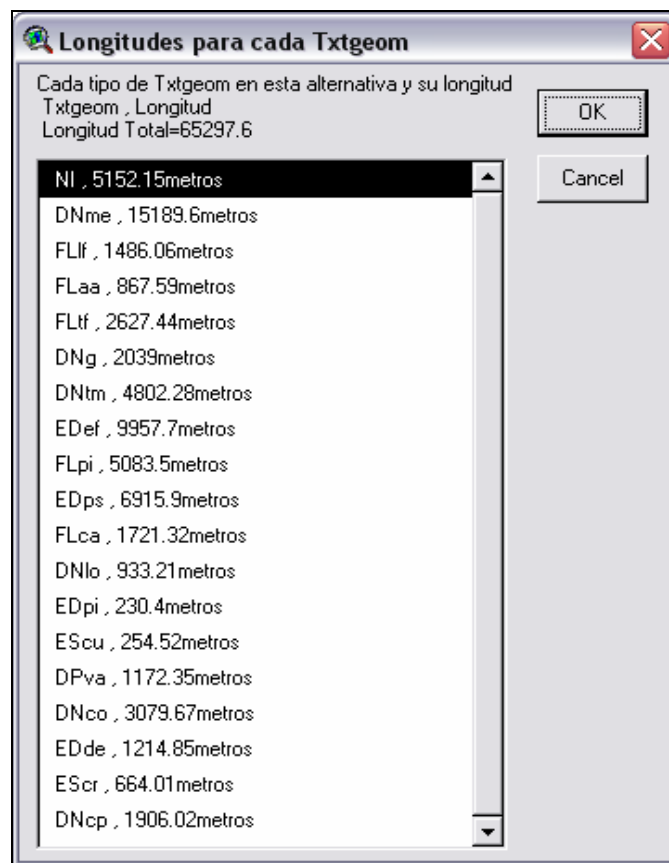
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las estructuras geomorfológicas de Montañas y Escarpes de origen Denudacional (DNme) con 25.76 Kilómetros, Colinas de origen Denudacional (DNco) con 8.23 Kilómetros y Pendientes Irregulares de origen Estructural-Denudacional (EDpi) con 6.34 Kilómetros.

Estas clases geomorfológicas tienen puntajes de ponderación bajos lo cual hace que en la mayor parte del trazado de las alternativas se encuentren suelos propensos a sufrir deslizamientos por la complejidad de la forma del paisaje que se refleja en la baja cobertura vegetal, lo cual puede llevar a que se presenten fenómenos de deslizamientos.

- *Alternativa 2:*

Figura 59. Resultado por longitud del Mapa Temático Geomorfología Alternativa 2



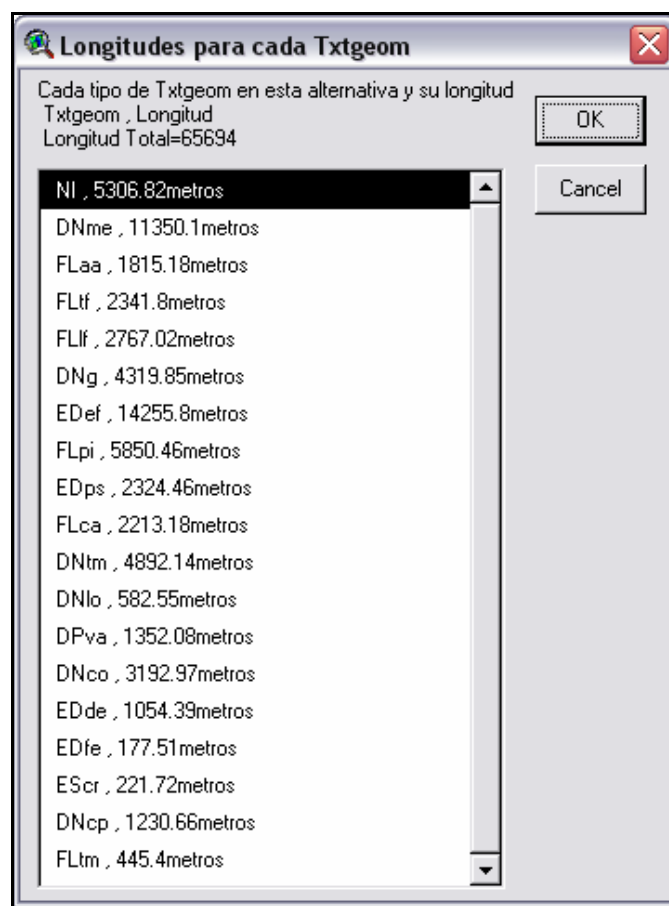
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las estructuras geomorfológicas de Montañas y Escarpes de origen Denudacional (DNme) con 15.19 Kilómetros, Escarpes de Falla de origen Estructural-Denudacional (EDef) con 9.95 Kilómetros y Pendientes Irregulares Suaves de origen Estructural-

Denudacional (EDps) con 6.92 Kilómetros. Estas clases geomorfológicas tienen puntajes de entre medios y bajos lo cual se tiene que la alternativa pasa por diferentes tipos de formaciones estructurales, que en la mayoría de los casos propenden a fenómenos de deslizamientos, por las pendientes complejas y la escasez de cobertura vegetal.

- *Alternativa 3:*

Figura 60. Resultado por longitud del Mapa Temático Geomorfología Alternativa 3



Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las estructuras geomorfológicas de Montañas y Escarpes de origen Denudacional (DNme) con 11.35 Kilómetros, Escarpes de Falla de origen Estructural-Denudacional (EDef) con 14.26

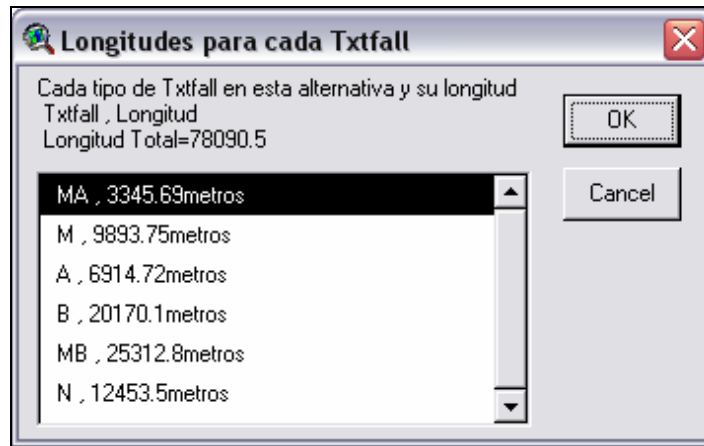
Kilómetros y Planicies de Inundación de origen Fluvial (Flpi) con 5.85 Kilómetros.

Estas clases geomorfológicas tienen puntajes de bajos lo cual hace que en la mayor parte del trazado de las alternativas se encuentren suelos propensos a sufrir deslizamientos por la complejidad de la forma del paisaje que se refleja en la baja cobertura vegetal, lo cual puede llevar a que se presenten fenómenos de deslizamientos.

5.5.3.3. Fallas. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa temático Fallas, son mostradas en las Figuras 61, 62 y 63 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 61. Resultado por longitud del Mapa Temático Fallas Alternativa 1



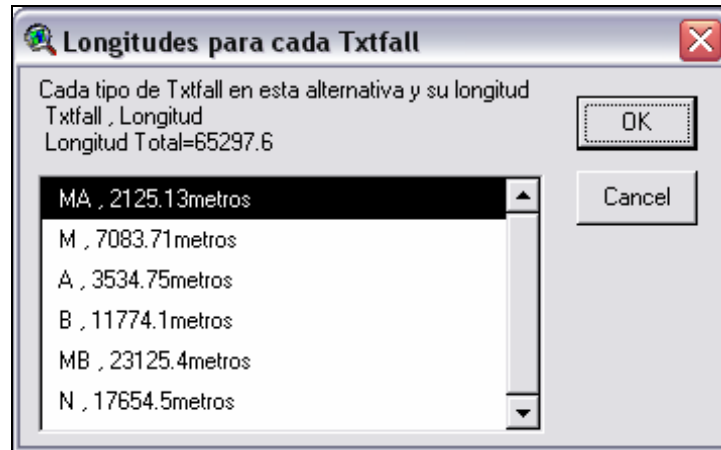
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las zonas de Amenaza Sísmica Muy Baja (MB) con 25.31 Kilómetros, zonas de Amenaza Sísmica Baja (B) con 20.17 Kilómetros y zonas de Amenaza Sísmica Nula (N) con 12.45 Kilómetros. Estas clases de amenazas sísmicas tienen ponderaciones muy altas, por lo

tanto en la mayoría del trayecto de la alternativa no se presentarán problemas por fenómenos sísmicos que afecten la estabilidad de la banca.

- *Alternativa 2:*

Figura 62. Resultado por longitud del Mapa Temático Fallas Alternativa 2



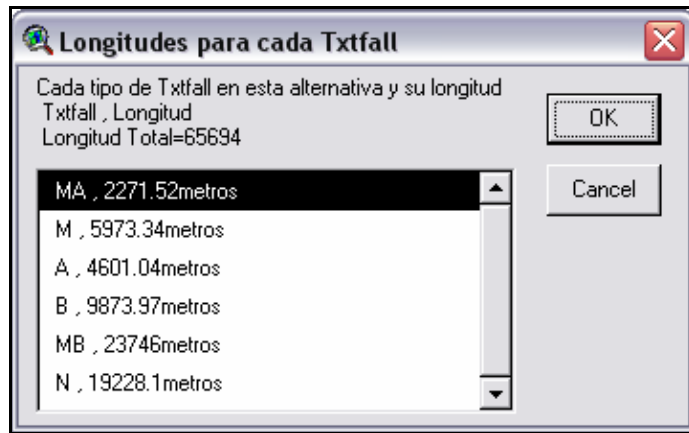
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las zonas de Amenaza Sísmica Muy Baja (MB) con 23.13 Kilómetros, zonas de Amenaza Sísmica Baja (B) con 11.74 Kilómetros y zonas de Amenaza Sísmica Nula (N) con 17.65 Kilómetros.

Estas clases de amenazas sísmicas tienen ponderaciones muy altas, por lo tanto en la mayoría del trayecto de la alternativa no se presentarán problemas por fenómenos sísmicos que afecten la estabilidad de la banca.

- *Alternativa 3:*

Figura 63. Resultado por longitud del Mapa Temático Fallas Alternativa 3



Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

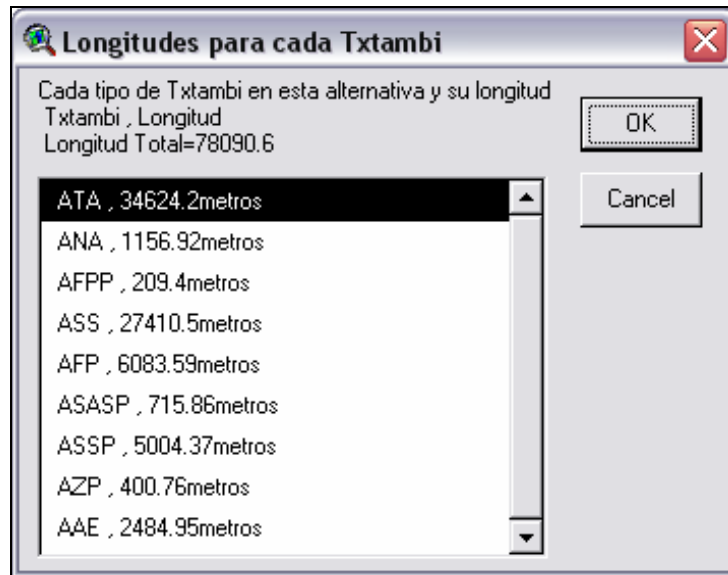
Para esta alternativa predominan las zonas de Amenaza Sísmica Muy Baja (MB) con 23.74 Kilómetros, zonas de Amenaza Sísmica Baja (B) con 9.87 Kilómetros y zonas de Amenaza Sísmica Nula (N) con 19.23 Kilómetros.

Estas clases de amenazas sísmicas tienen ponderaciones muy altas, por lo tanto en la mayoría del trayecto de la alternativa no se presentarán problemas por fenómenos sísmicos que afecten la estabilidad de la banca.

5.5.3.4. Ambiental. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa temático Ambiental, son mostradas en las Figuras 64, 65 y 66 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 64. Resultado por longitud del Mapa Temático Ambiental Alternativa 1



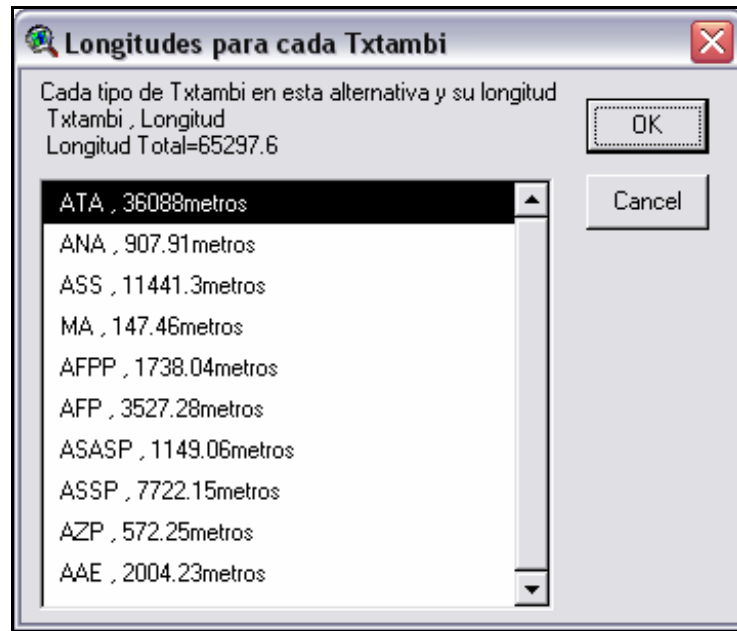
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las zonas ambientales de Áreas con tendencia a la aridez (ATA) con 34.62 Kilómetros, Áreas agropecuarias semi-intensivas (ASS) con 27.41 Kilómetros y Áreas forestales protectoras (N) con 6.08 Kilómetros.

Estas clases ambientales tienen variados niveles de ponderación, pero la que tiene mayor longitud (ATA), es un ecosistema estratégico que se encuentra desprovisto de vegetación natural y en el cual se deben adelantar planes de recuperación ambiental.

- *Alternativa 2:*

Figura 65. Resultado por longitud del Mapa Temático Ambiental Alternativa 2



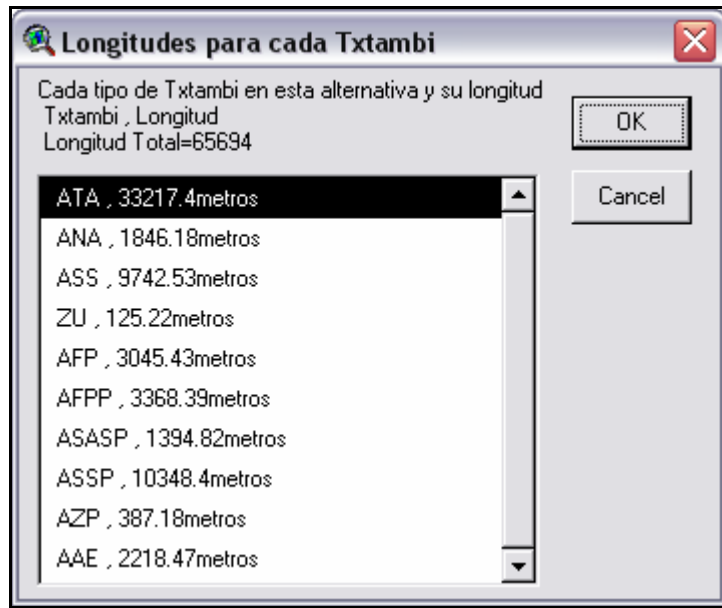
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las zonas ambientales de Áreas con tendencia a la aridez (ATA) con 36.09 Kilómetros, Áreas agropecuarias semi-intensivas (ASS) con 11.44 Kilómetros y Áreas pasa sistemas silvopastoriles (ASSP) con 7.72 Kilómetros.

Estas clases ambientales tienen variados niveles de ponderación, pero la que tiene mayor longitud (ATA), es un ecosistema estratégico que se encuentra desprovisto de vegetación natural y en el cual se deben adelantar planes de recuperación ambiental.

- *Alternativa 3:*

Figura 66. Resultado por longitud del Mapa Temático Ambiental Alternativa 3



Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las zonas ambientales de Áreas con tendencia a la aridez (ATA) con 33.21 Kilómetros, Áreas agropecuarias semi-intensivas (ASS) con 9.74 Kilómetros y Áreas para sistemas silvopastoriles (ASSP) con 10.35 Kilómetros.

Estas clases ambientales tienen variados niveles de ponderación, pero la que tiene mayor longitud (ATA), es un ecosistema estratégico que se encuentra desprovisto de vegetación natural y en el cual se deben adelantar planes de recuperación ambiental.

5.5.3.5. Amenazas. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa temático Amenazas, son mostradas en las Figuras 67, 68 y 69 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 67. Resultado por longitud del Mapa Temático Amenazas Alternativa 1

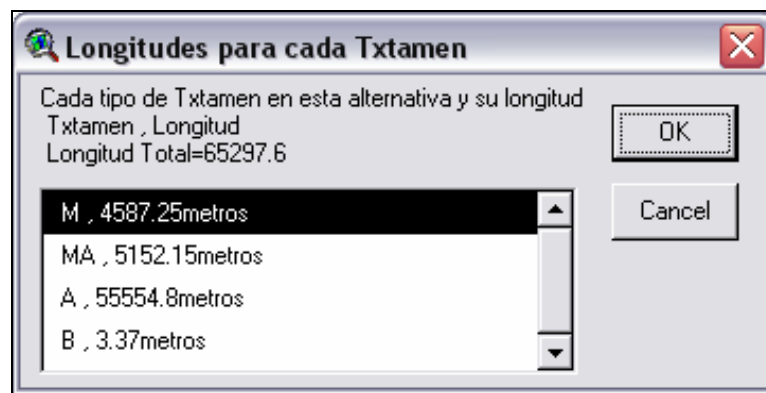


Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predomina las zona de Amenaza por Movimientos de Remoción en Masa Alta (A) con 65.81 Kilómetros. Estas clases tienen valores muy bajos de ponderación, lo cual indica que se encuentran en áreas de riesgo para la infraestructura vial y para los usuarios, por fenómenos de deslizamientos, caídos de roca, etc. Estas condiciones tan severas están dadas por las altas pendientes transversales de la zona y por la escasa cobertura vegetal de los suelos.

- *Alternativa 2:*

Figura 68. Resultado por longitud del Mapa Temático Amenazas Alternativa 2

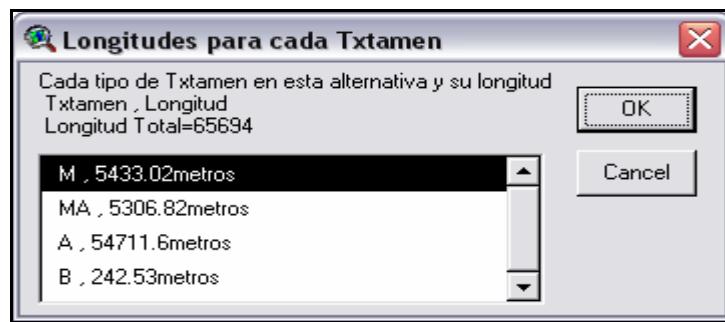


Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predomina la zona de Amenazas por Movimientos de Remoción en Masa Alta (A) con 55.55 Kilómetros. Estas clases tienen valores muy bajos de ponderación, lo cual indica que se encuentran en áreas de riesgo para la infraestructura vial y para los usuarios, por fenómenos de deslizamientos, caídos de roca, etc. Estas condiciones tan severas están dadas por las altas pendientes transversales de la zona y por la escasa cobertura vegetal de los suelos.

- *Alternativa 3:*

Figura 69. Resultado por longitud del Mapa Temático Amenazas Alternativa 3



Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

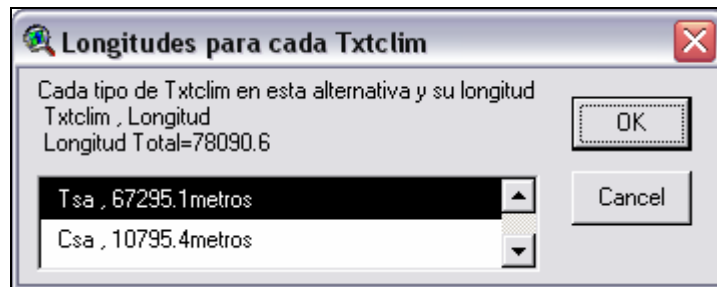
Para esta alternativa predomina las zona de Amenaza por Movimientos de Remoción en Masa Alta (A) con 54.71 Kilómetros. Estas clases tienen valores muy bajos de ponderación, lo cual indica que se encuentran en áreas de riesgo para la infraestructura vial y para los usuarios, por fenómenos de deslizamientos, caídos de roca, etc.

Estas condiciones tan severas están dadas por las altas pendientes transversales de la zona y por la escasa cobertura vegetal de los suelos.

5.5.3.6. Clima. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa temático Clima, son mostradas en las Figuras 70, 71 y 72 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 70. Resultado por longitud del Mapa Temático Clima Alternativa 1

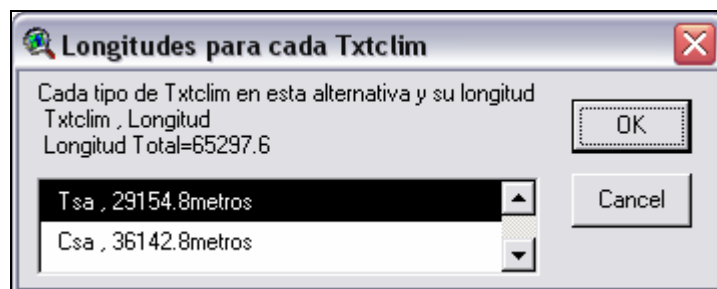


Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predomina las zona climática Templado semiárido (Tsa) con 67.29 Kilómetros. Esta clase es una de las que tiene mejores puntajes de ponderación por estar en una zona con clima agradable que le brindan comodidad al usuario de la vía y con precipitaciones bajas que favorecen la estabilidad de la banca y los taludes que conforman las secciones transversales y previenen fenómenos de avalanchas e inundaciones en las corrientes de agua que atraviesan la carretera.

- *Alternativa 2:*

Figura 71. Resultado por longitud del Mapa Temático Clima Alternativa 2



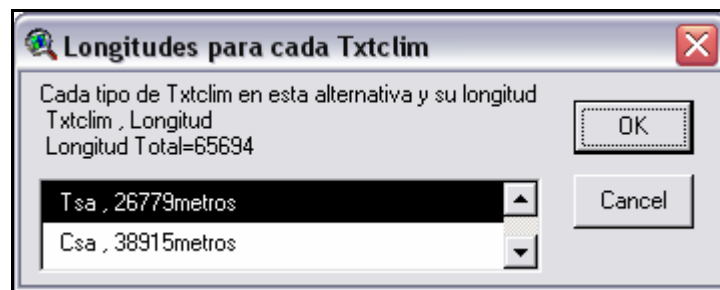
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa se encuentra en su totalidad las zonas climáticas Templado semiárido (Tsa) con 29.15 Kilómetros y Cálido semiárido (Csa) con 36.14 Kilómetros.

Estas clases son de las que tienen mejores puntajes de ponderación por estar en una zona con clima agradable que le brindan comodidad al usuario de la vía y con precipitaciones bajas que favorecen la estabilidad de la banca y los taludes que conforman las secciones transversales y previenen fenómenos de avalanchas e inundaciones en las corrientes de agua que atraviesan la carretera.

- *Alternativa 3:*

Figura 72. Resultado por longitud del Mapa Temático Clima Alternativa 3



Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa se encuentra en su totalidad las zonas climáticas Templado semiárido (Tsa) con 26.78 Kilómetros y Cálido semiárido (Csa) con 38.92 Kilómetros.

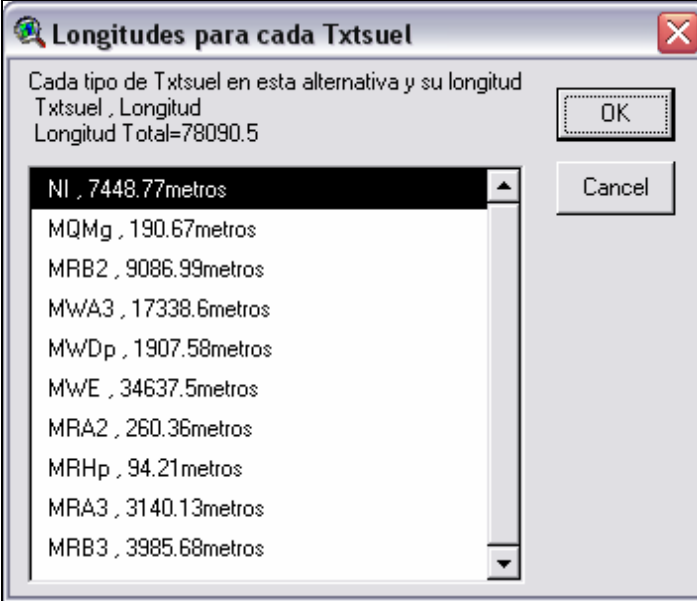
Estas clases son de las que tienen mejores puntajes de ponderación por estar en una zona con clima agradable que le brindan comodidad al usuario de la vía y con precipitaciones bajas que favorecen la estabilidad de la banca y los taludes que conforman las secciones transversales y previenen

fenómenos de avalanchas e inundaciones en las corrientes de agua que atraviesan la carretera.

5.5.3.7. Suelos. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa temático Suelos, son mostradas en las Figuras 73, 74 y 75 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 73. Resultado por longitud del Mapa Temático Suelos Alternativa 1



Txtsuel	Longitud
NI	7448.77metros
MQMg	190.67metros
MRB2	9086.99metros
MWA3	17338.6metros
MWDP	1907.58metros
MWE	34637.5metros
MRA2	260.36metros
MRHp	94.21metros
MRA3	3140.13metros
MRB3	3985.68metros

Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

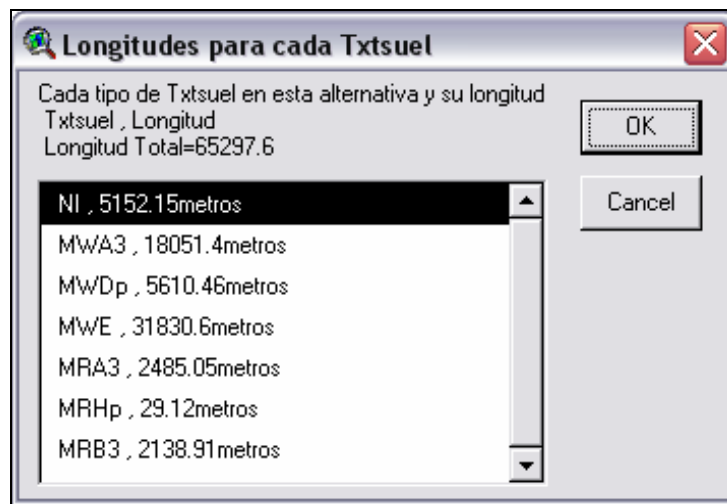
Para esta alternativa predominan las unidades de suelo MWE con 34.64 Kilómetros, MWA3 con 17.34 Kilómetros y MRB2 con 9.09 Kilómetros.

Estas clases de suelo tienen puntajes de ponderación medios, por la complejidad de los factores que intervienen en la clasificación, son suelos con componentes taxonómicos adecuados para la formación de suelos resistentes, pero con características de formas de paisajes que hacen que

estos suelos estén propensos a la erosión y a fenómenos de deslizamientos, por la escasa cobertura vegetal que poseen, dificultando así, las actividades productivas en estos suelos, pero que por su resistencia pueden ser útiles para resistir la infraestructura propia de la vía.

- *Alternativa 2:*

Figura 74. Resultado por longitud del Mapa Temático Suelos Alternativa 2



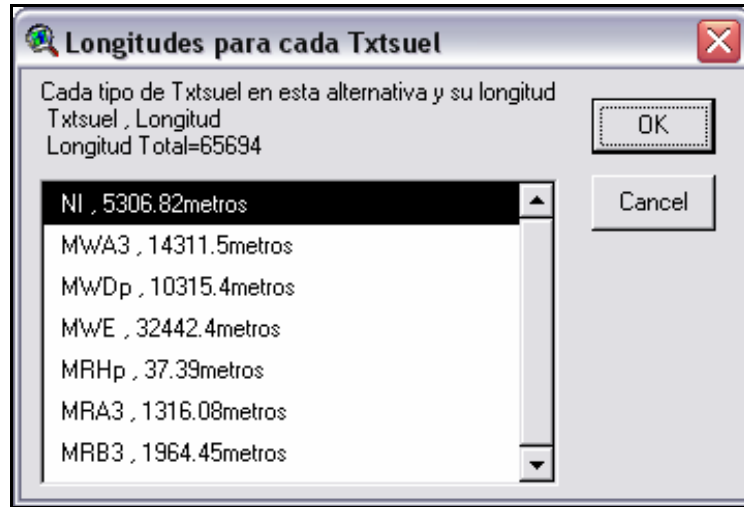
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las unidades de suelo MWE con 31.83 Kilómetros y MWA3 con 18.05 Kilómetros.

Estas clases de suelo tienen puntajes de ponderación medios, por la complejidad de los factores que intervienen en la clasificación, son suelos con componentes taxonómicos adecuados para la formación de suelos resistentes, pero con características de formas de paisajes que hacen que estos suelos estén propensos a la erosión y a fenómenos de deslizamientos, por la escasa cobertura vegetal que poseen, dificultando así, las actividades productivas en estos suelos, pero que por su resistencia pueden ser útiles para resistir la infraestructura propia de la vía.

- *Alternativa 3:*

Figura 75. Resultado por longitud del Mapa Temático Suelos Alternativa 3



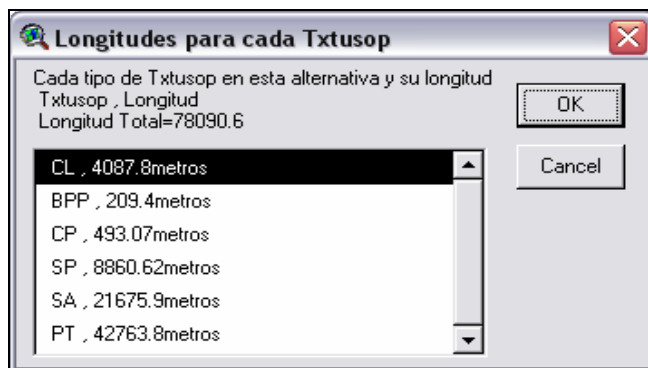
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las unidades de suelo MWE con 32.44 Kilómetros, MWA3 con 14.31 Kilómetros y MWDp con 10.32 Kilómetros. Estas clases de suelo tienen puntajes de ponderación de medios a altos en la última de ellas, por la complejidad de los factores que intervienen en la clasificación, son suelos con componentes taxonómicos adecuados para la formación de suelos resistentes, pero con características de formas de paisajes que hacen que estos suelos estén propensos a la erosión y a fenómenos de deslizamientos, por la escasa cobertura vegetal que poseen, dificultando así, las actividades productivas en estos suelos, pero que por su resistencia pueden ser útiles para resistir la infraestructura propia de la vía.

5.5.3.8. Uso Potencial. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa temático Uso Potencial, son mostradas en las Figuras 76, 77 y 78 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 76. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Potencial Alternativa 1

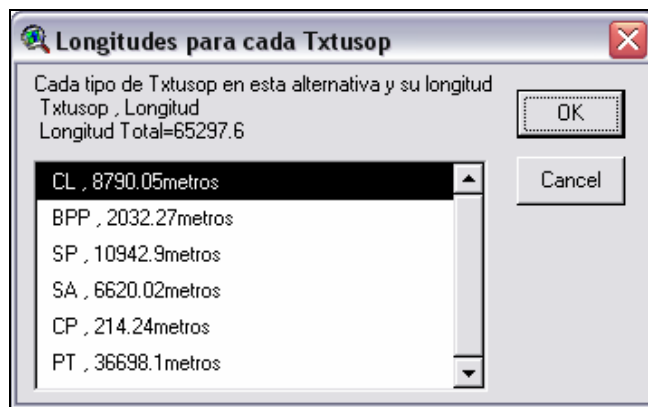


Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las unidades de uso potencial para el suelo Protección Total (PT) con 42.76 Kilómetros y Zonas Silvoagrícolas (SA) con 21.67 Kilómetros. Estos usos recomendados para la tierra tienen puntajes de bajos a medios, porque son zonas que deben ser adecuadas para la recuperación del medio ambiente, por la escasa vegetación presente en la zona, con cierto manejo de actividades agrícolas.

- *Alternativa 2:*

Figura 77. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Potencial Alternativa 2

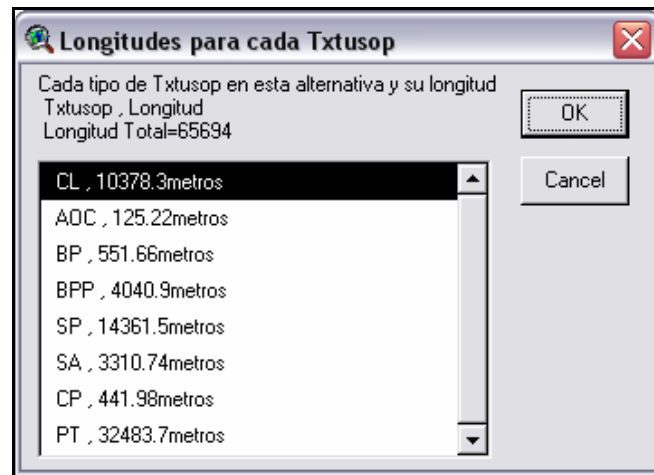


Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las unidades de uso potencial para el suelo Protección Total (PT) con 36.7 Kilómetros y Zonas Silvopastoriles (SP) con 10.94 Kilómetros. Estos usos recomendados para la tierra tienen puntajes de bajos a medios, porque son zonas que deben ser adecuadas para la recuperación del medio ambiente, por la escasa vegetación presente en la zona, con cierto manejo de actividades de pastoreo.

- *Alternativa 3:*

Figura 78. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Potencial Alternativa 3



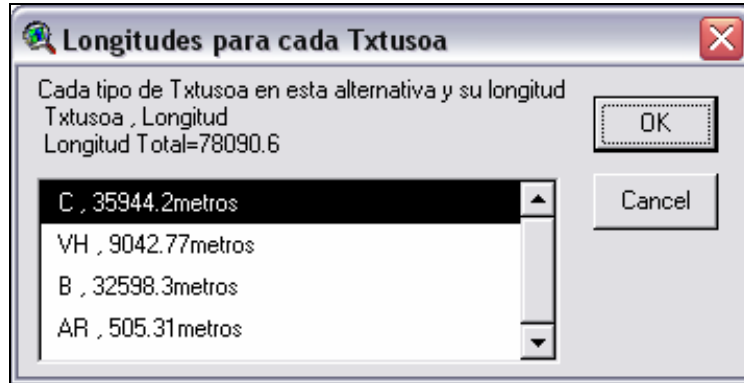
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las unidades de uso potencial para el suelo Protección Total (PT) con 32.48 Kilómetros y Zonas Silvopastoriles (SP) con 14.36 Kilómetros. Estos usos recomendados para la tierra tienen puntajes de bajos a medios, porque son zonas que deben ser adecuadas para la recuperación del medio ambiente, por la escasa vegetación presente en la zona, con cierto manejo de actividades de pastoreo.

5.5.3.9. Uso Actual. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa temático Uso Actual, son mostradas en las Figuras 79, 80 y 81 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 79. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Actual Alternativa 1

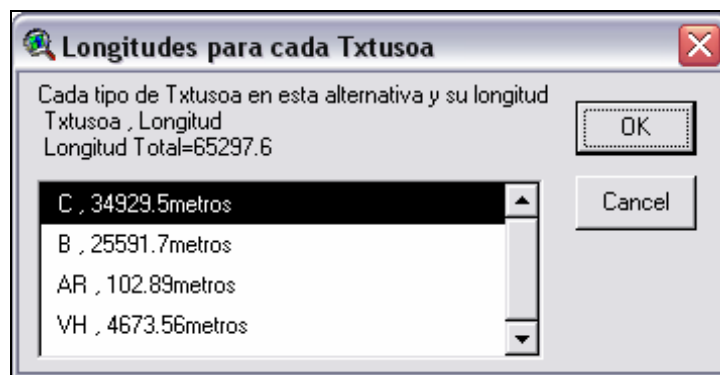


Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las unidades de uso actual para el suelo Bosques (B) con 32.59 Kilómetros y Cultivos (C) con 35.36 Kilómetros. Estos usos para la tierra tienen puntajes de bajos a medios, porque son zonas de protección del medio ambiente, y dedicadas a actividades productivas ya establecidas, en donde la adquisición de los predios para realizar la construcción de la carretera resultaría algo costosa.

- *Alternativa 2:*

Figura 80. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Actual Alternativa 2

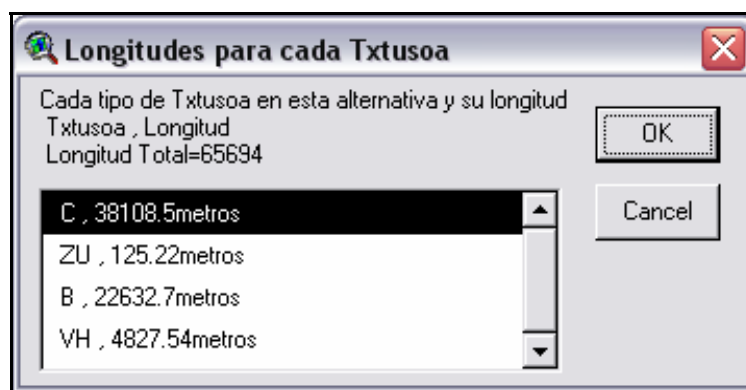


Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las unidades de uso actual para el suelo Bosques (B) con 25.6 Kilómetros y Cultivos (C) con 34.93 Kilómetros. Estos usos para la tierra tienen puntajes de bajos a medios, porque son zonas de protección del medio ambiente, y dedicadas a actividades productivas ya establecidas, en donde la adquisición de los predios para realizar la construcción de la carretera resultaría algo costosa.

- *Alternativa 3:*

Figura 81. Resultado por longitud del Mapa Temático Uso Actual Alternativa 3



Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL.

Para esta alternativa predominan las unidades de uso actual para el suelo Bosques (B) con 25.6 Kilómetros y Cultivos (C) con 34.93 Kilómetros. Estos usos para la tierra tienen puntajes de bajos a medios, porque son zonas de protección del medio ambiente, y dedicadas a actividades productivas ya establecidas, en donde la adquisición de los predios para realizar la construcción de la carretera resultaría algo costosa.

5.5.3.10. Aptitud Total. Las consultas de las intersecciones con el mapa de aptitud total, se realizaron mediante el campo Total, que contenía el valor del puntaje total de aptitud de la zona, que es el resultado del análisis del corredor vial óptimo como se describió en la secciones 4.6.5 y 4.6.6 del presente libro. Debido a que de esta manera, la consulta se realiza para cada puntaje

diferente que se encuentra en los polígonos de aptitud total, resulta muy dispendioso mostrar los resultados de estas ventanas.

Es por eso que esta información se reorganizo en rangos de puntaje y será mostrada en secciones posteriores cuando se describa los pesos ponderados de las alternativas en para cada mapa temático. Se pudo observar que la mayoría del trazado de las diferentes alternativas, atravesaba por zonas cuyo puntaje de aptitud total esta entre 50 y 60, con lo cual se cumple el criterio inicial para la selección del corredor vial óptimo con que se trazaron las alternativas.

5.5.3.11. Mapa de pendientes. Para el mapa de pendientes se realizó la consulta de los resultados por longitud de acuerdo, mediante el campo rango, que contiene los atributos de los intervalos de pendiente transversal de la zona. Las ventanas de resultados de atributos por longitud para la intersección de las alternativas 1, 2 y 3 con el mapa de Pendientes, son mostradas en las Figuras 82, 83 y 84 respectivamente.

- *Alternativa 1:*

Figura 82. Resultados por Longitud del Mapa de Pendientes Alternativa 1



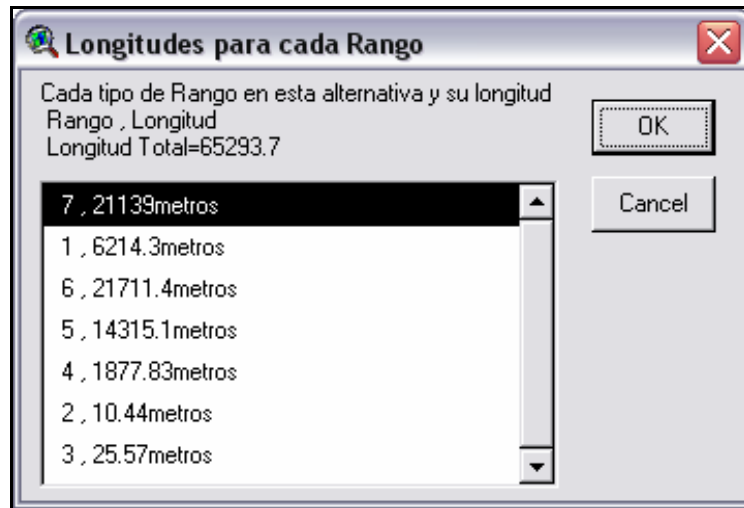
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL

Para esta alternativa predominan los rangos de pendientes 5 con 16.23 Kilómetros, 6 con 29.49 Kilómetros y 7 con 26.35 Kilómetros.

Estos rangos muestran que la mayoría del trazado de la carretera se encuentra sobre terrenos con pendientes transversales complejas mayores al 25% representados por terrenos que van desde abruptos hasta muy escarpados, con lo cual se dificultan los trazados de las líneas de pendientes y alineamientos horizontales y verticales de la alternativa como se explico en secciones anteriores del presente libro.

- *Alternativa 2:*

Figura 83. Resultados por Longitud del Mapa Temático Pendientes Alternativa 2



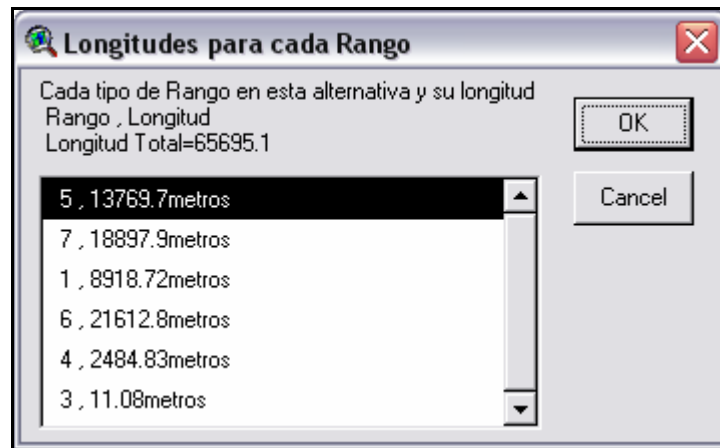
Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud, herramienta PRODIVIAL

Para esta alternativa predominan los rangos de pendientes 5 con 14.32 Kilómetros, 6 con 21.71 Kilómetros y 7 con 21.14 Kilómetros. Estos rangos muestran que la mayoría del trazado de la carretera se encuentra sobre terrenos con pendientes transversales complejas mayores al 25% representados por terrenos que van desde abruptos hasta muy escarpados,

con lo cual se dificultan los trazados de las líneas de pendientes y alineamientos horizontales y verticales de la alternativa como se explico en secciones anteriores del presente libro.

- *Alternativa 3:*

Figura 84. Resultados por Longitud del Mapa Temático Pendientes Alternativa 3



Fuente: Imagen tomada del Proceso de Resultados por Longitud desarrollado con la herramienta PRODIVIAL

Para esta alternativa predominan los rangos de pendientes 5 con 13.77 Kilómetros, 6 con 21.61 Kilómetros y 7 con 18.9 Kilómetros.

Estos rangos muestran que la mayoría del trazado de la carretera se encuentra sobre terrenos con pendientes transversales complejas mayores al 25% representados por terrenos que van desde abruptos hasta muy escarpados, con lo cual se dificultan los trazados de las líneas de pendientes y alineamientos horizontales y verticales de la alternativa como se explico en secciones anteriores del presente libro.

5.5.4. Cálculo de pesos ponderados de alternativas en cada mapa temático

Al obtener las longitudes de afectación de cada clase de los mapas temáticos dentro de cada una de las alternativas, se realizó un proceso de organización de esta información para poder calcular un puntaje ponderado por longitud de cada alternativa en cada uno de los temas analizados.

Para calcular este puntaje ponderado, se tomaron las longitudes de afectación de cada clase, se multiplicaron por el respectivo valor de la clase obtenido de la tabla de ponderación del tema, se calculó la sumatoria de estos productos y se dividió este valor por la longitud total de la alternativa.

Por lo tanto el peso ponderado de la alternativa i para cada mapa temático se puede calcular de la siguiente manera:

$$PP_i = \sum (L_{ij} * VC_j) / LT_i \quad 5.4$$

En donde

PP_i = peso ponderado del tema en alternativa i

L_{ij} = longitud de afectación de la clase j en la alternativa i .

VC_j = valor de la clase temática j .

LT_i = longitud total de la alternativa i .

A continuación se muestran los resultados de los cálculos de los pesos ponderados de las alternativas en cada mapa temático y gráficos comparativos de los resultados de porcentaje de longitud.

5.5.4.1. Geología. En la Tabla 52 se muestran las diferentes clases temáticas con su respectivo peso dentro del mapa temático Geología, la longitud de afectación de cada clase dentro cada alternativa, el porcentaje de esta longitud sobre la longitud total de la alternativa y e los valores parciales de los pesos ponderados para cada clase, resultando al final de la sumatoria de estos valores el peso ponderado total que tiene la alternativa en el mapa temático Geología.

Tabla 52. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Geología

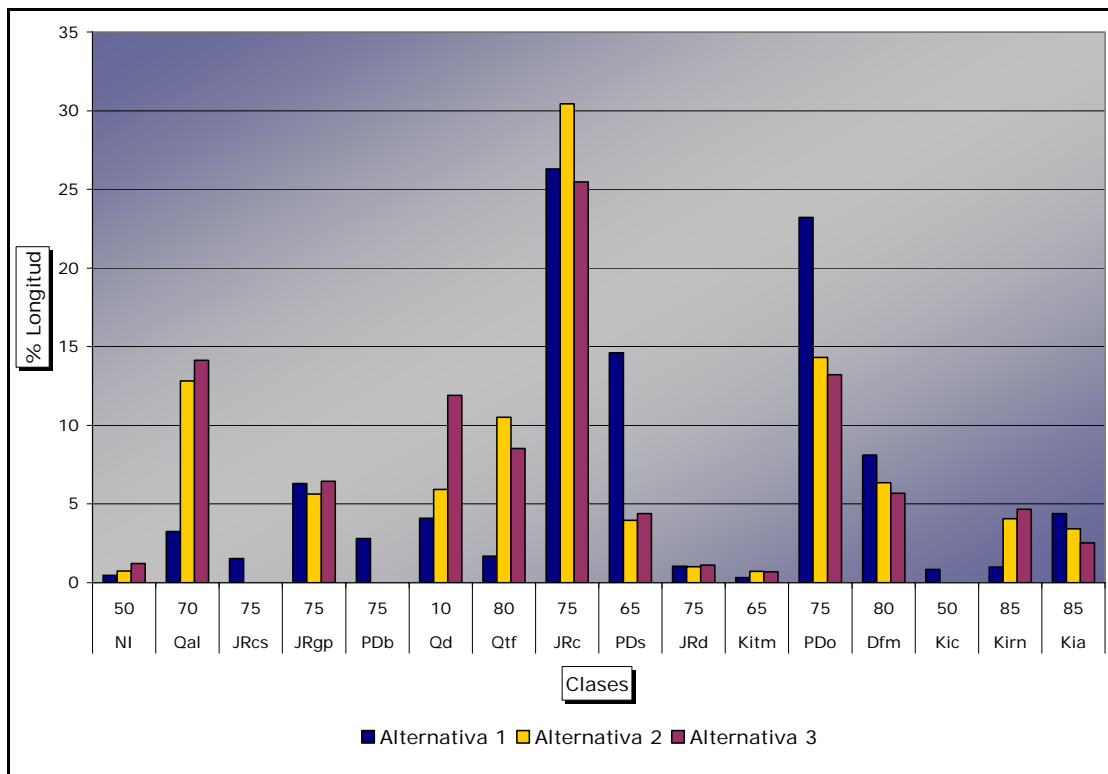
CLASE	PESO	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
		Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado
NI	50	367,98	0,47	0,23	497,08	0,76	0,38	812,98	1,22	0,61
Qal	70	2556,48	3,26	2,28	8443,83	12,83	8,98	9398,21	14,13	9,89
JRcs	75	1198,64	1,53	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
JRgp	75	4952,56	6,31	4,73	3703,55	5,63	4,22	4285,55	6,44	4,83
PDb	75	2202,87	2,81	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qd	10	3207,77	4,09	0,41	3899,26	5,93	0,59	7916,59	11,90	1,19
Qtf	80	1325,96	1,69	1,35	6924,67	10,52	8,42	5682,74	8,54	6,84
JRc	75	20638,70	26,31	19,73	20030,50	30,44	22,83	16934,50	25,46	19,10
PDs	65	11469,10	14,62	9,50	2618,59	3,98	2,59	2925,74	4,40	2,86
JRd	75	816,45	1,04	0,78	674,76	1,03	0,77	740,92	1,11	0,84
Kitm	65	256,52	0,33	0,21	467,93	0,71	0,46	461,75	0,69	0,45
PD0	75	18221,70	23,22	17,42	9413,97	14,31	10,73	8799,47	13,23	9,92
Dfm	80	6356,41	8,10	6,48	4185,75	6,36	5,09	3770,12	5,67	4,54
Kic	50	661,78	0,84	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kirn	85	784,99	1,00	0,85	2682,86	4,08	3,47	3099,54	4,66	3,96
Kia	85	3440,63	4,39	3,73	2251,93	3,42	2,91	1678,87	2,52	2,15
TOTAL		78458	100	71,39	65794	100	71,44	66506	100	67,17

Fuente: Autores de la investigación.

Observando estos pesos ponderados totales para el mapa temático Geología de las diferentes alternativas, se puede observar que por este aspecto todas cumplen con una buena aptitud, con puntajes superiores a 67

en los tres casos. La alternativa 2 es que tiene mejor peso ponderado con 71.44. En la Figura 85 se pueden apreciar los porcentajes de longitud de afectación de cada clase del mapa temático Geología con respecto a la longitud total de cada alternativa.

Figura 85. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Geología



Fuente: Autores de la investigación.

Observando esta grafica se aprecia de una manera más clara que las clases que tienen una mayor afectación dentro de las diferentes alternativas, tienen puntajes altos.

5.5.4.2. Geomorfología. En la Tabla 53 se muestran las diferentes clases temáticas con su respectivo peso dentro del mapa temático Geomorfología, la longitud de afectación de cada clase dentro cada alternativa, el porcentaje de

esta longitud sobre la longitud total de la alternativa y e los valores parciales de los pesos ponderados para cada clase, resultando al final de la sumatoria de estos valores el peso ponderado total que tiene la alternativa en el mapa temático Geomorfología.

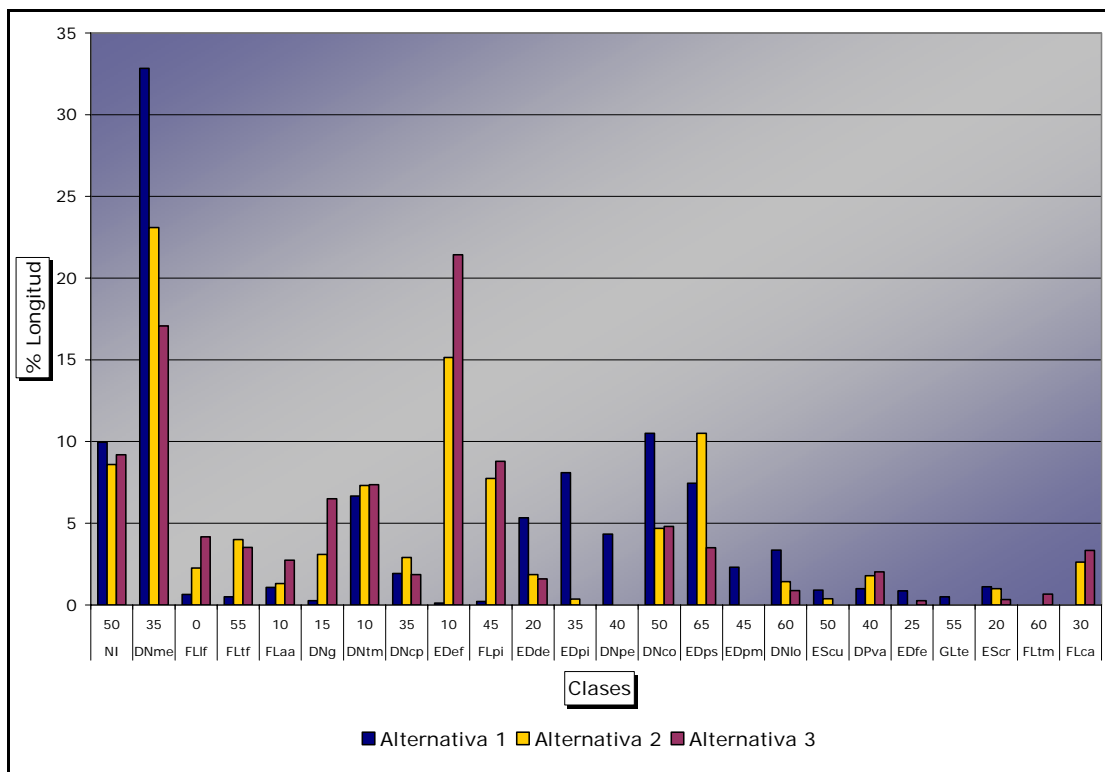
Tabla 53. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Geomorfología

CLASE	PESO	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
		Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado
NI	50	7816,75	9,96	4,98	5649,23	8,59	4,29	6119,80	9,20	4,60
DNme	35	25766,20	32,84	11,49	15189,60	23,09	8,08	11350,10	17,07	5,97
FLlf	0	509,99	0,65	0,00	1486,06	2,26	0,00	2767,02	4,16	0,00
FLtf	55	392,52	0,50	0,28	2627,44	3,99	2,20	2341,80	3,52	1,94
FLaa	10	845,94	1,08	0,11	867,59	1,32	0,13	1815,18	2,73	0,27
DNng	15	200,38	0,26	0,04	2039,00	3,10	0,46	4319,85	6,50	0,97
DNtm	10	5235,56	6,67	0,67	4802,28	7,30	0,73	4892,14	7,36	0,74
DNcp	35	1521,93	1,94	0,68	1906,02	2,90	1,01	1230,66	1,85	0,65
EDef	10	102,52	0,13	0,01	9957,70	15,13	1,51	14255,80	21,44	2,14
FLpi	45	166,96	0,21	0,10	5083,50	7,73	3,48	5850,46	8,80	3,96
EDde	20	4175,61	5,32	1,06	1214,85	1,85	0,37	1054,39	1,59	0,32
EDpi	35	6343,52	8,09	2,83	230,40	0,35	0,12	0,00	0,00	0,00
DNpe	40	3394,78	4,33	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DNco	50	8237,52	10,50	5,25	3079,67	4,68	2,34	3192,97	4,80	2,40
EDps	65	5846,18	7,45	4,84	6915,90	10,51	6,83	2324,46	3,50	2,27
EDpm	45	1807,92	2,30	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DNlo	60	2630,28	3,35	2,01	933,21	1,42	0,85	582,55	0,88	0,53
EScu	50	716,56	0,91	0,46	254,52	0,39	0,19	0,00	0,00	0,00
DPva	40	785,37	1,00	0,40	1172,35	1,78	0,71	1352,08	2,03	0,81
EDfe	25	678,24	0,86	0,22	0,00	0,00	0,00	177,51	0,27	0,07
GLte	55	397,18	0,51	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EScr	20	886,57	1,13	0,23	664,01	1,01	0,20	221,72	0,33	0,07
FLtm	60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	445,40	0,67	0,40
FLca	30	0,00	0,00	0,00	1721,32	2,62	0,78	2213,18	3,33	1,00
TOTAL		78458	100	38,70	65794	100	34,31	66506	100	29,10

Fuente: Autores de la investigación.

Observando estos pesos ponderados totales para el mapa temático Geomorfología de las diferentes alternativas, se puede observar que por este aspecto todas presentan deficiencias, con puntajes inferiores a 39 en los tres casos. La alternativa 1 es que tiene mejor peso ponderado con 38.70. En la Figura 86 se pueden apreciar los porcentajes de longitud de afectación de cada clase del mapa temático Geomorfología con respecto a la longitud total de cada alternativa.

Figura 86. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Geomorfología



Fuente: Autores de la investigación.

Observando esta grafica se aprecia de una manera más clara que las clases que tienen una mayor afectación dentro de las diferentes alternativas, tienen puntajes bajos.

5.5.4.3. Fallas. En la Tabla 54 se muestran las diferentes clases temáticas con su respectivo peso dentro del mapa temático Fallas, la longitud de afectación de cada clase dentro cada alternativa, el porcentaje de esta longitud sobre la longitud total de la alternativa y e los valores parciales de los pesos ponderados para cada clase, resultando al final de la sumatoria de estos valores el peso ponderado total que tiene la alternativa en el mapa temático Fallas.

Tabla 54. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Fallas

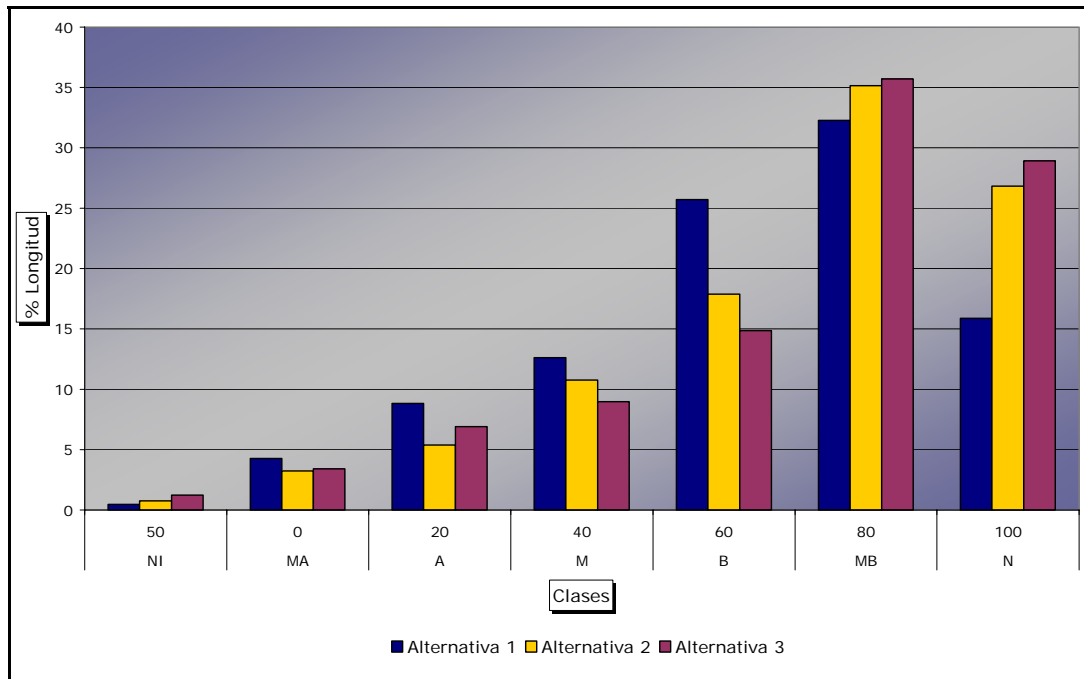
CLASE	PESO	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
		Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado
NI	50	367,98	0,47	0,23	497,08	0,76	0,38	812,98	1,22	0,61
MA	0	3345,69	4,26	0,00	2125,13	3,23	0,00	2271,52	3,42	0,00
A	20	6914,72	8,81	1,76	3534,75	5,37	1,07	4601,04	6,92	1,38
M	40	9893,75	12,61	5,04	7083,71	10,77	4,31	5973,34	8,98	3,59
B	60	20170,10	25,71	15,42	11774,10	17,90	10,74	9873,97	14,85	8,91
MB	80	25312,80	32,26	25,81	23125,40	35,15	28,12	23746,00	35,70	28,56
N	100	12453,50	15,87	15,87	17654,50	26,83	26,83	19228,10	28,91	28,91
TOTAL		78458	100	64,15	65794	100	71,45	66506	100	71,97

Fuente: Autores de la investigación.

Observando estos pesos ponderados totales para el mapa temático Fallas de las diferentes alternativas, se puede observar que por este aspecto todas cumplen con una buena aptitud, con puntajes superiores a 64 en los tres casos.

La alternativa 3 es que tiene mejor peso ponderado con 71.97. En la Figura 87 se pueden apreciar los porcentajes de longitud de afectación de cada clase del mapa temático Fallas con respecto a la longitud total de cada alternativa.

Figura 87. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Fallas



Fuente: Autores de la investigación.

Observando esta grafica se aprecia de una manera más clara que las clases que tienen una mayor afectación dentro de las diferentes alternativas, tienen puntajes altos.

5.5.4.4. Ambiental. En la Tabla 55 se muestran las diferentes clases temáticas con su respectivo peso dentro del mapa temático Ambiental, la longitud de afectación de cada clase dentro cada alternativa, el porcentaje de esta longitud sobre la longitud total de la alternativa y e los valores parciales de los pesos ponderados para cada clase, resultando al final de la sumatoria de estos valores el peso ponderado total que tiene la alternativa en el mapa temático Ambiental.

Tabla 55. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Ambiental

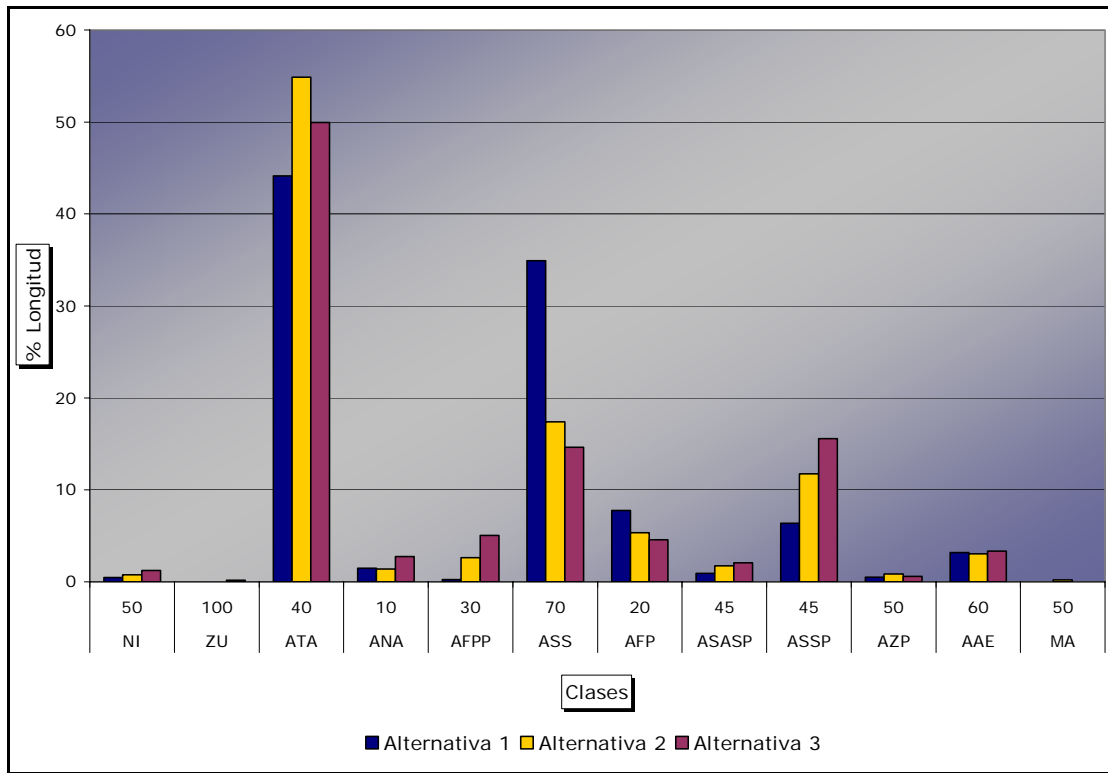
CLASE	PESO	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
		Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado
NI	50	367,98	0,47	0,23	497,08	0,76	0,38	812,98	1,22	0,61
ZU	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	125,22	0,19	0,19
ATA	40	34624,2	44,13	17,65	36088,0	54,85	21,94	33217,4	49,95	19,98
ANA	10	1156,92	1,47	0,15	907,91	1,38	0,14	1846,18	2,78	0,28
AFPP	30	209,40	0,27	0,08	1738,04	2,64	0,79	3368,39	5,06	1,52
ASS	70	27410,5	34,94	24,46	11441,3	17,39	12,17	9742,53	14,65	10,25
AFP	20	6083,59	7,75	1,55	3527,28	5,36	1,07	3045,43	4,58	0,92
ASASP	45	715,86	0,91	0,41	1149,06	1,75	0,79	1394,82	2,10	0,94
ASSP	45	5004,37	6,38	2,87	7722,15	11,74	5,28	10348,40	15,56	7,00
AZP	50	400,76	0,51	0,26	572,25	0,87	0,43	387,18	0,58	0,29
AAE	60	2484,95	3,17	1,90	2004,23	3,05	1,83	2218,47	3,34	2,00
MA	50	0,00	0,00	0,00	147,46	0,22	0,11	0,00	0,00	0,00
TOTAL		78458	100	49,56	65794	100	44,93	66506	100	43,98

Fuente: Autores de la investigación.

Observando estos pesos ponderados totales para el mapa temático Ambiental de las diferentes alternativas, se puede observar que por este aspecto todas presentan aptitudes medias, con puntajes que oscilan entre 43 y 50.

La alternativa 1 es que tiene mejor peso ponderado con 49.56. En la Figura 88 se pueden apreciar los porcentajes de longitud de afectación de cada clase del mapa temático Ambiental con respecto a la longitud total de cada alternativa.

Figura 88. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Ambiental



Fuente: Autores de la investigación.

Observando esta grafica se aprecia de una manera más clara que la clase que tiene una mayor afectación dentro de las diferentes alternativas, tiene un puntaje medio.

5.5.4.5. Amenazas. En la Tabla 56 se muestran las diferentes clases temáticas con su respectivo peso dentro del mapa temático Amenazas, la longitud de afectación de cada clase dentro cada alternativa, el porcentaje de esta longitud sobre la longitud total de la alternativa y e los valores parciales de los pesos ponderados para cada clase, resultando al final de la sumatoria de estos valores el peso ponderado total que tiene la alternativa en el mapa temático Amenazas.

Tabla 56. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Amenazas

CLASE	PESO	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
		Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado
NI	50	367,98	0,47	0,23	497,08	0,76	0,38	812,98	1,22	0,61
MA	10	7448,77	9,49	0,95	5152,15	7,83	0,78	5306,82	7,98	0,80
A	30	65817,00	83,89	25,17	55554,80	84,44	25,33	54711,6	82,26	24,68
M	70	4605,54	5,87	4,11	4587,25	6,97	4,88	5433,02	8,17	5,72
B	100	219,25	0,28	0,28	3,37	0,01	0,01	242,53	0,36	0,36
TOTAL		78458	100	30,74	65794	100	31,38	66506	100	32,17

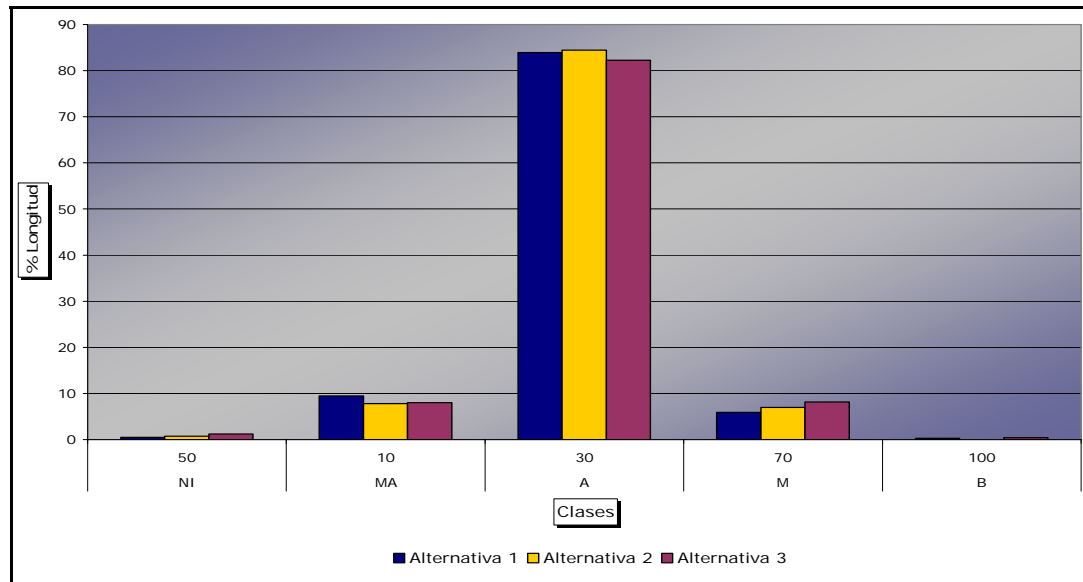
Fuente: Autores de la investigación.

Observando estos pesos ponderados totales para el mapa temático Amenazas de las diferentes alternativas, se puede observar que por este aspecto todas presentan deficiencias, con puntajes inferiores a 33 en los tres casos.

La alternativa 3 es que tiene mejor peso ponderado con 32.17. En la Figura 89 se pueden apreciar los porcentajes de longitud de afectación de cada clase del mapa temático Amenazas con respecto a la longitud total de cada alternativa.

Observando la Figura 89 se aprecia de una manera más clara que la clase que tiene una mayor afectación dentro de las diferentes alternativas, tiene puntaje bajo.

Figura 89. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Amenazas



Fuente: Autores de la investigación.

5.5.4.6. Clima. En la Tabla 57 se muestran las diferentes clases temáticas con su respectivo peso dentro del mapa temático Clima, la longitud de afectación de cada clase dentro cada alternativa, el porcentaje de esta longitud sobre la longitud total de la alternativa y e los valores parciales de los pesos ponderados para cada clase, resultando al final de la sumatoria de estos valores el peso ponderado total que tiene la alternativa en el mapa temático Clima.

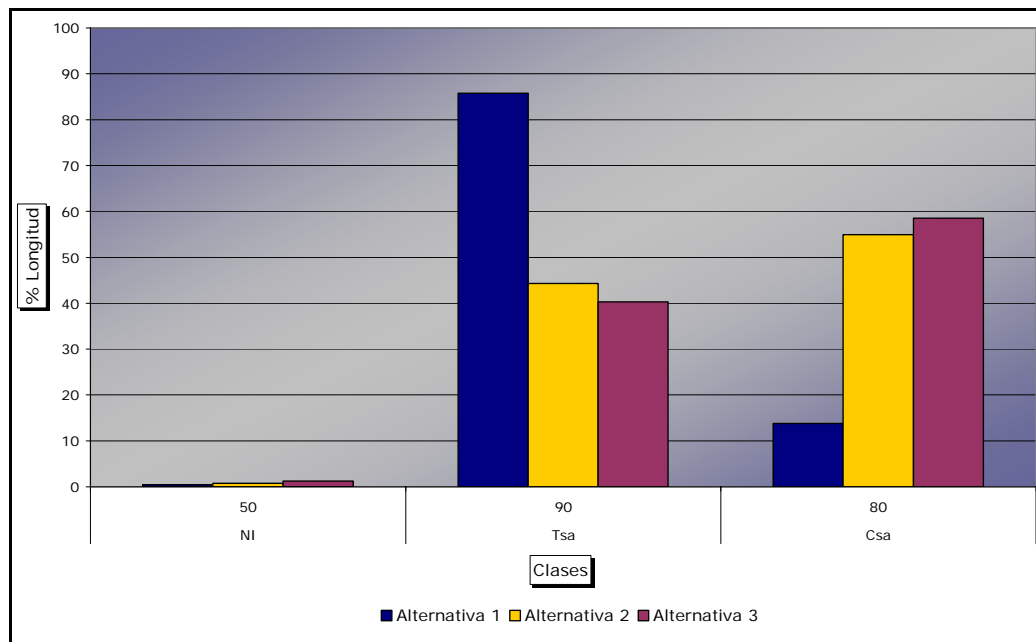
Tabla 57. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Clima

CLASE	PESO	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
		Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado
NI	50	367,98	0,47	0,23	497,08	0,76	0,38	812,98	1,22	0,61
Tsa	90	67295,10	85,77	77,19	29154,80	44,31	39,88	26779	40,26	36,24
Csa	80	10795,40	13,76	11,01	36142,80	54,93	43,95	38915	58,51	46,81
TOTAL		78458	100	88,44	65794	100	84,20	66506	100	83,66

Fuente: Autores de la investigación.

Observando estos pesos ponderados totales para el mapa temático Clima de las diferentes alternativas, se puede observar que por este aspecto todas cumplen con una buena aptitud, con puntajes superiores a 83 en los tres casos. La alternativa 1 es que tiene mejor peso ponderado con 88.44. En la Figura 90 se pueden apreciar los porcentajes de longitud de afectación de cada clase del mapa temático Clima con respecto a la longitud total de cada alternativa.

Figura 90. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Clima



Fuente: Autores de la investigación.

Observando esta grafica se aprecia de una manera más clara que las clases que tienen afectación dentro de las diferentes alternativas, tiene puntajes altos.

5.5.4.7. Suelos. En la Tabla 58 se muestran las diferentes clases temáticas con su respectivo peso dentro del mapa temático Suelos, la longitud de afectación de cada clase dentro cada alternativa, el porcentaje de esta longitud

sobre la longitud total de la alternativa y e los valores parciales de los pesos ponderados para cada clase, resultando al final de la sumatoria de estos valores el peso ponderado total que tiene la alternativa en el mapa temático Suelos.

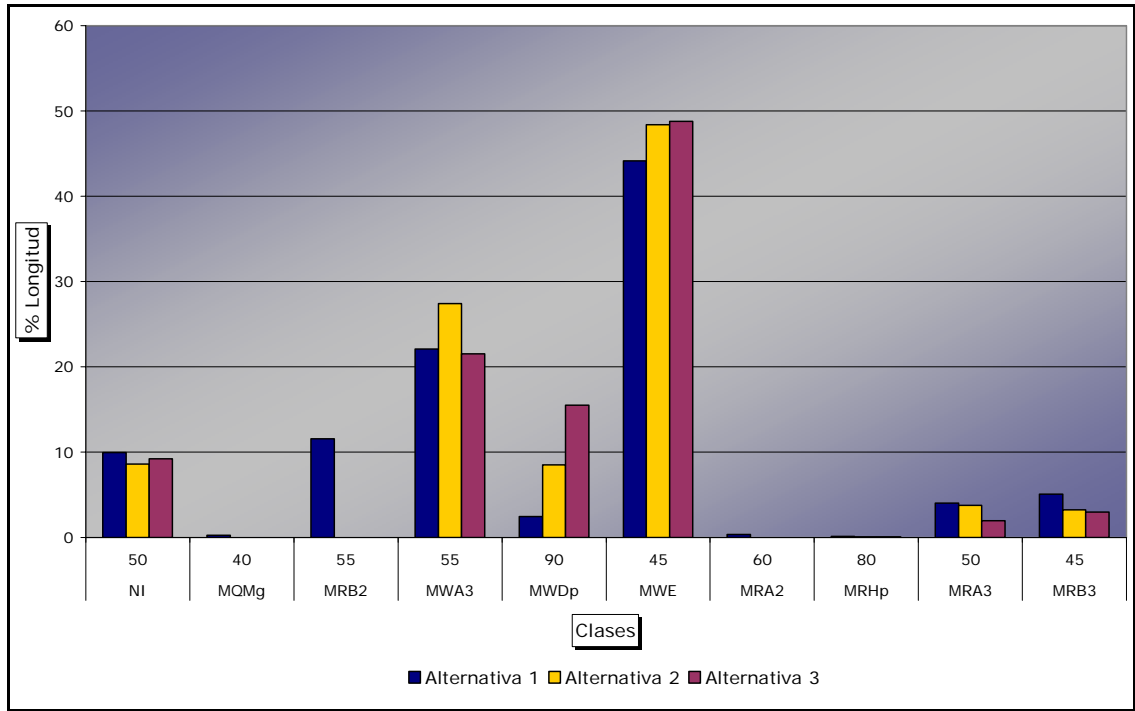
Tabla 58. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Suelos

CLASE	PESO	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
		Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado
NI	50	7816,75	9,96	4,98	5649,23	8,59	4,29	6119,80	9,20	4,60
MQMg	40	190,67	0,24	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MRB2	55	9086,99	11,58	6,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MWA3	55	17338,60	22,10	12,15	18051,40	27,44	15,09	14311,50	21,52	11,84
MWDp	90	1907,58	2,43	2,19	5610,46	8,53	7,67	10315,40	15,51	13,96
MWE	45	34637,50	44,15	19,87	31830,60	48,38	21,77	32442,40	48,78	21,95
MRA2	60	260,36	0,33	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MRHp	80	94,21	0,12	0,10	29,12	0,04	0,04	37,39	0,06	0,04
MRA3	50	3140,13	4,00	2,00	2485,05	3,78	1,89	1316,08	1,98	0,99
MRB3	45	3985,68	5,08	2,29	2138,91	3,25	1,46	1964,45	2,95	1,33
TOTAL		78458	100	50,24	65794	100	52,21	66506	100	54,71

Fuente: Autores de la investigación.

Observando estos pesos ponderados totales para el mapa temático Suelos de las diferentes alternativas, se puede observar que por este aspecto todas presentan aptitudes medias, con puntajes que oscilan entre 50 y 55. La alternativa 3 es que tiene mejor peso ponderado con 54.71. En la Figura 91 se pueden apreciar los porcentajes de longitud de afectación de cada clase del mapa temático Suelos con respecto a la longitud total de cada alternativa.

Figura 91. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Suelos



Fuente: Autores de la investigación.

Observando esta grafica se aprecia de una manera más clara que las clases que tienen afectación dentro de las diferentes alternativas, tiene puntajes medios.

5.5.4.8. Uso Potencial. En la Tabla 59 se muestran las diferentes clases temáticas con su respectivo peso dentro del mapa temático Uso Potencial, la longitud de afectación de cada clase dentro cada alternativa, el porcentaje de esta longitud sobre la longitud total de la alternativa y e los valores parciales de los pesos ponderados para cada clase, resultando al final de la sumatoria de estos valores el peso ponderado total que tiene la alternativa en el mapa temático Uso Potencial.

Tabla 59. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Uso Potencial

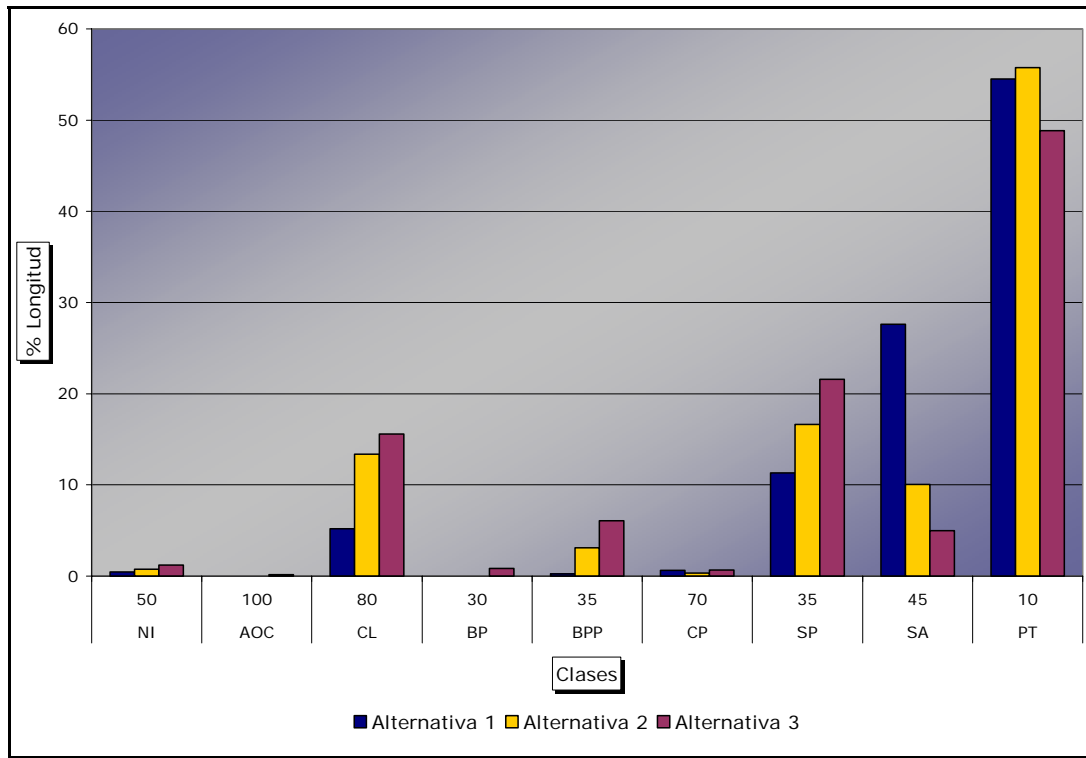
CLASE	PESO	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
		Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado
NI	50	367,98	0,47	0,23	496,64	0,75	0,38	812,98	1,22	0,61
AOC	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	125,22	0,19	0,19
CL	80	4087,80	5,21	4,17	8790,05	13,36	10,69	10378,30	15,60	12,48
BP	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	551,66	0,83	0,25
BPP	35	209,40	0,27	0,09	2032,27	3,09	1,08	4040,90	6,08	2,13
CP	70	493,07	0,63	0,44	214,24	0,33	0,23	441,98	0,66	0,47
SP	35	8860,62	11,29	3,95	10942,90	16,63	5,82	14361,50	21,59	7,56
SA	45	21675,90	27,63	12,43	6620,02	10,06	4,53	3310,74	4,98	2,24
PT	10	42763,80	54,50	5,45	36698,10	55,78	5,58	32483,70	48,84	4,88
TOTAL		78458	100	26,77	65794	100	28,30	66506	100	30,81

Fuente: Autores de la investigación.

Observando estos pesos ponderados totales para el mapa temático Uso Potencial de las diferentes alternativas, se puede observar que por este aspecto todas presentan deficiencias, con puntajes inferiores a 31 en los tres casos.

La alternativa 3 es que tiene mejor peso ponderado con 30.81. En la Figura 92 se pueden apreciar los porcentajes de longitud de afectación de cada clase del mapa temático Uso Potencial con respecto a la longitud total de cada alternativa.

Figura 92. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Uso Potencial



Fuente: Autores de la investigación.

Observando esta grafica se aprecia de una manera más clara que las clases que tienen afectación dentro de las diferentes alternativas, tiene puntajes medios.

5.5.4.9. Uso Actual. En la Tabla 60 se muestran las diferentes clases temáticas con su respectivo peso dentro del mapa temático Uso Actual, la longitud de afectación de cada clase dentro cada alternativa, el porcentaje de esta longitud sobre la longitud total de la alternativa y e los valores parciales de los pesos ponderados para cada clase, resultando al final de la sumatoria de estos valores el peso ponderado total que tiene la alternativa en el mapa temático Actual.

Tabla 60. Pesos ponderados de alternativas para el Mapa Temático Uso Actual

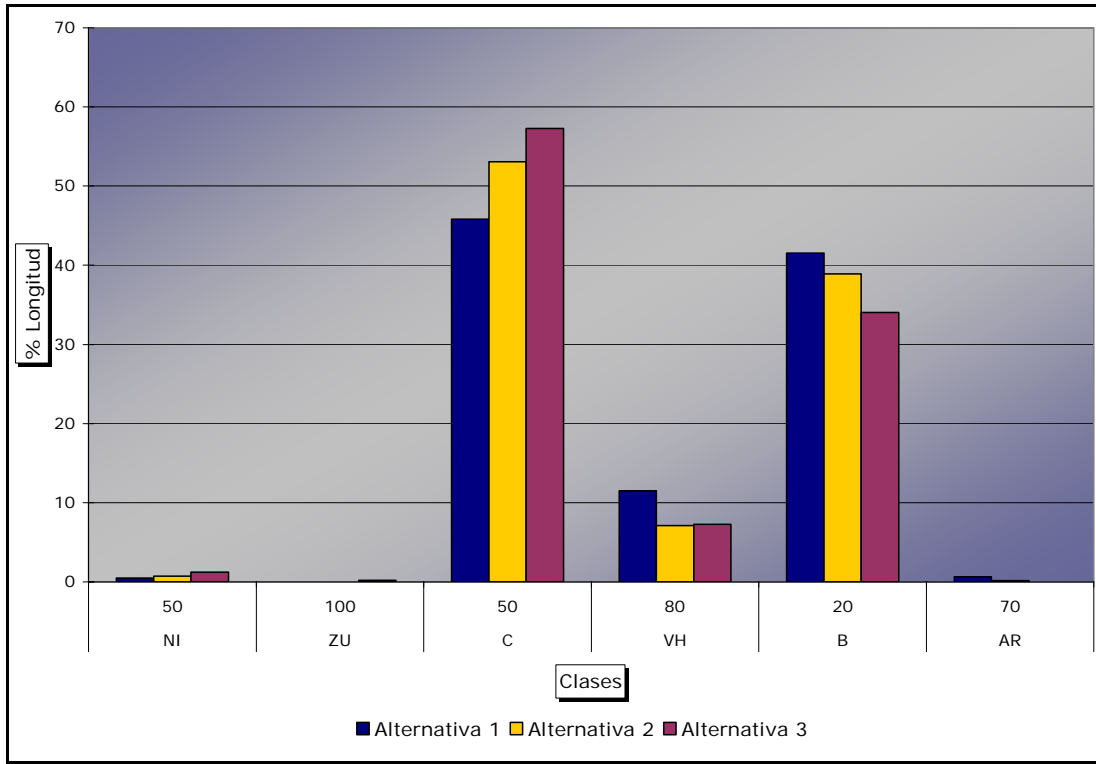
CLASE	PESO	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
		Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado	Long. Parcial [m]	% Long.	Peso Ponderado
NI	50	367,98	0,47	0,23	497,08	0,76	0,38	812,98	1,22	0,61
ZU	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	125,22	0,19	0,19
C	50	35944,20	45,81	22,91	34929,50	53,09	26,54	38108,50	57,30	28,65
VH	80	9042,77	11,53	9,22	4673,56	7,10	5,68	4827,54	7,26	5,81
B	20	32598,30	41,55	8,31	25591,70	38,90	7,78	22632,70	34,03	6,81
AR	70	505,31	0,64	0,45	102,89	0,16	0,11	0,00	0,00	0,00
TOTAL		78458	100	41,12	65794	100	40,49	66506	100	42,06

Fuente: Autores de la investigación.

Observando estos pesos ponderados totales para el mapa temático Suelos de las diferentes alternativas, se puede observar que por este aspecto todas presentan aptitudes medias, con puntajes que oscilan entre 40 y 43.

La alternativa 3 es que tiene mejor peso ponderado con 42.06. En la Figura 93 se pueden apreciar los porcentajes de longitud de afectación de cada clase del mapa temático Suelos con respecto a la longitud total de cada alternativa.

Figura 93. Porcentaje de Longitud para cada clase del Mapa Temático Uso Actual



Fuente: Autores de la investigación.

Observando esta grafica se aprecia de una manera más clara que las clases que tienen afectación dentro de las diferentes alternativas, tiene puntajes de medios a bajos.

5.5.5. Resumen de resultados obtenidos para los mapas temáticos

Al obtener los pesos ponderados para cada una de las alternativas en cada mapa temático, se puede recopilar esta información para observar de una forma más clara el comportamiento por aptitud de cada alternativa en cada uno de los temas analizados para el diseño del corredor vial.

Adicionalmente se puede calcular un peso total para cada alternativa mediante una ponderación de los pesos parciales obtenidos anteriormente

para cada temático, con los valores de ponderación que se utilizaron para cada tema dentro del diseño de corredor, que se encuentran explicados en la sección 4.6.5 del presente libro.

Para calcular este peso total de la alternativa, se tomaron los pesos ponderados parciales de cada mapa temático, se multiplicaron por el respectivo valor de ponderación del tema dentro del análisis del corredor vial en porcentaje, se calculó la sumatoria de estos productos y se dividió por 100.

Por lo tanto el peso ponderado de la alternativa i para cada mapa temático se puede calcular de la siguiente manera:

$$PT_i = \sum (PP_{ij} * VP_j) / 100 \quad 5.5$$

En donde

PT_i = Peso total de la alternativa i

PP_{ij} = Peso ponderado parcial de la alternativa i en el mapa temático j

VP_j = Valor de ponderación del mapa temático j dentro del análisis del corredor vial en porcentaje

En la Tabla 61 se muestra el resumen de los pesos ponderados obtenidos para cada alternativa en cada mapa temático, y los cálculos realizados para la obtención del puntaje total de cada alternativa.

Tabla 61. Resumen de pesos ponderados y calculo de pesos totales de alternativas

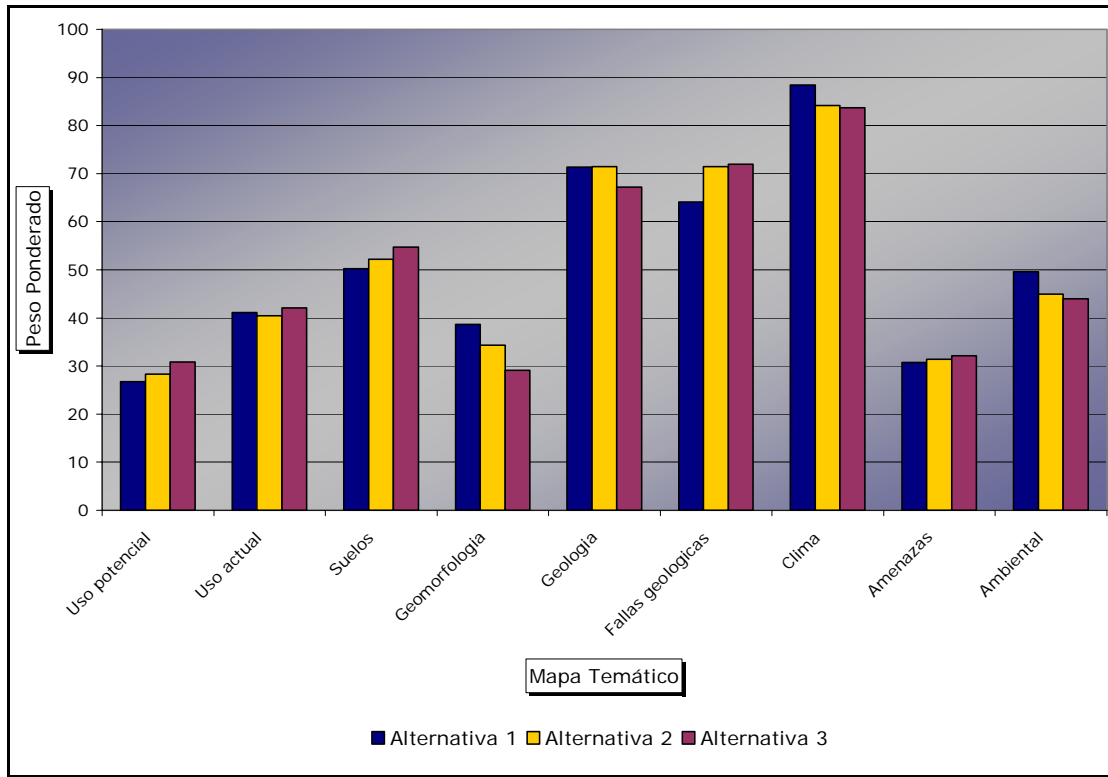
MAPA TEMÁTICO	VALOR PONDERADO DEL TEMA [%]	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		PESO PONDERADO	PUNTAJE PARCIAL	PESO PONDERADO	PUNTAJE PARCIAL	PESO PONDERADO	PUNTAJE PARCIAL
Uso potencial	7	26,77	1,87	28,30	1,98	30,81	2,16
Uso actual	3	41,12	1,23	40,49	1,21	42,06	1,26
Suelos	7	50,24	3,52	52,21	3,65	54,71	3,83
Geomorfología	15	38,70	5,81	34,31	5,15	29,10	4,37
Geología	25	71,39	17,85	71,44	17,86	67,17	16,79
Fallas Geológicas	20	64,15	12,83	71,45	14,29	71,97	14,39
Clima	3	88,44	2,65	84,20	2,53	83,66	2,51
Amenazas	10	30,74	3,07	31,38	3,14	32,17	3,22
Ambiental	10	49,56	4,96	44,93	4,49	43,98	4,40
		TOTAL	53,79	TOTAL	54,30	TOTAL	52,92

Fuente: Autores de la investigación.

De acuerdo e estos resultados, las tres alternativas tienen aptitudes muy similares que se encuentran en un rango de puntajes totales medios que oscilan entre 52 y 55 siendo la mejor de las tres la alternativa 2 con un puntaje total de 54.3.

En la Figura 94 se aprecia de una forma más clara la aptitud que tiene cada alternativa representado por el peso ponderado para cada uno de los mapas temáticos analizados.

Figura 94. Peso Ponderado para los diferentes Mapas Temáticos en cada Alternativa



Fuente: Autores de la investigación.

Se observa que los temas de Geología y Fallas, que los que más peso tiene en el análisis del corredor vial, tienen puntajes altos en las tres alternativas, lo cual puede estar a favor de la resistencia de los suelos de soporte para la subrasante; pero en otros temas importantes como son la geomorfología y las amenazas por movimientos de remoción en masa, se tiene puntajes bajos, lo cual puede traer problemas de estabilidad de taludes que afectarían el correcto funcionamiento de la vía.

5.5.6. Aptitud Total

Para las intersecciones con el mapa de aptitud total, también se calcularon las longitudes de afectación para los diferentes rangos de puntaje total dados

por este mapa. Debido a que las consultas de longitud que se hacen a este mapa se encuentran diferenciadas por cada uno de valores de puntajes que se encuentran en el mapa como se explico en la sección 5.5.3.10 del presente libro, fue necesario agrupar esta información en diferentes rangos de puntaje total.

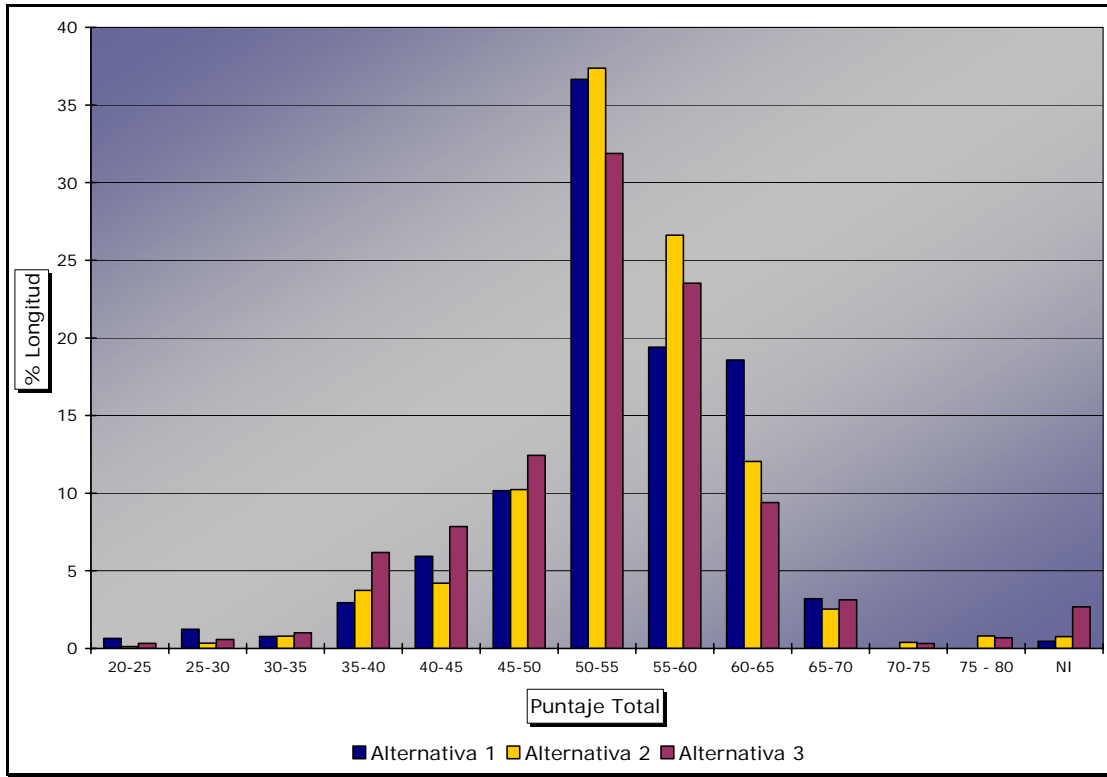
Los porcentajes de afectación por longitud para cada alternativa para los diferentes rangos de puntaje total del mapa de aptitud total, son mostrados en la Tabla 62 y en la Figura 95.

Tabla 62. Porcentajes de Longitud para rangos de aptitud total por alternativa

APTITUD TOTAL	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
	Longitud [m]	% Long	Longitud [m]	% Long	Longitud [m]	% Long
20 – 25	508,12	0,65	83,73	0,13	215,57	0,32
25 - 30	975,36	1,24	228,01	0,35	384,81	0,58
30 – 35	604,73	0,77	524,72	0,80	675,57	1,02
35 - 40	2306,01	2,94	2464,91	3,75	4106,04	6,17
40 – 45	4658,57	5,94	2769,62	4,21	5221,38	7,85
45 – 50	7971,45	10,16	6737,99	10,24	8267,08	12,43
50 – 55	28753,17	36,65	24586,97	37,37	21204,53	31,88
55 – 60	15222,35	19,40	17513,60	26,62	15642,03	23,52
60 – 65	14574,34	18,58	7923,94	12,04	6252,14	9,40
65 – 70	2516,42	3,21	1675,21	2,55	2086,04	3,14
70 – 75	0,00	0,00	255,84	0,39	207,04	0,31
75 - 80	0,00	0,00	533,06	0,81	465,74	0,70
NI	367,98	0,47	497,08	0,76	1779,01	2,67

Fuente: Autores de la investigación.

Figura 95. Porcentajes de Longitud para rangos de aptitud total por alternativa



Fuente: Autores de la investigación.

De estos valores, se puede observar que la mayor parte de la longitud de las tres alternativas se encuentran en rangos medios de puntaje total, comprendidos entre 50 y 65, con lo cual tenemos que los trazados que se realizaron en su mayor parte cumplen con la condición de puntaje total que se tenía para el trazado del corredor vial, en donde se requería que los alineamientos de las alternativas pasaran por zonas con puntajes mayores a 50.

5.5.7. Mapa de pendientes

Para las intersecciones con el mapa de pendientes, también se calcularon las longitudes de afectación para los diferentes tipos de terreno dado por rangos de pendientes transversales del terreno.

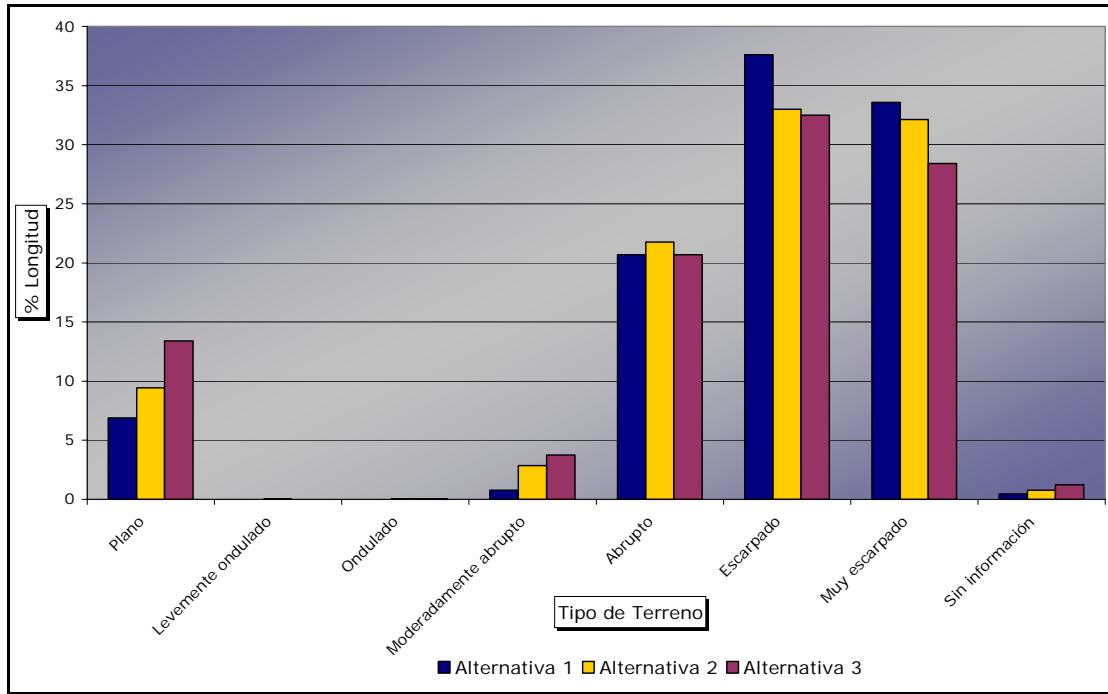
Los porcentajes de afectación por longitud para cada alternativa para los diferentes tipos de terreno del mapa dados en el mapa de pendientes, son mostrados en la Tabla 63 y en la Figura 96.

Tabla 63. Porcentajes de Longitud para tipo de terreno por alternativa

TIPO DE TERRENO	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
	Longitud [m]	% Long	Longitud [m]	% Long	Longitud [m]	% Long
Plano	5413,68	6,90	6214,3	9,44	8918,72	13,41
Levemente ondulado	0,00	0,00	10,44	0,02	0,00	0,00
Ondulado	0,00	0,00	25,57	0,04	11,08	0,02
Moderadamente abrupto	602,81	0,77	1877,83	2,85	2484,83	3,74
Abrupto	16234,00	20,69	14315,10	21,76	13769,70	20,70
Escarpado	29490,10	37,59	21711,40	33,00	21612,80	32,50
Muy escarpado	26353,80	33,59	21139,00	32,13	18897,90	28,41
Sin información	367,98	0,47	497,08	0,76	812,98	1,22
TOTAL	78458	100	65794	100	66506	100

Fuente: Autores de la investigación.

Figura 96. Porcentaje de Longitud por Tipo de Terreno por alternativa



Fuente: Autores de la investigación.

De estos datos se puede confirmar que la mayor parte del trazado de las diferentes alternativas se encuentra sobre terrenos con pendientes superiores al 25%, siendo predominantes los terrenos escarpados y muy escarpados. Esto puede traer dificultades para realizar la construcción e la vía y para diseñar los alineamientos óptimos tanto en planta como en perfil.

5.6. EVALUACIÓN DE TRAZADO DE ANTEPRELIMINARES POR CRITERIOS GEOMÉTRICOS

Aparte de la evaluación física de las zonas por donde pasan las diferentes alternativas, se planteo también una evaluación para los alineamientos horizontales y verticales de las mismas de acuerdo a los criterios geométricos descritos en la sección 2.1.3.3 del presente libro.

5.6.1. Alineamiento Horizontal

Para el alineamiento horizontal se evaluaron las alternativas por criterios de tortuosidad y grado de curvatura horizontal. Los cálculos detallados para obtener los resultados descritos a continuación para la alternativa 1, 2 y 3 son mostrados en los anexos C, E y G respectivamente.

5.6.1.1. Tortuosidad. La tortuosidad de los alineamientos horizontales de las diferentes alternativas se evaluó según la sección 2.1.3.3.1 del presente libro. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Tabla 64.

Tabla 64. Resultados de evaluación por Tortuosidad para las alternativas

ALTERNATIVA	LONGITUD [Km]	$\Sigma (D/R)$	TORTUOSIDAD $\Sigma (D/R)/L$
1	78,46	262,42	3,34
2	65,79	207,76	3,16
3	66,51	167,34	2,52

Fuente: Autores de la investigación.

De acuerdo al factor de tortuosidad, la alternativa que tiene mejores condiciones de desarrollo en curvas con respecto a los radios de curvatura es la alternativa 3, por tener un menor valor en este aspecto, debido a que las buenas características del alineamiento horizontal están en función inversa a la tortuosidad.

5.6.1.2. Curvatura horizontal media. La curvatura horizontal media de los alineamientos horizontales de las diferentes alternativas se evaluó según la sección 2.1.3.3.3 del presente libro. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Tabla 61.

Tabla 65. Resultados de evaluación por Curvatura horizontal media para las alternativas

ALTERNATIVA	LONGITUD [Km]	\sum DELTAS DE LOS PI [°]	CURVATURA HORIZONTAL [°/Km]
1	78,46	15035,86	191,64
2	65,79	11905,79	180,95
3	66,51	9587,77	144,16

Fuente: Autores de la investigación.

De acuerdo al factor de curvatura horizontal media, la alternativa que tiene mejores condiciones con respecto a los cambios de dirección de los alineamientos es la alternativa 3, por tener un menor valor en este aspecto. Según la Tabla 6 estas tres alternativas tienen buenas características para terrenos montañosos debido a que su curvatura horizontal media es menor a 300.

5.6.1.3. Radios de curvatura menores al mínimo. Debido a que en las alternativas fue necesario trazar algunas curvas circulares con radios menores a los estipulados en la sección 5.4.2.1.1 del presente libro, se realizara una evaluación del porcentaje que ocupan estos tramos curvos dentro de la longitud total de la alternativa, para saber la proporción de sectores críticos que puedan presentar problemas de seguridad y estabilidad en las curvas.

Para esto se deben obtener de los alineamientos horizontales de las tres alternativas, las curvas cuyos radios sean menores de 120 metros, con sus respectivas longitudes. Se sumaran las longitudes de estas curvas y se dividirá por la longitud total de la alternativa para conocer el porcentaje del alineamiento que no cumple las condiciones de curvatura mínima.

A la par se calculara para cada curva una diferencia relativa del radio de la misma con respecto al radio mínimo y se multiplicara este valor por la longitud de la curva.

Calculando la sumatoria de estos productos se tendrá un valor de la proporción que puede tener la diferencia de los radios con respecto al recomendado para y así conocer la magnitud de la posible problemática de seguridad y estabilidad en la marcha en estos sectores críticos.

La diferencia relativa entre el radio de la curva y el radio mínimo se calcula de la siguiente manera:

$$DRR = \frac{(120 - R_c)}{120} \quad 5.6$$

Donde

DRR = diferencia relativa de radio de la curva con radio mínimo

R_c = radio de la curva en metros

Los cálculos realizados en este aspecto para las alternativas 1, 2 y 3 son mostrados en las Tablas 66, 67, y 68 respectivamente.

Tabla 66. Curvas con radios menores al mínimo para la Alternativa 1

ALTERNATIVA 1						
PI #	ABS PC	ABS PT	RADIO [m]	LONGITUD [m]	DRR	L*DDR
11	5010,13	5263,05	85	252,92	0,29	73,77
12	5369,70	5577,56	110	207,86	0,08	17,32
14	6019,62	6258,57	80	238,95	0,33	79,65
15	6473,94	6695,13	90	221,19	0,25	55,30

25	11189,00	11510,68	110	321,68	0,08	26,81
26	11642,51	11873,04	85	230,53	0,29	67,24
42	16882,13	17024,29	80	142,16	0,33	47,39
45	17614,14	17833,77	90	219,63	0,25	54,91
48	18444,20	18622,73	100	178,53	0,17	29,75
49	18646,40	18753,41	100	107,01	0,17	17,83
55	20423,88	20706,36	105	282,48	0,13	35,31
56	20782,21	20915,25	100	133,04	0,17	22,17
57	20986,30	21112,36	100	126,06	0,17	21,01
64	22640,78	22810,80	80	170,02	0,33	56,67
65	23055,77	23295,92	90	240,15	0,25	60,04
66	23378,93	23568,76	100	189,83	0,17	31,64
67	23767,43	24051,53	100	284,10	0,17	47,35
73	27681,39	27975,41	100	294,02	0,17	49,00
82	32444,77	32662,99	100	218,22	0,17	36,37
90	36412,39	36578,28	85	165,89	0,29	48,38
91	36634,58	36860,78	85	226,20	0,29	65,97
96	38237,78	38448,15	100	210,37	0,17	35,06
105	42069,41	42318,21	110	248,80	0,08	20,73
113	45208,66	45370,10	90	161,44	0,25	40,36
114	45400,22	45451,17	100	50,95	0,17	8,49
117	46144,02	46278,01	110	133,99	0,08	11,17
120	47060,22	47198,10	100	137,88	0,17	22,98
121	47199,39	47348,64	100	149,25	0,17	24,88
126	48079,25	48190,25	80	111,00	0,33	37,00
127	48208,33	48353,95	90	145,62	0,25	36,40
128	48449,69	48583,18	80	133,49	0,33	44,50
129	48588,59	48768,55	90	179,96	0,25	44,99
130	48895,36	49015,17	80	119,81	0,33	39,94
131	49035,04	49239,80	100	204,76	0,17	34,13
132	49376,77	49548,58	100	171,81	0,17	28,64
143	52889,67	53103,55	100	213,88	0,17	35,65
144	53223,48	53431,83	110	208,35	0,08	17,36
150	54891,49	55114,08	80	222,59	0,33	74,20
161	58094,77	58257,50	100	162,73	0,17	27,12
170	61436,35	61510,08	100	73,73	0,17	12,29
171	61534,05	61717,58	100	183,53	0,17	30,59
188	69294,53	69525,02	90	230,49	0,25	57,62
TOTAL				7904,90		1627,98
LONGITUD ALTERNATIVA 1				78458,58		
PORCENTAJE DE LONGITUD TOTAL				10,08		

Fuente: Autores de la investigación.

Tabla 67. Curvas con radios menores al mínimo para la Alternativa 2

ALTERNATIVA 2						
PI #	ABS PC	ABS PT	RADIO [m]	LONGITUD [m]	DRR	L*DDR
28	12121,18	12274,47	100	153,29	0,17	25,55
29	12302,68	12476,60	100	173,92	0,17	28,99
31	12894,30	13060,53	110	166,23	0,08	13,85
32	13135,07	13463,59	110	328,52	0,08	27,38
35	14656,81	14908,25	100	251,44	0,17	41,91
40	16048,05	16326,24	100	278,19	0,17	46,37
44	17417,51	17538,50	100	120,99	0,17	20,17
46	18043,13	18228,75	100	185,62	0,17	30,94
49	18816,31	18960,87	100	144,56	0,17	24,09
56	20549,13	20692,83	80	143,70	0,33	47,90
58	20951,93	21074,56	100	122,63	0,17	20,44
59	21093,20	21268,15	80	174,95	0,33	58,32
67	23427,54	23571,13	90	143,59	0,25	35,90
69	24127,14	24381,27	110	254,13	0,08	21,18
72	24740,70	24916,33	90	175,63	0,25	43,91
75	25232,83	25413,26	80	180,43	0,33	60,14
92	30313,23	30437,27	100	124,04	0,17	20,67
102	33752,53	33940,17	100	187,64	0,17	31,27
109	35822,88	35996,48	100	173,60	0,17	28,93
112	36476,15	36657,33	100	181,18	0,17	30,20
116	37669,13	37765,80	100	96,67	0,17	16,11
117	37767,92	37888,90	100	120,98	0,17	20,16
121	38875,77	38976,58	85	100,81	0,29	29,40
123	39717,66	39909,34	90	191,68	0,25	47,92
131	42135,39	42274,25	80	138,86	0,33	46,29
132	42319,55	42458,80	80	139,25	0,33	46,42
138	44382,52	44596,78	80	214,26	0,33	71,42
150	47483,58	47684,17	100	200,59	0,17	33,43
151	47840,11	48066,14	100	226,03	0,17	37,67
154	48579,53	48733,67	100	154,14	0,17	25,69
TOTAL				5247,55		1032,60
LONGITUD ALTERNATIVA 2				65794,68		
PORCENTAJE DE LONGITUD TOTAL				7,98		

Fuente: Autores de la investigación.

Tabla 68. Curvas con radios menores al mínimo para la Alternativa 3

ALTERNATIVA 3						
PI #	ABS PC	ABS PT	RADIO [m]	LONGITUD [m]	DRR	L*DDR
1	302,84	417,41	80	114,57	0,33	38,19
2	464,27	538,03	80	73,76	0,33	24,59
12	3628,05	3812,52	100	184,47	0,17	30,75
25	8521,90	8722,61	70	200,71	0,42	83,63
42	14963,57	15138,57	70	175,00	0,42	72,92
54	18832,34	19027,47	70	195,13	0,42	81,30
63	23509,68	23720,43	70	210,75	0,42	87,81
101	39655,18	39861,56	70	206,38	0,42	85,99
115	42665,61	42847,10	70	181,49	0,42	75,62
116	42866,75	43055,10	70	188,35	0,42	78,48
133	46930,90	47103,19	70	172,29	0,42	71,79
134	47129,79	47202,30	70	72,51	0,42	30,21
137	47852,13	48054,51	70	202,38	0,42	84,33
164	57376,65	57571,49	70	194,84	0,42	81,18
167	58255,27	58380,59	70	125,32	0,42	52,22
TOTAL				2497,95		979,00
LONGITUD ALTERNATIVA 3				66506,36		
PORCENTAJE DE LONGITUD TOTAL				3,76		

Fuente: Autores de la investigación.

Como se observa en las tablas anteriores, la Alternativa 3 presenta un menor porcentaje de sectores que no cumplen los radios de curvatura mínimos con 3.76% de todo su recorrido. También presento el menor valor en la sumatoria de los productos de las diferencias relativas de radio y la respectiva longitud de la curva con 979. La alternativa 1 presenta los peores en estos aspectos con un porcentaje 10.08% y un valor de 1627.98 en el otro aspecto.

5.6.2. Alineamiento vertical

Para el alineamiento vertical se evaluaron las alternativas por criterios de longitud resistente y grado de curvatura horizontal. Los cálculos detallados para obtener los resultados descritos a continuación para la alternativa 1, 2 y 3 son mostrados en los anexos D, F y H respectivamente.

5.6.2.1. Longitud resistente. La longitud resistente o virtual de los alineamientos horizontales de las diferentes alternativas se evaluó según la sección 2.1.3.3.2 del presente libro. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Tabla 69.

Tabla 69. Resultados de evaluación por Longitud resistente para las alternativas

		L [Km]	PENDIENTE IDEAL [%]	K	CONTRAPENDIENTE		EXCESO DE PENDIENTE		LONGITUD RESISTENTE (Xo)	
					Sentido 1	Sentido 2	Sentido 1	Sentido 2	Sentido 1	Sentido 2
ALTERNATIVAS	1	78,46	8	35	1609,72	1156,86	75,63	142,76	137445,74	123945,05
	2	65,79	8	35	1130,41	649,07	0,00	32,88	105358,95	89662,85
	3	66,51	8	35	1101,20	610,24	0,00	11,18	105048,40	88256,20

Fuente: Autores de la investigación.

De acuerdo al factor de longitud resistente, las alternativas que tienen mejores condiciones en cuanto a la combinación de alineamiento horizontal y vertical en lo referente a los esfuerzos de tracción de los vehículos, son las alternativas 2 y 3, por tener una menor longitud virtual. A pesar que la longitud de la alternativa 1 es mayor, lo cual influye en el valor más elevado para la longitud resistente, también se observa que tiene más cantidad de excesos de desniveles por contrapendientes y por excesos de pendiente.

5.6.2.2. Subidas más bajadas. Las subidas más bajadas de los alineamientos horizontales de las diferentes alternativas se evaluaron según la sección 2.1.3.3.4 del presente libro. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Tabla 70.

Tabla 70. Resultados de evaluación por Subidas más bajadas para las alternativas

ALTERNATIVA	LONGITUD [Km]	Σ DESNIVELES ENTRE PIV [m]	SUBIDAS MÁS BAJADAS POR KM [m/Km]
1	78,46	2766,58	35,26
2	65,79	1779,48	27,05
3	66,51	1711,45	25,73

Fuente: Autores de la investigación.

De acuerdo al factor de subidas más bajadas, la alternativa que tiene mejores condiciones con respecto a los cambios de elevación de los alineamientos es la alternativa 3, por tener un menor valor en este aspecto. Según la Tabla 6 estas tres alternativas tienen buenas características para terrenos montañosos debido a que sus subidas más bajadas son menores de 50.

5.6.2.3. Tramos con pendientes mayores a las máximas. Debido a que en las alternativas fue necesario trazar algunos tramos de la línea rasante con pendientes mayores a las estipulados en la sección 5.4.3.1.1 del presente libro, se realizara una evaluación del porcentaje que ocupan estos tramos del perfil dentro de la longitud total de la alternativa, para saber la proporción de sectores críticos que puedan presentar problemas de pérdida de potencia en la subida para los vehículos pesados. Para esto se deben obtener de los alineamientos verticales de las tres alternativas, los tramos cuyas pendientes sen mayores de 8%, con sus respectivas longitudes.

Se sumaran las longitudes de estos tramos y se dividirá por la longitud total de la alternativa para conocer el porcentaje del alineamiento que no cumple las condiciones de pendientes máximas.

A la par se calculara para cada tramo una diferencia relativa del la pendiente de la misma con respecto a la pendiente máxima y se multiplicara este valor

por la longitud del tramo. Calculando la sumatoria de estos productos se tendrá un valor de la proporción que puede tener la diferencia de las pendientes con respecto a la recomendada para y así conocer la magnitud de la posible problemática de para los vehículos en las subidas. La diferencia relativa entre la pendiente del tramo y la pendiente máxima se calcula de la siguiente manera:

$$DRP = \frac{(P_T - 8)}{8} \quad 5.7$$

DRP = diferencia relativa la pendiente del tramo con la pendiente máxima

P_T = pendiente del tramo en %

Los cálculos realizados en este aspecto para las alternativas 1, 2 y 3 son mostrados en las Tablas 71, 72, y 73 respectivamente.

Tabla 71. Tramos con pendientes mayores a la máxima para la Alternativa 1

ALTERNATIVA 1							
PIV INICIAL #	PIV FINIAL #	ABS PIV INICIAL	ABS PIV FINAL	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	DRP	L*DRP
1	2	350,15	1117,60	11,80	767,45	0,48	364,54
7	8	5562,08	6604,72	9,7	1042,64	0,21	221,56
16	17	13042,87	13817,86	11,8	774,99	0,48	368,12
19	20	15265,96	16112,67	11,4	846,71	0,43	359,85
30	31	30529,01	31068,6	11,4	539,59	0,43	229,33
35	36	35927,74	37284,3	11,2	1356,56	0,40	542,62
38	39	44474,28	45421,05	10,5	946,77	0,31	295,87
58	59	73216,49	73912,64	8,5	696,15	0,06	43,51
61	62	77315,23	78076,28	11,2	761,05	0,40	304,42
TOTAL					7731,91		2729,82
LONGITUD ALTERNATIVA 1					78458,58		
PORCENTAJE DE LONGITUD TOTAL					9,85		

Fuente: Autores de la investigación.

Tabla 72. Tramos con pendientes mayores a la máxima para la Alternativa 2

ALTERNATIVA 2							
PIV INICIAL #	PIV FINIAL #	ABS PIV INICIAL	ABS PIV FINAL	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	DRP	L*DRP
18	19	15418,78	16309,49	9,9	890,71	0,24	211,54
38	37	42928,66	44524,2	9	1595,54	0,13	199,44
TOTAL					2486,25		410,99
LONGITUD ALTERNATIVA 2					65794,68		
PORCENTAJE DE LONGITUD TOTAL					3,78		

Fuente: Autores de la investigación.

Tabla 73. Tramos con pendientes mayores a la máxima para la Alternativa 3

ALTERNATIVA 3							
PIV INICIAL #	PIV FINIAL #	ABS PIV INICIAL	ABS PIV FINAL	PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	DRP	L*DRP
2	3	570,21	1194,22	8,3	624,01	0,04	23,40
8	9	3503,41	4075,45	9,4	572,04	0,18	100,11
12	13	4846,34	5019,93	8,4	173,59	0,05	8,68
90	91	65208,62	65812,77	8,1	604,15	0,01	7,55
TOTAL					1973,79		139,74
LONGITUD ALTERNATIVA 3					66506,36		
PORCENTAJE DE LONGITUD TOTAL					2,97		

Fuente: Autores de la investigación.

Como se observa en las tablas anteriores, la Alternativa 3 presenta un menor porcentaje de sectores que no cumplen las pendientes máximas con 2.97% de todo su recorrido. También presento el menor valor en la sumatoria de los productos de las diferencias relativas de pendientes y la respectiva longitud del tramo con 139.74. La alternativa 1 presenta los peores en estos aspectos con un porcentaje 9.85% y un valor de 2729.82 en el otro aspecto.

5.7. ESTIMACIÓN DE COSTOS APROXIMADOS DE CONSTRUCCIÓN

Con el objeto de tener una primera noción de los costos que acarrearía la ejecución del proyecto. Para esto se utilizarán los datos del Instituto Nacional de Vías de los costos de construcción por kilómetro para cada tipo de terreno y con la longitud que atraviesa cada una de las alternativas viales en cada tipo de terreno, se puede tener una idea global de los costo de construcción para cada una de las alternativas.

5.7.1. Costos de construcción por tipo de terreno por Kilómetro

De acuerdo a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Vías, las carreteras tienen un valor promedio para su construcción que varia de acuerdo al tipo de terreno que atraviere. Los valores de los costos aproximados de construcción por kilómetro según el tipo de terreno dados por el INVIAS se muestran en la Tabla 74.

Tabla 74. Costos de construcción por Kilómetro para cada tipo de Terreno

Tipo de Terreno	Costo (\$/Km.)
Plano	350.000.000
Ondulado	1.450.000.000
Montañoso	1.670.000.000

Fuente: Autores de la investigación.

5.7.2. Distancias por tipo de terreno

Según los resultados obtenidos en la sección 5.5.7 y la Tabla 59 del presente libro para las longitudes de cada alternativa por tipo de terreno se puede

hacer un reagrupamiento de las clases para que se pueda hacer el cálculo estimativo de los costos totales de construcción para cada una de las alternativas. Los nuevos valores para las longitudes de las alternativas por tipo de terreno se muestran en la Tabla 75.

Tabla 75. Longitudes por Tipo de Terreno para las alternativas

Tipo de Terreno	Longitud (m)		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Plano	5,41	6,21	8,92
Ondulado	0,00	0,04	0,01
Montañoso	73,05	59,54	57,58

Fuente: Autores de la investigación.

5.7.3. Costos aproximados de construcción

De acuerdo a los datos de de las Tablas anteriores se puede obtener un estimativo de los costos aproximados de construcción para cada una de las alternativas en pesos y asumiendo el valor del dólar en 2350 pesos colombianos se puede calcular en dólares. Los costos estimados totales de construcción para cada una de las alternativas en pesos y dólares se muestran en la Tabla 76.

Tabla 76. Costos estimados para las alternativas

Tipo de Terreno	COSTOS TOTALES		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Plano	1.894.788.000	2.175.005.000	3.121.552.000
Ondulado	0	52.214.500	16.066.000
Montañoso	121.991.312.300	99.432.484.700	96.155.610.700
Total \$	123.886.100.300	101.659.704.200	99.293.228.700
Total US\$	52.717.489	43.259.449	42.252.438

Fuente: Autores de la investigación.

6. CONCLUSIONES

- El modelo digital en tres dimensiones de la zona de influencia del corredor vial del proyecto integral de conexión entre Bucaramanga y los Llanos Orientales es una herramienta muy útil para visualizar de una manera más clara las características topográficas, hidrográficas de la zona de estudio y los asentamientos humanos e infraestructura vial presente en la misma.
- Mediante la observación del modelo digital en tres dimensiones de la zona de estudio, se puede apreciar la complejidad del relieve presente en la zona del Cañón del Chicamocha, con pendientes transversales del terreno muy elevadas que dificultan el trazado de la carretera por esa zona.
- El proyecto de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales dentro del cual esta enmarcado el estudio realizado en este trabajo, puede ser un importante proyecto de desarrollo regional entre zonas del país que poseen climas y rasgos culturales similares, porque al contar con una conexión vial más eficiente se genera así mayores movimientos de los mercados productivos del sector agrícola y ganadero de estas regiones y un auge en el sector turístico por la variedad de los paisajes y sitios que se pueden visitar en las mismas.
- La mejoría en las condiciones entre el corredor vial existente y el propuesto para viajar de Bucaramanga a los Llanos Orientales, se ve reflejada en la reducción sustancial de la distancia desde esta ciudad hasta la Marginal del Llano, la cual es una vía de conexión rápida entre

los principales centros de producción del Llano; llegando a esta vía se puede tener una variedad de posibilidades para el intercambio comercial y cultural con esta bella región del Oriente Colombiano, es decir se puede tener acceso rápido tanto al Departamento de Arauca como al Departamento de Casanare.

- Con el desarrollo de la carretera por el Cañón del Chicamocha se genera integración de la parte suroriental del Departamento de Santander, con la zona nororiental del Departamento de Boyacá y la parte norte del Departamento de Casanare a través de anillos viales los cuales propician la creación de circuitos turísticos alrededor de los municipios de la zona con lo cual se puede dar un importante intercambio social y cultural entre ellos.
- Además de ser un medio para la conexión entre Santander y los Llanos, si se logra una conexión vial eficiente, el corredor vial también puede ser usado por los usuarios que deseen hacer viajes desde el llano hasta los puertos de la costa Atlántica, con lo cual esta importante región para la producción del sector primario del país se vería beneficiada por la disminución de los costos de transporte hacia los puertos del Atlántico, generándose así alternativas de exportación más atractivas para los productores más importantes de la zona.
- En lo referente a la parte del proyecto que corresponde al Departamento de Santander, es decir la construcción de la vía por el Cañón del río Chicamocha desde el sector de Pescadero hasta el municipio de Capitanejo, se puede esperar que sea un importante propulsor del desarrollo de la Provincia de García Rovira, la cual por el aislamiento que presenta del Área Metropolitana de Bucaramanga, centro de producción y

consumo del departamento, ocasionado por la falta de buenas vías de comunicación, ha vivido un retraso económico y social del resto del departamento.

- Al plantear una vía con buenas especificaciones, se puede mejorar considerablemente el tiempo de viaje hasta el Municipio de Málaga, y a pesar que con la alternativa propuesta no se reduce en mucho la longitud hasta esta ciudad, si se pueden tener vías con mejores especificaciones que la que actualmente conduce a este municipio, la cual se encuentra en precarias condiciones por la inestabilidad geología presente en la zona y a la complejidad de la topografía.
- La herramienta PRODIVIAL, es de gran utilidad a la hora de la selección del corredor vial óptimo, debido a la sencillez en su manejo al trabajar con información espacial de fácil entendimiento como son los diferentes mapas temáticos que nos den información de las características de la zona por donde pasa la vía.
- El proceso de unificación de la información necesaria para analizar el corredor vial por el Cañón del Chicamocha, presentó ciertas dificultades debido a la diversidad que se encontró en las clasificaciones dadas en los mapas temáticos en algunos de los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los municipios de la zona de estudio.
- Se pudo obtener un Mapa que representa la aptitud general del suelo para ser usado en el trazado de la carretera, como una combinación de los diferentes factores analizados en los mapas temáticos; al obtener en cada zona un valor numérico que resulta de la intersección de clases de los mapas temáticos con sus respectivos puntajes dentro del tema, y de

los diferentes valores de ponderación que se le asignaron a cada mapa temático de acuerdo al tipo de análisis con que se trabajó, se puede discriminar aquellas zonas que resultan más aptas para el trazado de la carretera con un criterio integral.

- ✦ Al realizar el procesamiento de la información topográfica de la zona, para obtener el mapa de pendientes, se pudo reafirmar lo que se había observado mediante el modelo digital del terreno, es decir, que la zona del Cañón del Chicamocha por donde se requería realizar el análisis del corredor vial, presenta pendientes transversales fuertes, siendo la mayor parte de esta zona montañosa y escarpada con pendientes transversales superiores al 25%. Cabe resaltar que los datos obtenidos en este mapa de pendientes no son del todo confiables, debido a que la escala a la cual estaba la información topografía de la zona no es la más adecuada para hacer este tipo de análisis y que el método vectorial que se realizó para la obtención del mapa tampoco es el más adecuado, es preferible obtener este tipo de mapas en formato raster.
- ✦ Debido a los inconvenientes encontrados con el mapa de pendientes, en donde las zonas con pendientes transversales adecuadas eran mínimas, fue necesario manejar la información topográfica de una manera diferente a la propuesta en el desarrollo del método que se propone en la herramienta PRODIVIAL, es decir fue necesario visualizar en solo mapa la información de las zonas más óptimas por aptitud total del suelo y las curvas de nivel, para así poder realizar el trazado de las alternativas teniendo en cuenta pasar por suelos más aptos y trazar los alineamientos con pendientes adecuadas en las zonas donde se debían vencer los desniveles.

- Se realizó el trazado en planta de 3 alternativas para la vía por el Cañón del Chicamocha, de las cuales se obtuvo la información del perfil del terreno con el uso del programa Eagle Point. Estos perfiles de las alternativas no son precisos debido a la escala de la información topográfica, pero sirven de referencia para realizar un trazado del perfil longitudinal de las diferentes alternativas y de las pendientes que se pueden estar manejando en el mismo. Con este programa se pudo obtener la información numérica necesaria para describir los alineamientos horizontales y verticales.

- Para hacer la evaluación por criterios físicos de las zonas por donde atraviesan las diferentes alternativas, se realizó una intersección entre los alineamientos horizontales de las alternativas y los diferentes mapas temáticos, con el objeto de conocer el porcentaje que había dentro de la longitud de la alternativa de cada clase del tema y evaluar de acuerdo a los puntajes dados a cada clase la aptitud de la alternativa en el tema.

- En esta evaluación física se obtuvo que las tres alternativas tienen resultados muy similares en los diferentes temas, de los cuales se obtuvo que estas tienen buena aptitud en temas como la geología y fallas geológicas, con lo cual se puede afirmar que los suelos que servirán como subrasante para la vía tendrán altas resistencias mecánicas para soportar las estructuras de pavimento y las cargas del tráfico que se diseñen para la vía; sin embargo en temas como la geomorfología y las amenazas se obtuvieron regulares resultados para la aptitud, con lo cual se puede deducir que los terrenos por donde se piensa trazar la carretera son propensos a fenómenos de deslizamientos y erosión, que pueden afectar la estabilidad de los taludes que conformen la banca de la vía.

- A pesar que en los aspectos ambientales los resultados no fueron tan negativos, se debe anotar que la zona del proyecto se encuentra en su mayor parte sobre una región de ecosistema estratégico con tendencia a la aridez, por lo tanto si se desea continuar con los estudios se debe tener muy en cuenta el impacto ambiental que la vía pueda generar en las zonas de vida de la región, y el diseño e implementación de actividades que busquen recuperar la cobertura vegetal de la zona, evitando así la erosionabilidad de los suelos y así poder mejorar las condiciones de estabilidad de los suelos.
- Paralelamente se realizó una evaluación por criterios geométricos para cada una de las alternativas, de acuerdo a metodologías que evalúan las características de los alineamientos horizontales y verticales. De este análisis se obtuvo que la alternativa 1 no presenta las condiciones adecuadas para llevarla a análisis posteriores, mientras que las alternativas 2 y 3 tienen características similares y adecuadas, lo cual amerita que sean llevadas a estudios mas detallados con el fin de obtener el alineamiento definitivo para la vía con las mejores especificaciones para el diseño en planta, perfil y secciones trasversales.

7. RECOMENDACIONES

- El presente trabajo se debe complementar con estudios económicos detallados que permitan justificar integralmente el proyecto de integración regional entre Bucaramanga y los Llanos Orientales, mediante análisis de costos y beneficios entre el corredor vial existente y el propuesto.
- Se deben adelantar estudios de tráfico más profundos que permitan conocer más exactamente el rango de tráfico que puede llegar a tener la vía de acuerdo a parámetros socioeconómicos, que permitan conocer el flujo de vehículos actuales entre las regiones afectadas por el proyecto y el que podría llegar a tener con el desarrollo del proyecto, estimando valores para los tráficos atraídos y generados por el desarrollo del nuevo proyecto.
- Es necesario realizar visitas de campo a la zona del Cañón del Chicamocha con el objeto de conocer las condiciones reales del terreno y así tener una visión más completa de los aspectos que puedan dificultar el trazado propuesto para las alternativas, y así buscar soluciones adecuadas con estudios detallados.
- A la par se debe realizar un reconocimiento de campo de las diferentes vías que se plantearon como alternativa para el nuevo corredor vial entre Bucaramanga y Los Llanos Orientales, con el objeto de conocer el estado de la vía y comenzar el estudio de las diferentes alternativas de mejoramiento que se requieran para adecuarlas a las especificaciones que se deseen obtener para una vía nacional.

- La alternativa 1 debe ser descartada de llevarse a estudios más profundos, debido a que no presenta características geométricas adecuadas.
- Las alternativas 2 y 3 deben ser llevadas a estudios de factibilidad más detallados, que utilicen información cartográfica más detallada con el objeto de ajustar los alineamientos horizontales y verticales de las alternativas lo más posible a la forma natural del terreno para así minimizar los volúmenes de movimientos de tierra.
- En estudios posteriores se debe trabajar con información primaria obtenida directamente de las características reales de la zona, como son levantamientos topográficos de precisión en escalas detalladas de la zona del corredor vial, y estudios de suelos detallados que permitan conocer las características estructurales y morfológicas de las zonas que se verán afectadas por la vía.
- Deben adelantarse estudios de impacto ambiental que se generen por el desarrollo del proyecto, con el objeto de estudiar los posibles daños a los ecosistemas y especies naturales de la zona de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- ARBOLEDA VÉLEZ, Carlos Alberto. Formulación y Evaluación de Proyectos Viales y de Transporte. Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil, Popayán, 2005.
- BRAVO, Paulo Emilio. DISEÑO DE CARRETERAS Técnica y Análisis del Proyecto. Sexta Edición, Bogotá, 1998.
- CÁRDENAS GRISALES, James. Diseño Geométrica de Vías. Ecoe Ediciones. Universidad del Valle.
- CASTELLANOS NIÑO, Víctor Manuel. Principios Fundamentales de Diseño Vial. Ediciones UIS, Bucaramanga, 1993.
- ESPARZA VELASCO, Fabio Hernando. Implementación de una Herramienta basada en un SIG para apoyar la Selección de un Corredor Vial, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2004.
- ESQUEMAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL de los Municipios en estudio, de los Departamentos de Santander, Boyacá y Casanare.
- GÓMEZ GÓMEZ, Jorge Hernando. Curso Básico de Arcview. Autoaprendizaje. Ediciones UIS, Bucaramanga.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE E INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, Bogotá, 1998.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE E INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Volúmenes de Transito 2003.
- SALAS RONDÓN, Miller Humberto. Diseño Geométrico de Carreteras. Primera Edición. Bucaramanga, 2003.
- SANTANDER Nuestro Departamento, Centro de Estudios Regionales- Universidad Industrial de Santander, Publicaciones UIS, Bucaramanga, 1999.
- THOMAS F. HICKERSON. Levantamiento y trazado de caminos.
- <http://www.dane.gov.co>
- <http://www.gobernaciondesantander.gov.co>
- <http://www.igac.gov.co>
- <http://www.invias.gov.co>
- <http://www.mintransporte.gov.co>

ANEXOS

Anexo A. Serie Histórica y Composición del Tránsito Promedio Diario Semanal

SECTOR	LONGITUD [Km]	SERIE HISTORICA																				
		1992			1993			1994			1995			1996			1997			1998		
Piedecuesta - Los Curos	10	3485			3807			4035			4617			4112			4433			4770		
		43	08	49	42	08	50	43	09	48	53	06	41	55	07	38	58	06	36	62	06	32
Los Curos - San Gil	70	2318			2345			2640			2660			3552			2456			2521		
		37	9	54	41	9	50	39	10	51	50	7	43	60	4	36	54	6	40	54	7	39
San Gil - Berlín	17	3122			3344			3875			4005			4069			4072			3985		
		50	7	43	54	7	39	54	6	40	64	5	31	62	6	32	58	7	35	67	6	27
Berlín - Socorro	7	2831			2847			3146			3077			3443			3209			3430		
		43	7	50	45	9	46	45	9	46	54	9	37	56	7	37	49	7	44	58	8	34
Socorro - Oiba	29	2197			2211			2211			2146			2353			2092			2256		
		35	9	56	39	10	51	39	10	51	45	8	47	45	9	46	45	7	48	54	6	40
Oiba - Vado Real	28	2131			2124			2229			2159			2213			2036			2220		
		36	9	55	37	11	52	35	12	53	44	11	45	46	9	45	47	10	43	53	7	40
Vado Real - Guepsa	27	2743			2786			2952			2276			4022			2246			2980		
		44	7	49	47	9	44	46	9	45	4	10	46	63	7	30	49	9	42	60	8	32
Guepsa- Barbosa	12	3317			3534			3749			4015			4067			3763			4149		
		52	6	42	54	7	39	55	7	38	63	6	31	62	6	32	60	7	33	66	6	28
Barbosa - Moniquira	9	3398			3275			3653			4525			3621			3499			3874		
		50	9	41	55	7	38	50	9	41	72	5	23	69	8	23	67	9	24	69	9	22
Moniquira - Arcabuco	24	2588			2238			2557			2476			2012			2267			1930		
		41	8	51	43	8	49	38	9	53	54	8	38	55	8	37	63	7	30	61	7	32
Arcabuco - Sote	29	2771			2757			2931			2841			2416			2334			2520		
		45	8	47	45	9	46	43	9	48	59	7	34	60	6	34	62	7	31	65	5	30
Sote - Tunja	14	2755			2750			3033			2839			2407			2371			2668		
		46	8	46	48	8	44	43	11	46	60	7	33	64	6	30	66	6	28	69	5	26
Tunja - Mortiñal	11	6039			6462			7218			7717			8556			8871			9144		
		68	7	25	68	7	25	68	6	26	68	8	24	72	6	22	74	5	21	76	5	19
Mortiñal - Paipa	25	4753			4900			4749			5886			5725			5549			7091		

		62	7	31	61	8	31	62	7	31	61	8	31	66	6	27	63	6	31	71	5	24
Paipa - Duitama	14	7893			8520			7458			9150			4783			9078			9822		
		61	9	30	68	7	25	63	7	30	62	10	28	67	3	29	70	5	25	67	12	21
Duitama - La Ye	4	8531			10016			9293			11576			10663			11877			12653		
		67	7	26	68	7	25	66	11	23	70	8	22	66	12	22	72	6	22	77	5	18
La Ye - Sogamoso	15	4234			4734			4302			5646			4801			3237			6102		
		67	10	23	71	7	22	68	11	21	78	6	16	76	6	18	72	3	25	75	8	17
Sogamoso - El Crucero	17	1229			1086			1187			1306			1279			1900			2360		
		46	8	46	54	9	37	49	10	41	51	7	42	48	10	42	56	11	33	65	9	26
El Crucero - Pajarito	74	486			261			615			605			562			675			516		
		20	9	71	28	9	63	14	11	75	28	11	61	28	13	59	28	10	62	38	13	49
Pajarito - Aguazul	33	275			271			475			598			689			734			624		
		18	14	68	18	9	73	27	13	60	38	10	52	36	12	52	40	12	48	41	11	48
Aguazul - Yopal	27	1152			1169			1694			2209			2476			4028			3711		
		59	4	37	69	4	27	64	4	32	69	6	25	67	5	28	67	7	26	69	8	23

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE E INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Volúmenes de Transito 2003.

Continuación ANEXO A

SECTOR	LONGITUD [Km]	SERIE HISTORICA														
		1999			2000			2001			2002			2003		
Piedecuesta - Los Curos	10	4351			4331			5852			4846			4723		
		58	7	35	59	8	33	65	8	27	60	7	33	64	4	32
Los Curos - San Gil	70	2656			2245			3391			2565			2690		
		55	7	38	54	6	40	58	10	32	49	13	38	53	8	39
San Gil - Berlín	17	4373			3985			4681			4018			4391		
		70	5	25	68	5	27	63	8	29	62	10	28	63	6	31
Berlín - Socorro	7	3582			3160			4226			3495			3920		
		62	7	31	66	4	30	63	9	28	60	10	30	64	6	30
Socorro - Oiba	29	2386			2617			3641			2333			2419		
		52	9	39	60	5	35	66	6	38	52	8	40	57	8	35
Oiba - Vado Real	28	2277			2010			2642			2154			2192		
		52	8	40	51	7	42	55	9	36	50	10	40	54	9	37
Vado Real - Guepsa	27	3367			2894			3325			3124			2721		
		62	7	31	62	7	31	62	6	32	64	6	30	53	8	39
Guepsa- Barbosa	12	4500			4110			2980			4318			4650		
		68	5	27	67	7	26	56	10	34	71	5	24	74	6	20
Barbosa - Moniquira	9	4019			4173			3968			3379			3619		
		69	7	24	64	11	25	65	9	26	67	8	25	75	5	20
Moniquira - Arcabuco	24	2333			2181			2557			1963			3338		
		56	7	37	42	14	44	62	7	31	50	14	36	74	5	21
Arcabuco - Sote	29	2575			3008			3084			2467			2745		
		60	7	33	59	10	31	66	6	28	60	7	33	67	4	29
Sote - Tunja	14	2861			2908			3057			2675			2844		
		65	6	29	59	11	30	66	6	28	66	7	27	71	5	24
Tunja - Mortiñal	11	9547			8451			8217			9060			9742		
		76	5	19	76	6	18	74	6	20	74	6	20	77	3	20
Mortiñal - Paipa	25	7029			4286			5006			4297			4357		

		72	5	23	61	10	29	63	10	27	56	13	31	58	6	36
Paipa - Duitama	14	8403			8132			9937			8207			8784		
		73	6	21	70	8	22	69	5	26	69	9	22	68	4	28
Duitama - La Ye	4	11610			11224			12251			10796			11147		
		76	5	19	74	7	19	73	8	19	74	8	18	73	10	17
La Ye - Sogamoso	15	7672			9222			6627			5872			6195		
		84	4	12	84	5	11	77	8	15	74	11	15	71	15	14
Sogamoso - El Crucero	17	2607			2248			1037			1059			1152		
		67	6	27	71	4	25	58	8	34	63	5	32	63	9	28
El Crucero - Pajarito	74	407			338			351			269			355		
		29	14	57	26	12	62	49	11	40	27	17	56	34	8	58
Pajarito - Aguazul	33	410			391			388			271			371		
		31	14	55	27	12	61	35	10	55	27	14	59	35	12	53
Aguazul - Yopal	27	2933			2827			2883			3012			2980		
		68	9	23	63	12	25	65	12	23	64	12	24	71	9	20

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE E INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Volúmenes de Transito 2003.

Anexo B. Matriz Origen - Destino Toneladas Transportadas (Año 2000)

REGIÓN	AMAZONAS	ANTIOQUIA	ARAUCA	ATLÁNTICO	BOGOTA	BOLÍVAR	BOYACÁ	CALDAS	CAQUETÁ	CAUCA	CASANARE
ANTIOQUIA	-	2408440	7919	758718	895484	748672	45134	211109	3506	72420	5474
ATLÁNTICO	-	958080	-	70619	881310	546376	99922	37125	5185	14399	12862
BOGOTA	467	1500072	17224	680105	50684	558629	765154	133745	66489	58355	93037
BOLÍVAR	17217	811965	1716	276280	1221823	188067	83395	73496	369	38298	5480
BOYACÁ	23769	91285	8121	181622	1004150	71784	480470	5403	-	6004	96968
CALDAS	-	273098	-	51824	104617	42980	5576	103272	2308	11530	1179
CAUCA	-	29779	-	9062	37195	4693	1895	8970	7222	297454	2408
CESAR	-	54497	-	449222	59785	58828	4479	7125	-	-	4631
CÓRDOBA	-	131987	-	160850	47131	160368	1995	12309	-	7625	163
CUNDINAMARCA	-	174721	885	55436	173955	30893	304697	14963	6894	11485	4402
CHOCO	-	24152	-	2390	-	84	-	2863	-	-	40
HUILA	-	169088	-	41846	46881	18061	4157	14353	285400	44374	3775
GUAJIRA	925	96159	-	46923	29601	37132	1979	1718	4166	4649	4353
MAGDALENA	-	188026	-	104073	366973	24464	40276	27366	-	4855	29760
META	-	150700	3517	58651	506161	5151	21644	399	115	42985	11021
NARIÑO	-	219047	-	53949	377594	6748	3993	40742	1715	126390	355
NORTE SDER	63118	95111	35527	185358	258540	104355	88822	7556	-	12617	1418
QUINDÍO	-	52596	-	9265	61486	13348	2027	50291	810	7676	44
RISARALDA	-	312385	972	108560	185815	26520	5046	327696	6723	7026	950
SANTANDER	-	234407	10398	282950	589063	129321	144712	52089	4423	14990	18888
SUCRE	-	91032	-	39580	11455	54096	4380	2933	-	-	-
TOLIMA	-	507521	3908	42261	668771	43236	48803	281681	32299	48598	4537
VALLE	10692	2092172	1300	913928	3678917	452860	120614	517482	81054	394001	2078
ARAUCA	-	89	-	-	40689	-	6484	-	-	222	7257
CAQUETÁ	-	8059	-	3621	17067	418	1228	1321	1460	3906	-
CASANARE	-	1278	3421	38575	72871	2987	20694	4679	808	60	223970
PUTUMAYO	-	148	-	1168	14990	764	437	462	-	1821	-
AMAZONAS	1839	-	-	-	-	-	-	-	-	323	-
GUAVIARE	-	-	-	-	614	-	-	-	-	-	-
VAUPES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VICHADA	-	5464	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DESTINO	118027	10681358	94908	4626836	11403622	3330835	2308013	1941148	510946	1232063	535050

Continuación ANEXO B

REGIÓN	CHOCO	CESAR	CÓRDOBA	CUNDINAMARCA	GUAJIRA	GUAVIARE	HUILA	MAGDALENA	META	NARIÑO	NORTE SDER
ANTIOQUIA	54508	69879	148985	41401	59954	530	53381	112881	68578	145532	228843
ATLÁNTICO	-	162972	196687	59021	101837	-	75112	56949	17820	32445	67624
BOGOTA	6860	60254	70460	200038	20022	1314	73366	71393	422821	318438	335329
BOLÍVAR	6226	79075	100481	23769	57183	-	12447	44808	29480	25799	33615
BOYACÁ	1601	33345	27515	225605	13253	-	42595	13533	93817	19252	353730
CALDAS	7683	13144	10036	16667	16367	-	23925	2268	3798	52327	63730
CAUCA	-	-	4667	673	-	-	28338	-	-	51746	898
CESAR	452	342247	21643	1745	68059	-	1421	1186169	8306	7173	27161
CÓRDOBA	-	26402	202125	170	12942	-	-	7182	695	5350	6704
CUNDINAMARCA	-	4428	2062	27052	-	277	27819	20620	36840	5424	23312
CHOCO	3901	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HUILA	-	1300	5379	21195	2002	-	576200	25388	2116	60833	131
GUAJIRA	-	105087	4344	3114	236771	-	3468	18064	7413	9982	5977
MAGDALENA	-	88869	12965	5876	26918	-	3820	306320	6674	5006	22794
META	11703	-	29606	10412	4169	11123	2342	13538	146165	38800	13286
NARIÑO	465	864	6472	2465	4200	-	39098	1824	6065	404271	33592
NORTE SDER	-	46419	48511	11940	11916	-	6135	40673	-	6730	348735
QUINDÍO	335	-	-	3232	-	-	3134	5346	368	16738	94
RISARALDA	15310	21189	3515	11817	-	-	15254	6002	1310	23568	151808
SANTANDER	-	162587	28542	116123	33978	314	17114	73299	35785	19598	395165
SUCRE	648	6302	249388	265	7781	-	-	1689	1908	395	3328
TOLIMA	10733	8287	4926	168006	1455	-	259870	1749	44070	139084	4062
VALLE	17100	100690	83375	77296	42173	330	225417	115940	101975	1054376	319307
ARAUCA	-	-	-	465	-	-	269	-	-	-	30549
CAQUETÁ	-	6139	-	1226	-	-	58688	570	-	219	-
CASANARE	808	291	3355	1944	-	-	1250	3561	37176	3366	8215
PUTUMAYO	-	-	-	-	-	-	30346	-	-	25040	-
AMAZONAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11303
GUAVIARE	-	-	-	-	-	-	-	-	2625	-	-
VAUPES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VICHADA	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	-
TOTAL DESTINO	138333	1339770	1265039	1031517	720980	13888	1580809	2129766	1075838	2471492	2489292

Continuación ANEXO B

REGIÓN	PUTUMAYO	QUINDÍO	RISARALDA	SANTANDER	SUCRE	TOLIMA	VALLE	VAUPES	VICHADA	TOTAL ORIGEN
ANTIOQUIA	3929	227891	317945	242270	83509	99277	1143002	-	-	8377091
ATLÁNTICO	1349	28201	91007	213102	52877	14961	378475	-	-	4257157
BOGOTA	29285	57644	216677	313959	42950	319537	1503781	-	10815	8062431
BOLÍVAR	524	2284	11688	82997	47538	52215	265791	-	-	3669592
BOYACÁ	4425	29724	32234	206185	297	49176	349156	-	-	3482075
CALDAS	598	95475	203416	55454	1931	54406	349203	-	-	1582426
CAUCA	244	5304	7453	24163	2863	8428	412562	539	-	946555
CESAR	-	311	17154	86158	183645	-	19454	-	-	2612124
CÓRDOBA	47	5392	8588	150076	55383	5437	100121	-	-	1110904
CUNDINAMARCA	309	14491	35145	77659	12801	172655	169914	-	-	1653938
CHOCO	-	22804	25230	-	-	-	14024	-	-	95488
HUILA	43331	32580	10758	19740	-	43799	259044	-	-	1732319
GUAJIRA	-	-	1793	30644	17893	5942	13575	-	-	705971
MAGDALENA	-	939	410	370732	1433	3570	41801	456	-	1689107
META	-	810	13278	4640	4480	34905	150953	-	-	1290556
NARIÑO	132265	34360	45632	32215	2520	13444	805707	-	-	2421906
NORTE SDER	-	11946	26666	123173	9110	7415	119679	-	-	1675446
QUINDÍO	808	78582	145014	5104	14153	3457	374661	-	-	848586
RISARALDA	150	303998	40692	71110	156	46047	514664	-	-	2246952
SANTANDER	-	12977	29776	585317	15645	32553	296478	-	-	3252241
SUCRE	-	8229	3834	15717	121377	372	19671	-	-	644381
TOLIMA	4135	25996	243417	27824	6449	620207	336808	-	-	3601308
VALLE	9292	406660	997804	368161	37957	267885	2866242	219	-	15568612
ARAUCA	-	-	4768	17659	11488	43222	20793	-	-	183955
CAQUETÁ	2052	1091	4273	4407	-	12604	76606	-	-	204955
CASANARE	-	-	-	28645	-	125189	6600	-	-	589989
PUTUMAYO	11306	622	420	-	-	13680	25411	-	-	126613
AMAZONAS	-	-	-	-	-	-	2539	-	-	16005
GUAVIARE	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3240
VAUPES	-	-	-	-	-	-	469	-	-	469
VICHADA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5497
TOTAL DESTINO	244049	1408313	2535072	3157111	726455	2050383	10637184	1214	10815	72657889

Fuente: Encuesta de Carga Ministerio de Transporte

Anexo C. Cartera resumen del alineamiento horizontal trazado para la Alternativa 1

PI #	COORDENADAS		DISTANCIA ENTRE PI	CURVA No.	ANGULO DE DEFLEXIÓN				ABSCISAS		ELEMENTOS DE LA CURVA			ENTRE-TANGENCIA	(D/R)	
	NORTE	ESTE			G	M	S	ANGULO (Grados)	PC	PT	Radio (D)	Tangente (T)	Longitud (D)			
BOP	1246697,80	1119293,71	0,00	0												
1	1246309,51	1119802,87	640,32	1	29	55	07	D	29,9186	506,72	767,81	500	133,59	261,09	0,00	0,5222
2	1245974,99	1119943,16	362,75	2	10	12	4	I	10,2011	961,26	1032,48	400	35,70	71,22	193,45	0,1781
3	1245739,09	1119995,67	241,67	3	38	49	50	I	38,8306	1146,81	1323,02	260	91,64	176,21	114,33	0,6777
4	1245575,43	1120200,55	262,22	4	44	13	53	I	44,2314	1420,45	1559,41	180	73,15	138,96	97,43	0,7720
5	1245612,95	1120582,28	383,57	5	64	20	25	D	64,3403	1756,60	1958,74	180	113,22	202,14	197,19	1,1230
6	1245287,19	1120780,13	381,13	6	16	11	32	I	16,1922	2169,75	2282,79	400	56,90	113,04	211,01	0,2826
7	1244882,06	1121221,71	599,27	7	40	33	46	I	40,5628	2603,44	3028,21	600	221,73	424,77	320,65	0,7080
8	1244864,99	1121717,39	495,98	8	14	57	06	I	14,9517	3243,41	3360,84	450	59,05	117,43	215,20	0,2610
9	1245069,06	1122602,81	908,63	9	150	20	02	D	150,3339	3757,30	4072,16	120	453,12	314,86	396,46	2,6238
10	1244464,90	1121946,83	891,80	10	93	02	52	I	93,0478	4299,91	4624,70	200	210,93	324,79	227,75	1,6240
11	1243335,20	1123104,20	1617,32	11	170	28	54	D	170,4817	5010,13	5263,05	85	1020,95	252,92	385,43	2,9755
12	1244065,37	1122053,18	1279,76	12	108	16	07	I	108,2686	5369,70	5577,56	110	152,15	207,86	106,65	1,8896
13	1243642,31	1121927,70	441,27	13	34	15	59	I	34,2664	5820,44	5910,15	150	46,24	89,71	242,88	0,5981
14	1242510,83	1122289,81	1188,01	14	171	08	14	D	171,1372	6019,62	6258,57	80	1032,30	238,95	109,47	2,9869
15	1243852,40	1121617,74	1500,49	15	140	48	39	I	140,8108	6473,94	6695,13	90	252,83	221,19	215,37	2,4577
16	1243378,52	1121511,99	485,53	16	31	32	50	I	31,5472	6871,34	6981,46	200	56,50	110,12	176,21	0,5506
17	1242930,99	1121665,80	473,22	17	36	13	52	D	36,2311	7267,33	7520,27	400	130,86	252,94	285,87	0,6324
18	1242368,69	1121491,05	588,84	18	51	56	29	I	51,9414	7856,47	8083,11	250	121,78	226,64	336,20	0,9066
19	1242024,38	1121729,26	418,68	19	32	10	27	D	32,1742	8322,33	8434,64	200	57,68	112,31	239,22	0,5615
20	1241498,47	1121752,25	526,41	20	58	52	17	I	58,8714	8818,73	8972,85	150	84,64	154,12	384,09	1,0275
21	1241408,74	1121916,66	187,30	21	29	40	34	D	29,6761	9043,72	9105,87	120	31,79	62,15	70,87	0,5179
22	1240529,11	1122459,90	1033,86	22	160	40	20	I	160,6722	9403,24	9739,75	120	704,70	336,51	297,37	2,8043
23	1242205,93	1122092,13	1716,68	23	115	27	11	D	115,4531	10482,54	10825,09	170	269,19	342,55	742,79	2,0150
24	1242116,09	1122478,71	396,89	24	42	11	57	I	42,1992	10894,91	11005,39	150	57,88	110,48	69,82	0,7365
25	1242724,42	1123570,91	1250,18	25	167	33	10	D	167,5528	11189,00	11510,68	110	1008,69	321,68	183,61	2,9244
26	1241709,17	1122425,96	1530,24	26	155	23	32	I	155,3922	11642,51	11873,04	85	389,72	230,53	131,83	2,7121
27	1241940,48	1123184,61	793,13	27	112	25	42	D	112,4283	12007,43	12360,63	180	269,02	353,20	134,39	1,9622

28	1241583,02	1123150,37	359,10	28	29	33	32	I	29,5589	12419,05	12480,96	120	31,66	61,91	58,42	0,5159
29	1241389,66	1123236,81	211,80	29	62	38	10	D	62,6361	12545,49	12753,20	190	115,60	207,71	64,53	1,0932
30	1241191,13	1123078,61	253,85	30	39	21	41	I	39,3614	12827,07	12950,72	180	64,38	123,65	73,87	0,6869
31	1240581,04	1123087,26	610,15	31	17	07	38	I	17,1272	13428,73	13563,25	450	67,76	134,52	478,01	0,2989
32	1240361,43	1123158,36	230,84	32	21	28	08	D	21,4689	13678,93	13772,60	250	47,39	93,67	115,68	0,3747
33	1240107,92	1123142,72	253,99	33	85	55	25	I	85,9236	13867,44	14047,40	120	111,75	179,96	94,84	1,4997
34	1240032,81	1123705,18	567,45	34	117	29	36	D	117,4933	14305,37	14551,45	120	197,73	246,08	257,97	2,0507
35	1239771,97	1123521,85	318,82	35	52	14	38	I	52,2439	14613,69	14723,11	120	58,84	109,42	62,24	0,9118
36	1239599,96	1123574,92	180,00	36	30	41	11	D	30,6864	14794,88	14891,29	180	49,39	96,41	71,77	0,5356
37	1239416,31	1123530,68	188,91	37	40	02	55	I	40,0486	14972,50	15084,33	160	58,31	111,83	81,21	0,6989
38	1238826,40	1123824,88	659,19	38	112	42	08	D	112,7022	15474,89	15750,27	140	210,33	275,38	390,56	1,9670
39	1238805,71	1123513,70	311,86	39	39	10	27	I	39,1742	15809,11	15891,15	120	42,70	82,04	58,84	0,6837
40	1238532,90	1123220,92	400,18	40	81	35	58	I	81,5994	16093,27	16349,62	180	155,37	256,35	202,12	1,4242
41	1238078,69	1123534,00	551,66	41	54	26	34	D	54,4428	16684,18	16798,20	120	61,73	114,02	334,56	0,9502
42	1237849,10	1123451,05	244,12	42	101	48	35	I	101,8097	16882,13	17024,29	80	98,46	142,16	83,93	1,7770
43	1237809,76	1123729,02	280,74	43	97	00	30	D	97,0083	17070,91	17274,08	120	135,66	203,17	46,62	1,6931
44	1237542,76	1123657,16	276,50	44	28	18	43	D	28,3119	17377,10	17451,22	150	37,83	74,12	103,02	0,4941
45	1237217,95	1123350,27	446,86	45	139	49	32	I	139,8256	17614,14	17833,77	90	246,11	219,63	162,92	2,4403
46	1237271,74	1123826,04	478,81	46	63	23	54	D	63,3983	17955,31	18154,48	180	111,17	199,17	121,54	1,1065
47	1237079,32	1123951,25	229,57	47	68	47	09	I	68,7858	18190,74	18334,80	120	82,14	144,06	36,26	1,2005
48	1237144,08	1124260,21	315,67	48	102	17	20	D	102,2889	18444,20	18622,73	100	124,13	178,53	109,40	1,7853
49	1236937,01	1124258,58	207,07	49	61	18	50	I	61,3139	18646,40	18753,41	100	59,27	107,01	23,67	1,0701
50	1236862,29	1124392,62	153,46	50	70	20	52	D	70,3478	18763,03	18910,37	120	84,57	147,34	9,62	1,2278
51	1236458,08	1124325,08	409,81	51	65	25	50	D	65,4306	19158,53	19295,56	120	77,08	137,03	248,16	1,1419
52	1236375,88	1124020,11	315,86	52	50	00	53	D	50,0147	19478,37	19583,12	120	55,98	104,75	182,81	0,8729
53	1236708,63	1123543,66	581,14	53	131	30	37	I	131,5103	19753,01	20120,26	160	355,27	367,25	169,89	2,2953
54	1236225,42	1123599,39	486,42	54	33	54	34	D	33,9094	20205,67	20294,45	150	45,73	88,78	85,41	0,5919
55	1235663,52	1123309,01	632,50	55	154	08	21	I	154,1392	20423,88	20706,36	105	457,34	282,48	129,43	2,6903
56	1236029,98	1123798,70	611,64	56	76	13	40	D	76,2278	20782,21	20915,25	100	78,45	133,04	75,85	1,3304
57	1235888,73	1123970,56	222,46	57	72	13	50	D	72,2306	20986,30	21112,36	100	72,96	126,06	71,05	1,2606
58	1235700,82	1123895,97	202,17	58	92	26	46	I	92,4461	21116,33	21309,95	120	125,24	193,62	3,97	1,6135
59	1235608,94	1124159,77	279,34	59	22	54	50	I	22,9139	21427,58	21499,56	180	36,48	71,98	117,63	0,3999
60	1235624,35	1124397,35	238,08	60	73	43	42	D	73,7283	21551,19	21808,55	200	149,97	257,36	51,63	1,2868
61	1235310,63	1124511,43	333,82	61	52	21	18	I	52,3550	21894,09	22076,84	200	98,32	182,75	85,54	0,9138

62	1235215,97	1124808,73	312,01	62	87	31	19	I	87,5219	22175,62	22358,92	120	114,92	183,30	98,78	1,5275
63	1235392,92	1124873,63	188,48	63	62	15	41	D	62,2614	22360,01	22490,41	120	72,48	130,40	1,09	1,0867
64	1235441,39	1125236,89	366,48	64	121	46	01	I	121,7669	22640,78	22810,80	80	143,63	170,02	150,37	2,1253
65	1236030,39	1124753,68	761,85	65	152	53	11	D	152,8864	23055,77	23295,92	90	373,25	240,15	244,97	2,6683
66	1235792,59	1125300,02	595,85	66	108	46	04	I	108,7678	23378,93	23568,76	100	139,60	189,83	83,01	1,8983
67	1236787,74	1125382,76	998,58	67	162	46	37	D	162,7769	23767,43	24051,53	100	660,32	284,10	198,67	2,8410
68	1235619,58	1125641,10	1196,39	68	46	48	52	I	46,8144	24371,16	24779,69	500	216,44	408,53	319,63	0,8171
69	1235317,10	1126150,21	592,19	69	65	08	01	D	65,1336	24995,76	25279,96	250	159,68	284,20	216,07	1,1368
70	1234444,04	1126060,77	877,63	70	112	32	09	I	112,5358	25728,33	26081,87	180	269,57	353,54	448,37	1,9641
71	1234567,78	1126473,57	430,94	71	53	46	29	D	53,7747	26182,40	26295,03	120	60,85	112,63	100,53	0,9386
72	1233970,67	1127263,43	990,16	72	57	29	53	D	57,4981	27059,76	27360,82	300	164,58	301,06	764,73	1,0035
73	1232500,65	1127145,52	1474,74	73	168	27	34	I	168,4594	27681,39	27975,41	100	989,60	294,02	320,57	2,9402
74	1233929,28	1127558,58	1487,15	74	47	14	60	I	47,2500	28359,23	28573,64	260	113,73	214,41	383,82	0,8247
75	1235781,89	1126439,98	2164,13	75	171	09	02	D	171,1506	28879,42	29282,69	135	1744,63	403,27	305,78	2,9872
76	1233880,15	1128034,20	2481,57	76	68	00	19	D	68,0053	29898,20	30111,85	180	121,42	213,65	615,51	1,1869
77	1233590,75	1127880,12	327,87	77	44	06	39	I	44,1108	30237,26	30391,24	200	81,03	153,98	125,41	0,7699
78	1233256,32	1127976,51	348,04	78	69	40	08	D	69,6689	30532,99	30751,86	180	125,26	218,87	141,75	1,2159
79	1232953,47	1127565,88	510,23	79	61	40	45	I	61,6792	31005,47	31242,30	220	131,35	236,83	253,61	1,0765
80	1232430,33	1127640,23	528,40	80	79	19	00	D	79,3167	31432,10	31778,19	250	207,25	346,09	189,80	1,3844
81	1232243,32	1127090,01	581,13	81	87	56	25	I	87,9403	31959,13	32266,10	200	192,94	306,97	180,94	1,5348
82	1231703,30	1127252,15	563,84	82	125	01	53	I	125,0314	32444,77	32662,99	100	192,23	218,22	178,67	2,1822
83	1232454,68	1127844,63	956,87	83	155	07	56	D	155,1322	32701,96	33135,17	160	725,68	433,21	38,97	2,7076
84	1231295,59	1127568,74	1191,47	84	57	31	09	I	57,5192	33463,75	33714,73	250	137,21	250,98	328,58	1,0039
85	1230890,20	1127962,01	564,81	85	32	51	58	I	32,8661	34053,84	34225,93	300	88,48	172,09	339,11	0,5736
86	1230758,16	1128533,77	586,81	86	14	02	40	I	14,0444	34662,66	34785,22	500	61,59	122,56	436,73	0,2451
87	1230770,49	1129211,78	678,12	87	13	09	04	D	13,1511	35355,64	35447,46	400	46,11	91,82	570,42	0,2295
88	1230663,20	1129711,77	511,38	88	52	28	37	I	52,4769	35814,15	35997,32	200	98,58	183,17	366,69	0,9158
89	1230879,96	1129966,76	334,66	89	38	14	51	D	38,2475	36181,39	36281,53	150	52,01	100,14	184,07	0,6676
90	1230891,36	1130275,02	308,47	90	111	49	21	D	111,8225	36412,39	36578,28	85	125,60	165,89	130,86	1,9516
91	1230393,36	1130096,68	528,97	91	152	28	40	I	152,4778	36634,58	36860,78	85	347,08	226,20	56,30	2,6612
92	1230773,63	1130507,69	559,94	92	67	28	30	D	67,4750	36993,51	37134,83	120	80,14	141,32	132,73	1,1777
93	1230663,35	1130747,45	263,90	93	53	54	36	I	53,9100	37257,56	37370,47	120	61,02	112,91	122,73	0,9409
94	1230925,72	1131216,70	537,62	94	120	51	55	D	120,8653	37626,73	37890,42	125	220,33	263,69	256,26	2,1095
95	1230488,36	1131204,06	437,54	95	37	56	10	D	37,9361	38056,07	38155,39	150	51,56	99,32	165,65	0,6621

96	1230250,22	1131007,12	309,03	96	120	31	58	I	120,5328	38237,78	38448,15	100	175,08	210,37	82,39	2,1037
97	1230175,72	1131474,37	473,16	97	85	08	58	D	85,1494	38590,04	38842,68	170	156,19	252,64	141,89	1,4861
98	1229648,29	1131435,56	528,86	98	94	49	32	I	94,8256	38997,77	39328,77	200	217,60	331,00	155,09	1,6550
99	1229652,99	1131871,73	436,20	99	89	42	50	D	89,7139	39427,97	39615,86	120	119,40	187,89	99,20	1,5658
100	1229210,41	1131878,71	442,63	100	73	35	03	I	73,5842	39789,52	40046,38	200	149,58	256,86	173,66	1,2843
101	1229062,81	1132410,49	551,88	101	42	45	30	I	42,7583	40350,81	40537,38	250	97,87	186,57	304,43	0,7463
102	1229439,75	1133142,50	823,36	102	150	41	54	D	150,6983	40612,60	41059,73	170	650,28	447,13	75,22	2,6302
103	1228491,92	1132516,27	1136,02	103	73	00	16	I	73,0044	41375,27	41668,33	230	170,21	293,06	315,54	1,2742
104	1228151,53	1132797,39	441,47	104	100	36	46	I	100,6128	41758,88	42022,28	150	180,72	263,40	90,55	1,7560
105	1228505,97	1133093,07	461,58	105	129	35	42	D	129,5950	42069,41	42318,21	110	233,74	248,80	47,13	2,2618
106	1227675,19	1133248,09	845,12	106	86	12	49	I	86,2136	42761,11	43031,96	180	168,48	270,85	442,90	1,5047
107	1227736,08	1133759,97	515,48	107	36	17	58	I	36,2994	43297,01	43455,39	250	81,95	158,38	265,05	0,6335
108	1228043,81	1134089,01	450,52	108	125	36	35	D	125,6097	43590,41	43853,49	120	233,54	263,08	135,02	2,1923
109	1227477,63	1134163,28	571,03	109	58	18	52	I	58,3144	44112,87	44255,36	140	78,11	142,49	259,38	1,0178
110	1227194,79	1134792,27	689,66	110	152	56	02	D	152,9339	44285,25	44658,94	140	581,66	373,69	29,89	2,6692
111	1227160,81	1134110,72	682,40	111	42	38	56	I	42,6489	44705,02	44809,23	140	54,65	104,21	46,08	0,7444
112	1226927,44	1133881,41	327,17	112	30	34	20	I	30,5722	45032,56	45128,60	180	49,20	96,04	223,33	0,5336
113	1226692,61	1133823,19	241,94	113	102	46	21	I	102,7725	45208,66	45370,10	90	112,69	161,44	80,06	1,7938
114	1226689,22	1133992,00	168,85	114	29	11	33	D	29,1925	45400,22	45451,17	100	26,04	50,95	30,12	0,5095
115	1226538,66	1134249,19	298,02	115	20	32	43	D	20,5453	45641,59	45802,95	450	81,56	161,36	190,42	0,3586
116	1226322,17	1134425,18	279,00	116	28	42	40	D	28,7111	45936,41	46061,69	250	63,98	125,28	133,46	0,5011
117	1226102,79	1134465,44	223,04	117	69	47	40	D	69,7944	46144,02	46278,01	110	76,73	133,99	82,33	1,2181
118	1226016,90	1134320,23	168,72	118	45	47	10	I	45,7861	46319,33	46415,22	120	50,67	95,89	41,32	0,7991
119	1225576,50	1134213,61	453,12	119	74	56	02	I	74,9339	46710,37	46893,47	140	107,30	183,10	295,15	1,3079
120	1225405,45	1134526,37	356,48	120	78	59	59	I	78,9997	47060,22	47198,10	100	82,43	137,88	166,75	1,3788
121	1225541,05	1134638,85	176,19	121	85	31	07	D	85,5186	47199,39	47348,64	100	92,47	149,25	1,29	1,4925
122	1225445,99	1134773,65	164,94	122	60	11	15	I	60,1875	47351,57	47477,63	120	69,54	126,06	2,93	1,0505
123	1225504,13	1134898,39	137,63	123	39	57	33	D	39,9592	47502,09	47585,78	120	43,63	83,69	24,46	0,6974
124	1225441,07	1135134,29	244,19	124	14	42	41	D	14,7114	47750,19	47822,08	280	36,15	71,89	164,41	0,2567
125	1225351,03	1135292,29	181,86	125	64	50	23	D	64,8397	47891,59	48027,39	120	76,21	135,80	69,51	1,1317
126	1225157,02	1135276,97	194,61	126	79	29	47	I	79,4964	48079,25	48190,25	80	66,53	111,00	51,86	1,3875
127	1225110,64	1135449,82	178,97	127	92	42	29	D	92,7081	48208,33	48353,95	90	94,36	145,62	18,08	1,6180
128	1224845,53	1135365,06	278,33	128	95	36	36	D	95,6100	48449,69	48583,18	80	88,24	133,49	95,74	1,6686
129	1224938,13	1135150,43	233,75	129	114	34	03	I	114,5675	48588,59	48768,55	90	140,10	179,96	5,41	1,9996

130	1224596,95	1135157,75	341,26	130	85	48	40	D	85,8111	48895,36	49015,17	80	74,36	119,81	126,81	1,4976
131	1224572,55	1134900,47	258,44	131	117	19	13	I	117,3203	49035,04	49239,80	100	164,21	204,76	19,87	2,0476
132	1224221,69	1135126,04	417,11	132	98	26	17	D	98,4381	49376,77	49548,58	100	115,93	171,81	136,97	1,7181
133	1224109,89	1134878,42	271,70	133	75	55	22	I	75,9228	49610,72	49769,73	120	93,62	159,01	62,14	1,3251
134	1223876,18	1134920,56	237,48	134	26	44	42	D	26,7450	49870,80	49954,82	180	42,79	84,02	101,07	0,4668
135	1223633,82	1134848,67	252,80	135	95	42	27	I	95,7075	50032,24	50232,69	120	132,59	200,45	77,42	1,6704
136	1223544,32	1135317,17	476,97	136	36	52	57	I	36,8825	50493,70	50654,63	250	83,36	160,93	261,01	0,6437
137	1223728,81	1135694,29	419,83	137	60	22	36	D	60,3767	50903,84	51061,90	150	87,26	158,06	249,21	1,0537
138	1223508,99	1136016,42	389,98	138	55	37	50	I	55,6306	51285,49	51431,13	150	79,14	145,64	223,59	0,9709
139	1223607,13	1136267,84	269,89	139	29	10	07	D	29,1686	51556,83	51684,11	250	65,05	127,28	125,70	0,5091
140	1223544,32	1136723,53	460,00	140	86	46	56	I	86,7822	51908,90	52181,53	180	170,17	272,63	224,79	1,5146
141	1223885,82	1136790,31	347,97	141	87	16	01	D	87,2669	52244,93	52427,70	120	114,41	182,77	63,40	1,5231
142	1223822,26	1137224,31	438,63	142	20	57	28	D	20,9578	52687,18	52815,20	350	64,74	128,02	259,48	0,3658
143	1223664,91	1137504,83	321,63	143	122	32	30	D	122,5417	52889,67	53103,55	100	182,43	213,88	74,47	2,1388
144	1223450,01	1137103,51	455,24	144	108	31	33	I	108,5258	53223,48	53431,83	110	152,87	208,35	119,93	1,8941
145	1223265,77	1137298,97	268,60	145	61	36	23	D	61,6064	53476,02	53605,05	120	71,54	129,03	44,19	1,0753
146	1223096,91	1137254,00	174,75	146	75	00	10	D	75,0028	53616,17	53773,25	120	92,08	157,08	11,12	1,3090
147	1223096,60	1137046,61	207,39	147	29	18	25	I	29,3069	53841,50	53933,57	180	47,07	92,07	68,25	0,5115
148	1222925,58	1136743,00	348,46	148	30	15	35	D	30,2597	54180,89	54286,52	200	54,08	105,63	247,32	0,5281
149	1222928,42	1136555,61	187,41	149	40	11	49	I	40,1969	54353,99	54480,27	180	65,87	126,28	67,47	0,7016
150	1222346,84	1135845,81	917,64	150	159	24	55	I	159,4153	54891,49	55114,08	80	440,55	222,59	411,22	2,7824
151	1222551,10	1136447,72	635,63	151	54	02	05	D	54,0347	55232,67	55374,14	150	76,49	141,47	118,59	0,9431
152	1222358,19	1136720,29	333,93	152	34	28	19	I	34,4719	55554,02	55704,43	250	77,56	150,41	179,88	0,6016
153	1222355,35	1136919,03	198,77	153	12	48	53	D	12,8147	55780,71	55870,18	400	44,92	89,47	76,28	0,2237
154	1222284,42	1137211,47	300,92	154	69	19	06	D	69,3183	56022,47	56203,94	150	103,71	181,47	152,29	1,2098
155	1222047,94	1137240,71	238,29	155	68	08	08	I	68,1356	56257,38	56400,08	120	81,15	142,70	53,44	1,1892
156	1221999,26	1137424,77	190,38	156	32	24	29	D	32,4081	56474,44	56542,32	120	34,87	67,88	74,36	0,5657
157	1221625,33	1137770,74	509,43	157	30	40	21	D	30,6725	56948,31	57082,15	250	68,56	133,84	405,99	0,5354
158	1221357,86	1137828,10	273,55	158	30	47	51	I	30,7975	57218,28	57352,66	250	68,86	134,38	136,13	0,5375
159	1221179,55	1137993,81	243,42	159	65	02	20	D	65,0389	57367,84	57651,62	250	159,39	283,78	15,18	1,1351
160	1220854,43	1137861,54	351,00	160	59	28	14	I	59,4706	57728,99	57936,59	200	114,24	207,60	77,37	1,0380
161	1220553,68	1138090,93	378,24	161	93	14	10	I	93,2361	58094,77	58257,50	100	105,81	162,73	158,18	1,6273
162	1220688,38	1138248,26	207,12	162	37	33	46	D	37,5628	58318,00	58396,67	120	40,81	78,67	60,50	0,6556
163	1220706,67	1138596,29	348,51	163	36	39	46	D	36,6628	58621,54	58781,51	250	82,83	159,97	224,87	0,6399

164	1220169,13	1139403,64	969,92	164	118	22	16	D	118,3711	59417,12	59727,01	150	251,48	309,89	635,61	2,0659
165	1219812,67	1138732,46	759,96	165	115	59	42	I	115,9950	60011,47	60294,90	140	224,03	283,43	284,46	2,0245
166	1219577,82	1139055,31	399,23	166	80	52	17	D	80,8714	60367,85	60537,22	120	102,26	169,37	72,95	1,4114
167	1219165,99	1138846,34	461,82	167	91	48	05	I	91,8014	60742,00	60982,33	150	154,79	240,33	204,78	1,6022
168	1219024,99	1139147,31	332,36	168	42	57	16	I	42,9544	61112,68	61202,65	120	47,21	89,97	130,35	0,7498
169	1219077,45	1139310,19	171,13	169	77	47	04	D	77,7844	61229,76	61392,67	120	96,80	162,91	27,11	1,3576
170	1218922,44	1139399,93	179,12	170	42	14	46	I	42,2461	61436,35	61510,08	100	38,63	73,73	43,68	0,7373
171	1218863,71	1139584,09	193,29	171	105	09	19	D	105,1553	61534,05	61717,58	100	130,69	183,53	23,97	1,8353
172	1218398,31	1139283,67	553,94	172	83	14	06	I	83,2350	61918,74	62281,92	250	222,10	363,18	201,16	1,4527
173	1217999,21	1139765,98	626,02	173	39	10	38	I	39,1772	62596,88	62767,82	250	88,97	170,94	314,96	0,6838
174	1217996,74	1140094,94	328,97	174	57	47	36	I	57,7933	62869,84	63122,01	250	137,99	252,17	102,02	1,0087
175	1218395,42	1140350,26	473,42	175	23	34	04	D	23,5678	63374,00	63538,53	400	83,45	164,53	251,99	0,4113
176	1218590,09	1140641,09	349,97	176	30	10	10	I	30,1694	63737,67	63869,31	250	67,38	131,64	199,14	0,5266
177	1218843,40	1140764,83	281,92	177	75	08	32	D	75,1422	63968,45	64165,17	150	115,40	196,72	99,14	1,3115
178	1218755,52	1141209,60	453,37	178	108	46	40	I	108,7778	64335,60	64563,42	120	167,55	227,82	170,43	1,8985
179	1219467,65	1141114,57	718,45	179	85	04	08	D	85,0689	65004,23	65182,40	120	110,09	178,17	440,81	1,4847
180	1219558,96	1141525,34	420,79	180	101	19	26	I	101,3239	65346,68	65558,90	120	146,41	212,22	164,28	1,7685
181	1220007,68	1141326,90	490,64	181	73	16	04	D	73,2678	65813,89	65967,34	120	89,23	153,45	254,99	1,2787
182	1220299,14	1141667,10	447,98	182	35	38	17	I	35,6381	66245,74	66401,24	250	80,36	155,50	278,40	0,6220
183	1220638,40	1141750,27	349,31	183	62	33	26	D	62,5572	66560,84	66757,37	180	109,35	196,53	159,60	1,0918
184	1220759,75	1142249,21	513,48	184	75	47	55	D	75,7986	67021,37	67259,50	180	140,12	238,13	264,00	1,3229
185	1219801,40	1142755,99	1084,10	185	121	55	06	I	121,9183	67987,35	68242,70	120	216,12	255,35	727,85	2,1279
186	1220047,60	1142899,35	284,89	186	36	57	29	D	36,9581	68271,37	68348,77	120	40,10	77,40	28,67	0,6450
187	1220324,62	1143557,38	713,97	187	59	03	32	I	59,0589	68920,68	69106,22	180	101,96	185,54	571,91	1,0308
188	1220910,26	1143640,84	591,55	188	146	44	08	D	146,7356	69294,53	69525,02	90	301,28	230,49	188,31	2,5610
189	1220500,41	1143833,30	452,79	189	45	52	54	I	45,8817	69625,73	69721,83	120	50,79	96,10	100,71	0,8008
190	1220405,70	1144108,91	291,43	190	39	11	31	D	39,1919	69898,39	70021,51	180	64,08	123,12	176,56	0,6840
191	1220192,23	1144241,49	251,29	191	47	04	16	I	47,0711	70130,32	70278,20	180	78,40	147,88	108,81	0,8216
192	1220112,86	1144646,59	412,80	192	53	55	46	I	53,9294	70521,03	70690,45	180	91,58	169,42	242,83	0,9412
193	1220542,11	1145109,41	631,23	193	92	43	42	D	92,7283	71104,26	71298,47	120	125,86	194,21	413,81	1,6184
194	1220200,27	1145397,43	447,00	194	89	56	41	I	89,9447	71369,85	71762,31	250	249,76	392,46	71,38	1,5698
195	1220734,73	1146033,02	830,43	195	20	50	38	I	20,8439	72269,41	72414,93	400	73,57	145,52	507,10	0,3638
196	1221724,92	1146584,05	1133,19	196	164	04	48	D	164,0800	72544,84	72917,12	130	929,71	372,28	129,91	2,8637
197	1220501,37	1146297,62	1256,63	197	18	44	59	D	18,7497	73161,50	73325,12	500	82,55	163,62	244,38	0,3272

198	1220023,53	1145999,90	563,00	198	133	40	26	I	133,6739	73384,86	73804,80	180	420,72	419,94	59,74	2,3330
199	1220516,46	1148370,03	2420,85	199	160	19	54	D	160,3317	74651,16	75210,83	200	1153,77	559,67	846,36	2,7983
200	1219602,63	1146873,95	1753,09	200	106	07	01	I	106,1169	75570,77	75904,15	180	239,38	333,38	359,94	1,8521
201	1219114,72	1147407,05	722,68	201	29	04	52	D	29,0811	76257,76	76511,54	500	129,69	253,78	353,61	0,5076
202	1218623,20	1147571,06	518,16	202	37	42	55	I	37,7153	76763,39	77026,69	400	136,62	263,30	251,85	0,6583
203	1218387,39	1147922,89	423,55	203	42	16	48	D	42,2800	77120,29	77489,25	500	193,34	368,96	93,60	0,7379
204	1217913,45	1148040,08	488,21	204	16	31	32	I	16,5256	77711,52	77855,73	500	72,61	144,21	222,27	0,2884
EOP	1217330,93	1148382,02	675,46													

Fuente: Autores de la investigación.

Anexo D. Cartera resumen del alineamiento vertical trazado para la Alternativa 1

PIV #	ELEVACIÓN	Lcv [m]	ABSCISAS			PEND. [%]	i [%]	TIPO DE CURVA	LONGITUD ENTRE PIV	ALTURA ENTRE PIV	CONTRAPENDIENTE		EXCESO DE PENDIENTE	
			PCV	PIV	PTV						Sentido 1	Sentido 2	Sentido 1	Sentido 2
BOP	588,22			0										
1	588,22	250	225,15	350,15	475,15	0,00	-11,80	CÓNCAVA	350,15	0,00				
2	678,78	250	992,60	1117,60	1242,60	11,80	10,30	CONVEXA	767,45	90,56	90,56		36,84	
3	690,75	250	1790,34	1915,34	2040,34	1,50	-2,70	CÓNCAVA	797,74	11,97	11,97			
4	707,15	250	2180,90	2305,90	2430,90	4,20	6,50	CONVEXA	390,56	16,40	16,40			
5	696,53	250	2642,47	2767,47	2892,47	-2,30	-7,10	CÓNCAVA	461,57	10,62		10,62		
6	757,33	250	3909,15	4034,15	4159,15	4,80	2,40	CONVEXA	1266,68	60,80	60,80			
7	794,00	250	5437,08	5562,08	5687,08	2,40	-7,30	CÓNCAVA	1527,93	36,67	36,67			
8	895,14	250	6479,72	6604,72	6729,72	9,70	8,50	CONVEXA	1042,64	101,14	101,14		28,15	
9	908,49	250	7592,03	7717,03	7842,03	1,20	2,50	CONVEXA	1112,31	13,35	13,35			
10	894,92	250	8635,72	8760,72	8885,72	-1,30	-1,70	CÓNCAVA	1043,69	13,57		13,57		
11	899,83	250	9864,20	9989,20	10114,20	0,40	-5,60	CÓNCAVA	1228,48	4,91	4,91			
12	934,77	250	10446,48	10571,48	10696,48	6,00	7,70	CONVEXA	582,28	34,94	34,94			
13	922,82	250	11149,48	11274,48	11399,48	-1,70	-8,60	CÓNCAVA	703,00	11,95		11,95		
14	959,81	250	11685,64	11810,64	11935,64	6,90	9,50	CONVEXA	536,16	37,00	37,00			
15	937,79	250	12532,66	12657,66	12782,66	-2,60	2,80	CONVEXA	847,02	22,02		22,02		
16	910,24	250	13042,87	13167,87	13292,87	-5,40	6,40	CONVEXA	510,21	27,55		27,55		
17	818,79	250	13817,86	13942,86	14067,86	-11,80	-11,80	CÓNCAVA	774,99	91,45		91,45	37,20	
18	818,79	250	14305,20	14430,20	14555,20	0,00	2,70	CONVEXA	487,34	0,00				
19	796,23	250	15140,96	15265,96	15390,96	-2,70	-14,10	CÓNCAVA	835,76	22,57		22,57		
20	892,75	250	15987,67	16112,67	16237,67	11,40	10,30	CONVEXA	846,71	96,52	96,52		37,26	
21	906,02	250	17193,69	17318,69	17443,69	1,10	-5,20	CÓNCAVA	1206,02	13,27	13,27			
22	1027,07	250	19115,20	19240,20	19365,20	6,30	1,50	CONVEXA	1921,51	121,06	121,06			
23	1084,49	250	20311,49	20436,49	20561,49	4,80	3,30	CONVEXA	1196,29	57,42	57,42			
24	1106,24	250	21761,25	21886,25	22011,25	1,50	4,40	CONVEXA	1449,76	21,75	21,75			
25	1058,59	250	23404,33	23529,33	23654,33	-2,90	-2,10	CÓNCAVA	1643,08	47,65		47,65		
26	1048,57	250	24657,11	24782,11	24907,11	-0,80	-4,80	CÓNCAVA	1252,78	10,02		10,02		
27	1122,78	250	26512,36	26637,36	26762,36	4,00	9,50	CONVEXA	1855,25	74,21	74,21			
28	1066,88	250	27528,77	27653,77	27778,77	-5,50	2,30	CONVEXA	1016,41	55,90		55,90		

29	949,21	250	29037,26	29162,26	29287,26	-7,80	-5,50	CÓNCAVA	1508,49	117,66		117,66	12,07	
30	917,78	250	30404,01	30529,01	30654,01	-2,30	9,10	CONVEXA	1366,75	31,44		31,44		
31	856,27	250	30943,60	31068,60	31193,60	-11,40	-10,90	CÓNCAVA	539,59	61,51		61,51	23,74	
32	846,45	250	32906,75	33031,75	33156,75	-0,50	0,90	CONVEXA	1963,15	9,82		9,82		
33	824,03	250	34507,90	34632,90	34757,90	-1,40	-7,90	CÓNCAVA	1601,15	22,42		22,42		
34	850,28	250	34911,67	35036,67	35161,67	6,50	6,50	CONVEXA	403,77	26,25	26,25			
35	850,28	250	35802,74	35927,74	36052,74	0,00	-11,20	CÓNCAVA	891,07	0,00				
36	1002,21	250	37159,30	37284,30	37409,30	11,20	8,70	CONVEXA	1356,56	151,93	151,93			56,98
37	1101,76	250	41141,29	41266,29	41391,29	2,50	1,80	CONVEXA	3981,99	99,55	99,55			
38	1124,22	250	44349,28	44474,28	44599,28	0,70	-9,80	CÓNCAVA	3207,99	22,46	22,46			
39	1223,63	250	45296,05	45421,05	45546,05	10,50	11,70	CONVEXA	946,77	99,41	99,41			33,14
40	1189,47	250	48142,74	48267,74	48392,74	-1,20	-4,00	CÓNCAVA	2846,69	34,16		34,16		
41	1219,10	250	49200,89	49325,89	49450,89	2,80	7,20	CONVEXA	1058,15	29,63	29,63			
42	1178,05	250	50133,73	50258,73	50383,73	-4,40	-2,00	CÓNCAVA	932,84	41,04		41,04		
43	1149,65	250	51317,19	51442,19	51567,19	-2,40	1,80	CONVEXA	1183,46	28,40		28,40		
44	1098,38	250	52537,82	52662,82	52787,82	-4,20	-4,20	CÓNCAVA	1220,63	51,27		51,27		
45	1098,38	250	53153,91	53278,91	53403,91	0,00	-3,80	CÓNCAVA	616,09	0,00				
46	1136,75	250	54163,48	54288,48	54413,48	3,80	-3,40	CÓNCAVA	1009,57	38,36	38,36			
47	1263,06	250	55917,78	56042,78	56167,78	7,20	6,60	CONVEXA	1754,30	126,31	126,31			3,51
48	1273,33	250	57630,31	57755,31	57880,31	0,60	-2,70	CÓNCAVA	1712,53	10,28	10,28			
49	1330,98	250	59377,26	59502,26	59627,26	3,30	-3,90	CÓNCAVA	1746,95	57,65	57,65			
50	1404,16	250	60393,64	60518,64	60643,64	7,20	4,70	CONVEXA	1016,38	73,18	73,18			2,03
51	1450,45	250	62245,40	62370,40	62495,40	2,50	3,20	CONVEXA	1851,76	46,29	46,29			
52	1442,85	250	63331,40	63456,40	63581,40	-0,70	3,40	CONVEXA	1086,00	7,60		7,60		
53	1393,76	250	64528,78	64653,78	64778,78	-4,10	-1,60	CÓNCAVA	1197,38	49,09		49,09		
54	1355,28	250	66068,03	66193,03	66318,03	-2,50	3,50	CONVEXA	1539,25	38,48		38,48		
55	1303,49	250	66931,26	67056,26	67181,26	-6,00	-7,70	CÓNCAVA	863,23	51,79		51,79		
56	1333,31	250	68685,56	68810,56	68935,56	1,70	5,10	CONVEXA	1754,30	29,82	29,82			
57	1228,69	250	71762,55	71887,55	72012,55	-3,40	-3,90	CÓNCAVA	3076,99	104,62		104,62		
58	1235,34	250	73091,49	73216,49	73341,49	0,50	9,00	CONVEXA	1328,94	6,64	6,64			
59	1176,16	250	73787,64	73912,64	74037,64	-8,50	-8,00	CÓNCAVA	696,15	59,17		59,17	10,44	
60	1169,41	250	75138,17	75263,17	75388,17	-0,50	1,60	CONVEXA	1350,53	6,75		6,75		
61	1126,32	250	77190,23	77315,23	77440,23	-2,10	9,10	CONVEXA	2052,06	43,09		43,09		
62	1041,08	250	77951,28	78076,28	78201,28	-11,20	-11,20	CÓNCAVA	761,05	85,24		85,24	31,96	
EOP	1041,08			78458,59		0,00			382,31	0,00				

Fuente: Autores de la investigación.

Anexo E. Cartera resumen del alineamiento horizontal trazado para la Alternativa 2

PI #	COORDENADAS		DISTANCIA ENTRE PI	CURVA No.	ANGULO DE DEFLEXIÓN					ABSCISAS		ELEMENTOS DE LA CURVA			ENTRE-TANGENCIA	(D/R)
	NORTE	ESTE			G	M	S	ANGULO (Grados)	PC	PT	Radio (D)	Tangente (T)	Longitud (D)			
BOP	1246654,17	1118891,45	0,00	0												
1	1246620,44	1118941,71	60,53	1	35	59	22	I	35,9894	5,51	112,30	180	55,01	106,79	0,00	0,5933
2	1246620,98	1119197,51	255,80	2	88	30	13	D	88,5036	196,17	381,54	120	116,91	185,37	83,87	1,5448
3	1246324,36	1119205,89	296,74	3	40	34	37	I	40,5769	487,43	629,07	200	73,94	141,64	105,89	0,7082
4	1246184,39	1119332,79	188,94	4	16	42	52	D	16,7144	692,66	794,76	350	51,42	102,10	63,59	0,2917
5	1245942,31	1119448,15	268,16	5	62	04	08	I	62,0689	909,22	1093,38	170	102,29	184,16	114,46	1,0833
6	1245931,51	1119700,54	252,62	6	41	25	27	D	41,4242	1149,18	1329,93	250	94,53	180,75	55,80	0,7230
7	1245496,23	1120153,27	628,04	7	41	38	36	I	41,6433	1756,95	1960,46	280	106,48	203,51	427,02	0,7268
8	1245484,32	1120459,11	306,08	8	56	16	16	D	56,2711	2026,37	2271,90	250	133,69	245,53	65,91	0,9821
9	1245106,86	1120690,4	442,68	9	21	38	33	I	21,6425	2494,88	2664,86	450	86,02	169,98	222,98	0,3777
10	1244795,57	1121105,61	518,94	10	46	29	51	D	46,4975	2925,94	3250,56	400	171,84	324,62	261,08	0,8116
11	1243881,74	1121212,03	920,00	11	41	43	25	D	41,7236	3846,28	4137,56	400	152,44	291,28	595,72	0,7282
12	1243628,79	1121034,38	309,10	12	62	59	17	I	62,9881	4159,44	4401,29	220	134,79	241,85	21,88	1,0993
13	1243192,53	1121265,45	493,68	13	20	22	23	D	20,3731	4670,34	4848,13	500	89,84	177,79	269,05	0,3556
14	1242796,08	1121317,88	399,90	14	45	35	35	D	45,5931	5061,52	5244,54	230	96,67	183,02	213,39	0,7957
15	1242373,9	1120987,34	536,19	15	52	06	23	I	52,1064	5596,07	5759,76	180	88,00	163,69	351,53	0,9094
16	1242098,35	1121056,28	284,04	16	31	58	48	D	31,9800	5904,22	6004,69	180	51,58	100,47	144,46	0,5582
17	1241860,5	1120979,31	250,00	17	28	21	40	I	28,3611	6139,94	6263,69	250	63,17	123,75	135,25	0,4950
18	1241482,46	1121048,89	384,38	18	61	53	05	I	61,8847	6435,03	6705,05	250	149,87	270,02	171,34	1,0801
19	1241284,15	1121670,79	652,75	19	35	29	47	D	35,4964	6983,89	7417,56	700	224,05	433,67	278,84	0,6195
20	1240364,92	1122358,9	1148,25	20	50	51	51	D	50,8642	8246,66	8424,21	200	95,10	177,55	829,10	0,8877
21	1240027,65	1122274,51	347,66	21	77	49	46	D	77,8294	8579,89	8742,89	120	96,88	163,00	155,68	1,3583
22	1240036,53	1122003,6	271,06	22	67	38	25	I	67,6403	8789,78	9014,08	190	127,29	224,30	46,89	1,1805
23	1239276,29	1121661,36	833,73	23	102	34	54	I	102,5817	9470,96	9829,04	200	249,56	358,08	456,88	1,7904
24	1239076,59	1122629,54	988,56	24	77	39	18	D	77,6550	10382,93	10694,66	230	185,11	311,73	553,89	1,3553
25	1238708,26	1122633,98	368,35	25	63	03	31	I	63,0586	10779,75	10955,84	160	98,16	176,09	85,09	1,1006
26	1238475,74	1123105,48	525,72	26	45	42	47	D	45,7131	11214,79	11533,93	400	168,61	319,14	258,95	0,7978
27	1237932,92	1123282,24	570,87	27	46	37	48	D	46,6300	11828,44	12031,91	250	107,75	203,47	294,51	0,8139

28	1237675,39	1123141,86	293,30	28	87	49	46	I	87,8294	12121,18	12274,47	100	96,28	153,29	89,27	1,5329
29	1237551,14	1123350,6	242,92	29	99	38	51	D	99,6475	12302,68	12476,60	100	118,43	173,92	28,21	1,7392
30	1237253,81	1123097,45	390,49	30	55	09	59	I	55,1664	12670,30	12814,72	150	78,36	144,42	193,70	0,9628
31	1237000,86	1123164,07	261,57	31	86	35	16	I	86,5878	12894,30	13060,53	110	103,64	166,23	79,58	1,5112
32	1237314,44	1124727,34	1594,41	32	171	07	03	D	171,1175	13135,07	13463,59	110	1416,24	328,52	74,54	2,9865
33	1236728,67	1123137,39	1694,42	33	68	21	02	I	68,3506	13660,29	13803,45	120	81,48	143,16	196,70	1,1930
34	1236216,76	1123124,66	512,07	34	64	08	55	D	64,1486	14140,04	14307,98	150	94,00	167,94	336,59	1,1196
35	1235906,12	1122440,72	751,18	35	144	03	48	I	144,0633	14656,81	14908,25	100	308,35	251,44	348,83	2,5144
36	1235812,45	1122900,73	469,45	36	48	51	58	D	48,8661	15014,83	15117,17	120	54,52	102,34	106,58	0,8528
37	1235563,94	1123042,04	285,88	37	19	40	32	D	19,6756	15317,32	15379,13	180	31,21	61,81	200,15	0,3434
38	1235290,01	1123090,08	278,11	38	89	38	35	I	89,6431	15476,96	15711,64	150	149,07	234,68	97,83	1,5645
39	1235354,97	1123474,44	389,81	39	65	35	30	I	65,5917	15875,06	16012,44	120	77,32	137,38	163,42	1,1448
40	1235996,01	1123644,02	663,09	40	159	23	46	D	159,3961	16048,05	16326,24	100	550,16	278,19	35,61	2,7819
41	1235326,73	1123711,85	672,71	41	83	29	21	I	83,4892	16341,71	16516,57	120	107,08	174,86	15,47	1,4572
42	1235320,21	1124227,17	515,37	42	71	35	52	D	71,5978	16838,31	16988,26	120	86,54	149,95	321,74	1,2496
43	1234876,85	1124368,48	465,34	43	121	56	05	I	121,9347	17150,86	17406,24	120	216,20	255,38	162,60	2,1282
44	1235102,77	1124560,67	296,60	44	69	19	15	D	69,3208	17417,51	17538,50	100	69,14	120,99	11,27	1,2099
45	1234941,8	1125010,03	477,33	45	55	26	08	D	55,4356	17867,87	18013,00	150	78,81	145,13	329,37	0,9675
46	1234707,41	1125072,21	242,50	46	106	21	09	I	106,3525	18043,13	18228,75	100	133,56	185,62	30,13	1,8562
47	1234834,94	1125282,7	246,11	47	45	46	32	I	45,7756	18277,98	18397,82	150	63,33	119,84	49,23	0,7989
48	1235193,47	1125365,58	367,98	48	75	45	55	D	75,7653	18609,11	18767,80	120	93,36	158,69	211,29	1,3224
49	1235198,36	1125595,6	230,08	49	82	49	45	D	82,8292	18816,31	18960,87	100	88,21	144,56	48,51	1,4456
50	1234943,98	1125633,12	257,13	50	20	34	09	I	20,5692	19075,36	19183,06	300	54,44	107,70	114,49	0,3590
51	1234703,94	1125765,95	274,34	51	69	28	43	D	69,4786	19312,82	19470,46	130	90,15	157,64	129,76	1,2126
52	1234457,02	1125554,92	324,81	52	63	49	49	I	63,8303	19611,70	19778,81	150	93,42	167,11	141,24	1,1141
53	1234253,7	1125642,53	221,40	53	81	39	38	I	81,6606	19803,09	19974,12	120	103,69	171,03	24,28	1,4252
54	1234310,43	1125854,66	219,59	54	55	02	08	D	55,0356	20027,50	20142,77	120	62,52	115,27	53,38	0,9606
55	1234066,7	1126144,47	378,66	55	56	05	30	I	56,0917	20394,99	20512,47	120	63,93	117,48	252,22	0,9790
56	1234122,2	1126337,67	201,02	56	102	54	52	D	102,9144	20549,13	20692,83	80	100,42	143,70	36,66	1,7963
57	1233900,2	1126349,74	222,33	57	58	49	22	I	58,8228	20747,10	20870,29	120	67,65	123,19	54,27	1,0266
58	1233796,86	1126543,57	219,65	58	70	15	44	I	70,2622	20951,93	21074,56	100	70,36	122,63	81,64	1,2263
59	1233960,53	1126724,07	243,65	59	125	17	47	D	125,2964	21093,20	21268,15	80	154,65	174,95	18,64	2,1869
60	1233561,47	1126772,38	401,97	60	15	51	05	I	15,8514	21480,66	21549,83	250	34,80	69,17	212,51	0,2767
61	1233360,18	1126856,8	218,27	61	23	26	38	D	23,4439	21671,04	21793,80	300	62,25	122,76	121,21	0,4092

62	1233159,89	1126854,38	200,30	62	22	56	15	D	22,9375	21850,70	22010,83	400	81,15	160,13	56,90	0,4003
63	1232728,51	1126665,66	470,86	63	56	06	11	D	56,1031	22320,61	22467,49	150	79,93	146,88	309,78	0,9792
64	1232681,27	1126404,91	265,00	64	60	24	01	I	60,4003	22536,15	22746,99	200	116,40	210,84	68,66	1,0542
65	1232297,02	1126270,11	407,20	65	120	06	48	I	120,1133	22794,75	23088,24	140	243,04	293,49	47,76	2,0964
66	1232389,55	1126755,97	494,59	66	72	35	46	D	72,5961	23244,30	23409,02	130	95,49	164,72	156,06	1,2671
67	1232207,75	1126853,39	206,26	67	91	24	46	D	91,4128	23427,54	23571,13	90	92,25	143,59	18,52	1,5954
68	1232029,87	1126500,85	394,88	68	57	26	17	I	57,4381	23780,62	23951,04	170	93,15	170,42	209,49	1,0025
69	1231514,04	1126448,56	518,47	69	132	22	09	I	132,3692	24127,14	24381,27	110	249,22	254,13	176,10	2,3103
70	1231708,76	1126710,93	326,73	70	58	18	53	D	58,3147	24391,83	24513,97	120	66,95	122,14	10,56	1,0178
71	1231638,1	1126888,18	190,82	71	60	31	05	I	60,5181	24550,33	24708,77	150	87,51	158,44	36,36	1,0563
72	1231796,2	1127084,93	252,40	72	111	48	46	D	111,8128	24740,70	24916,33	90	132,96	175,63	31,93	1,9514
73	1231602,34	1127144,09	202,69	73	47	06	26	I	47,1072	24933,74	25032,41	120	52,31	98,67	17,41	0,8222
74	1231516,98	1127319,7	195,25	74	59	45	39	I	59,7608	25106,40	25231,56	120	68,95	125,16	73,99	1,0430
75	1231649,95	1127518,03	238,78	75	129	13	16	D	129,2211	25232,83	25413,26	80	168,56	180,43	1,27	2,2554
76	1231188,99	1127474,61	463,00	76	64	19	01	I	64,3169	25613,39	25781,78	150	94,31	168,39	200,13	1,1226
77	1231089,4	1127639,94	193,01	77	26	07	60	D	26,1333	25822,46	25936,48	250	58,02	114,02	40,68	0,4561
78	1230831,89	1127805,9	306,35	78	40	25	38	I	40,4272	26037,53	26319,77	400	147,28	282,24	101,05	0,7056
79	1230610,67	1128539,96	766,67	79	31	24	57	D	31,4158	26826,66	27045,99	400	112,49	219,33	506,89	0,5483
80	1230430,85	1128700,82	241,27	80	47	42	32	I	47,7089	27064,21	27272,38	250	110,55	208,17	18,22	0,8327
81	1230426,12	1129268,38	567,58	81	31	01	36	D	31,0267	27618,39	27835,00	400	111,03	216,61	346,01	0,5415
82	1230251,23	1129553,73	334,68	82	51	14	12	I	51,2367	27938,77	28162,33	250	119,88	223,56	103,77	0,8942
83	1230343,8	1129811,81	274,19	83	44	01	55	D	44,0319	28268,11	28360,33	120	48,52	92,22	105,78	0,7685
84	1230000,31	1130572,57	834,71	84	47	15	03	D	47,2508	29094,03	29192,99	120	52,49	98,96	733,70	0,8247
85	1229873,79	1130614,78	133,38	85	42	02	11	I	42,0364	29227,77	29315,81	120	46,11	88,04	34,78	0,7337
86	1229808,93	1130729,36	131,67	86	56	35	41	D	56,5947	29336,76	29455,30	120	64,61	118,54	20,95	0,9878
87	1229694,61	1130737,13	114,58	87	44	41	55	I	44,6986	29455,93	29549,55	120	49,34	93,62	0,63	0,7802
88	1229504,38	1130952,83	287,60	88	25	27	29	D	25,4581	29760,71	29814,03	120	27,11	53,32	211,16	0,4443
89	1229413,37	1130991,71	98,96	89	45	41	04	I	45,6844	29835,34	29931,02	120	50,55	95,68	21,31	0,7973
90	1229342,34	1131174,99	196,56	90	29	51	40	D	29,8611	30029,04	30122,85	180	48,00	93,81	98,02	0,5212
91	1229197,66	1131291,97	186,05	91	46	07	19	I	46,1219	30209,81	30306,41	120	51,09	96,60	86,96	0,8050
92	1229186,56	1131420,82	129,33	92	71	04	14	D	71,0706	30313,23	30437,27	100	71,42	124,04	6,82	1,2404
93	1228874,2	1131498,74	321,94	93	48	06	55	I	48,1153	30607,43	30758,59	180	80,36	151,16	170,16	0,8398
94	1228754,8	1131724,44	255,34	94	76	55	40	D	76,9278	30830,29	31004,84	130	103,27	174,55	71,70	1,3427
95	1228469,21	1131648,95	295,41	95	91	46	49	I	91,7803	31057,71	31273,96	135	139,26	216,25	52,87	1,6019

96	1228386,88	1132004,84	365,29	96	52	18	04	D	52,3011	31401,79	31584,35	200	98,20	182,56	127,83	0,9128
97	1227766,21	1132289,96	683,02	97	19	11	29	D	19,1914	32084,65	32252,12	500	84,53	167,47	500,30	0,3349
98	1227394,83	1132325,6	373,09	98	20	33	11	I	20,5531	32468,16	32611,65	400	72,52	143,49	216,04	0,3587
99	1227164,49	1132438,12	256,36	99	30	17	37	D	30,2936	32714,27	32872,89	300	81,21	158,62	102,62	0,5287
100	1226874,35	1132416,51	290,94	100	73	30	33	I	73,5092	32992,99	33146,95	120	89,62	153,96	120,10	1,2830
101	1226671,16	1132952,83	573,52	101	94	11	02	D	94,1839	33437,19	33733,08	180	193,65	295,89	290,24	1,6438
102	1226354,24	1132805,49	349,50	102	107	30	26	I	107,5072	33752,53	33940,17	100	136,40	187,64	19,45	1,8764
103	1226323,03	1133044,91	241,44	103	65	11	13	D	65,1869	33968,49	34105,01	120	76,72	136,52	28,32	1,1377
104	1225908,41	1133174,74	434,48	104	28	01	25	I	28,0236	34400,38	34522,66	250	62,39	122,28	295,37	0,4891
105	1225639,79	1133447,24	382,63	105	24	46	35	D	24,7764	34733,08	34949,29	500	109,82	216,21	210,42	0,4324
106	1225280,63	1133582,48	383,78	106	18	37	52	I	18,6311	35182,24	35263,54	250	41,01	81,30	232,95	0,3252
107	1225102,09	1133728,43	230,60	107	25	25	53	I	25,4314	35412,51	35492,41	180	40,62	79,90	148,97	0,4439
108	1225011,7	1133919,64	211,50	108	94	49	42	D	94,8283	35510,96	35742,67	140	152,32	231,71	18,55	1,6551
109	1224708,49	1133743,65	350,59	109	99	28	01	I	99,4669	35822,88	35996,48	100	118,06	173,60	80,21	1,7360
110	1224630,8	1133949,62	220,13	110	75	22	44	D	75,3789	36005,84	36163,72	120	92,71	157,88	9,36	1,3157
111	1224399,76	1133925,16	232,33	111	94	18	57	I	94,3158	36173,94	36371,47	120	129,40	197,53	10,22	1,6461
112	1224388,86	1134286,63	361,63	112	103	48	27	D	103,8075	36476,15	36657,33	100	127,55	181,18	104,68	1,8118
113	1223991,61	1134176,2	412,31	113	56	07	04	I	56,1178	36862,14	37009,05	150	79,95	146,91	204,81	0,9794
114	1223840,33	1134305,78	199,19	114	77	12	13	D	77,2036	37032,49	37194,18	120	95,80	161,69	23,44	1,3474
115	1223662,3	1134173,46	221,82	115	33	55	31	I	33,9253	37243,95	37391,97	250	76,25	148,02	49,77	0,5921
116	1223256,85	1134154,37	405,90	116	55	23	15	D	55,3875	37669,13	37765,80	100	52,49	96,67	277,16	0,9667
117	1223191,43	1134049,34	123,74	117	69	18	60	I	69,3167	37767,92	37888,90	100	69,14	120,98	2,12	1,2098
118	1222758,64	1134135,29	441,24	118	103	08	17	I	103,1381	38059,36	38347,37	160	201,65	288,01	170,46	1,8001
119	1222938,69	1134532,73	436,31	119	30	04	38	D	30,0772	38514,87	38646,11	250	67,17	131,24	167,50	0,5250
120	1222916,88	1134750,97	219,33	120	51	26	43	I	51,4453	38726,01	38860,69	150	72,26	134,68	79,90	0,8979
121	1223020,46	1134851,91	144,63	121	67	57	01	D	67,9503	38875,77	38976,58	85	57,28	100,81	15,08	1,1860
122	1222611,38	1135853,79	1082,18	122	162	15	32	D	162,2589	39200,55	39554,54	125	800,93	353,99	223,97	2,8319
123	1222699,17	1134730,71	1126,51	123	122	01	47	I	122,0297	39717,66	39909,34	90	162,46	191,68	163,12	2,1298
124	1222467,11	1134851,82	261,76	124	16	04	10	D	16,0694	39991,70	40025,36	120	16,94	33,66	82,36	0,2805
125	1222330,23	1134879,64	139,68	125	62	42	18	I	62,7050	40038,43	40235,43	180	109,67	197,00	13,07	1,0944
126	1222173,48	1135433,43	575,54	126	8	21	00	I	8,3500	40664,80	40737,67	500	36,50	72,87	429,37	0,1457
127	1222138,66	1135699,56	268,40	127	25	17	06	D	25,2850	40879,85	41056,37	400	89,72	176,52	142,18	0,4413
128	1221943,38	1136003,28	361,07	128	58	11	27	I	58,1908	41183,04	41447,10	260	144,69	264,06	126,67	1,0156
129	1222103,9	1136340,55	373,52	129	56	50	33	D	56,8425	41546,05	41784,15	240	129,88	238,10	98,95	0,9921

130	1221911,33	1136656,14	369,70	130	29	42	02	I	29,7006	41976,24	42069,55	180	47,73	93,31	192,09	0,5184
131	1221905,2	1136864,02	207,98	131	99	26	51	D	99,4475	42135,39	42274,25	80	94,41	138,86	65,84	1,7358
132	1221675,01	1136818,7	234,61	132	99	44	05	I	99,7347	42319,55	42458,80	80	94,89	139,25	45,30	1,7406
133	1221662,06	1137347,23	528,69	133	65	10	16	D	65,1711	42732,80	43017,17	250	159,79	284,37	274,00	1,1375
134	1221001,86	1137633,28	719,51	134	31	54	08	I	31,9022	43525,43	43625,66	180	51,45	100,23	508,26	0,5568
135	1220905,11	1137773,15	170,07	135	49	33	32	D	49,5589	43661,19	43816,88	180	83,09	155,69	35,53	0,8649
136	1220697,36	1137794,14	208,81	136	38	44	14	I	38,7372	43879,32	44001,02	180	63,28	121,70	62,44	0,6761
137	1220591,7	1137898	148,15	137	60	12	43	D	60,2119	44016,32	44142,42	120	69,58	126,10	15,30	1,0508
138	1219967,18	1137722,39	648,74	138	153	26	55	I	153,4486	44382,52	44596,78	80	339,07	214,26	240,10	2,6783
139	1220376,61	1138094,38	553,18	139	66	49	21	D	66,8225	44731,73	44871,69	120	79,16	139,96	134,95	1,1663
140	1220291,7	1138339,85	259,74	140	29	54	08	D	29,9022	44972,16	45128,73	300	80,11	156,57	100,47	0,5219
141	1220089,82	1138515,46	267,57	141	43	06	02	D	43,1006	45217,46	45405,52	250	98,73	188,06	88,73	0,7522
142	1219760,19	1138503,48	329,85	142	45	50	35	I	45,8431	45560,52	45704,54	180	76,12	144,02	155,00	0,8001
143	1219598,32	1138658,49	224,12	143	72	33	16	D	72,5544	45735,11	45937,72	160	117,43	202,61	30,57	1,2663
144	1219287,2	1138487,49	355,02	144	80	25	07	D	80,4186	46073,86	46242,29	120	101,44	168,43	136,14	1,4036
145	1219489,45	1137907,11	614,61	145	148	46	37	I	148,7769	46326,00	46637,60	120	429,46	311,60	83,71	2,5967
146	1219030,87	1138286	594,86	146	74	19	15	D	74,3208	46712,05	46867,70	120	90,95	155,65	74,45	1,2971
147	1218892,36	1138189,89	168,59	147	45	34	08	I	45,5689	46882,33	47001,63	150	63,01	119,30	14,63	0,7953
148	1218650,43	1138236,1	246,31	148	91	41	18	I	91,6883	47040,75	47264,78	140	144,19	224,03	39,12	1,6002
149	1218706,67	1138489,79	259,85	149	44	57	06	D	44,9517	47330,81	47424,95	120	49,65	94,14	66,03	0,7845
150	1218564,47	1138713,43	265,03	150	114	55	38	D	114,9272	47483,58	47684,17	100	156,75	200,59	58,63	2,0059
151	1218281,58	1138271,47	524,74	151	129	30	21	I	129,5058	47840,11	48066,14	100	212,06	226,03	155,94	2,2603
152	1218180,12	1138586,11	330,59	152	84	42	36	D	84,7100	48075,27	48252,69	120	109,40	177,42	9,13	1,4785
153	1217859,24	1138514,49	328,78	153	85	03	48	I	85,0633	48361,98	48540,14	120	110,08	178,16	109,29	1,4847
154	1217785,01	1138749,62	246,57	154	88	18	54	D	88,3150	48579,53	48733,67	100	97,10	154,14	39,39	1,5414
155	1217123,46	1138562	687,64	155	88	22	40	I	88,3778	49207,56	49392,66	120	116,65	185,10	473,89	1,5425
156	1217027,44	1138867,35	320,09	156	96	18	60	D	96,3167	49462,08	49663,80	120	134,02	201,72	69,42	1,6810
157	1216536,9	1138651,27	536,03	157	130	49	12	I	130,8200	49781,74	50078,56	130	284,08	296,82	117,94	2,2832
158	1216696,84	1139172,86	545,56	158	87	05	36	D	87,0933	50225,98	50408,39	120	114,06	182,41	147,42	1,5201
159	1216454,44	1139260,86	257,88	159	25	04	07	I	25,0686	50496,62	50606,01	250	55,58	109,39	88,23	0,4376
160	1216228,32	1139487,16	319,90	160	21	34	39	D	21,5775	50794,11	50944,75	400	76,22	150,64	188,10	0,3766
161	1215731,96	1139702,42	541,02	161	79	48	02	I	79,8006	51309,21	51476,34	120	100,34	167,13	364,46	1,3927
162	1215867,08	1140276,44	589,71	162	95	05	43	I	95,0953	51834,54	52033,71	120	131,18	199,17	358,20	1,6597
163	1216308,29	1140130,17	464,82	163	15	26	50	D	15,4472	52313,10	52420,94	400	54,25	107,84	279,39	0,2696

164	1216676,04	1140111,58	368,22	164	30	37	20	I	30,6222	52625,40	52839,18	400	109,51	213,78	204,46	0,5344
165	1217051,07	1139863,21	449,81	165	41	46	14	D	41,7706	53084,09	53266,35	250	95,39	182,26	244,91	0,7290
166	1217456,54	1139922,03	409,72	166	56	07	11	D	56,1197	53500,72	53647,64	150	79,96	146,92	234,37	0,9795
167	1217857,52	1140757,97	927,14	167	47	20	13	I	47,3369	54407,16	54572,40	200	87,66	165,24	759,52	0,8262
168	1218158,29	1140850,14	314,57	168	32	13	25	D	32,2236	54727,09	54867,69	250	72,22	140,60	154,69	0,5624
169	1218647,48	1141418,1	749,59	169	15	47	30	D	15,7917	55489,59	55599,84	400	55,47	110,25	621,90	0,2756
170	1218775,9	1141694,17	304,48	170	69	45	37	I	69,7603	55744,28	55926,91	150	104,56	182,63	144,44	1,2175
171	1219075,93	1141669,46	301,04	171	28	52	45	D	28,8792	56059,02	56185,02	250	64,37	126,00	132,11	0,5040
172	1219305,32	1141772,42	251,44	172	61	36	30	D	61,6083	56300,54	56429,58	120	71,55	129,04	115,52	1,0753
173	1219319,45	1141963,83	191,93	173	55	44	25	D	55,7403	56486,50	56603,25	120	63,46	116,75	56,92	0,9729
174	1219056,86	1142172,55	335,43	174	27	07	20	I	27,1222	56826,98	56921,65	200	48,24	94,67	223,73	0,4733
175	1219000,25	1142297,36	137,05	175	48	28	40	D	48,4778	56942,93	57069,84	150	67,54	126,91	21,28	0,8461
176	1218778,35	1142365,73	232,19	176	100	30	48	I	100,5133	57090,18	57300,70	120	144,32	210,52	20,34	1,7543
177	1219078,92	1142939,75	647,95	177	60	34	33	I	60,5758	57658,31	57922,62	250	146,02	264,31	357,61	1,0572
178	1219841,34	1142963,53	762,79	178	76	21	35	D	76,3597	58342,81	58675,99	250	196,59	333,18	420,19	1,3327
179	1220037,13	1143896,31	953,11	179	26	42	05	D	26,7014	59361,31	59501,12	300	71,20	139,81	685,32	0,4660
180	1219846,78	1144614,36	742,85	180	56	32	17	I	56,5381	60065,22	60262,58	200	107,55	197,36	564,10	0,9868
181	1220217,23	1145030,29	556,99	181	51	33	26	D	51,5572	60591,28	60816,24	250	120,74	224,96	328,70	0,8998
182	1220149,53	1145419,53	395,09	182	21	31	57	I	21,5325	60995,51	61183,42	500	95,08	187,91	179,27	0,3758
183	1220239,97	1145857,52	447,23	183	53	00	57	D	53,0158	61385,95	61663,54	300	149,63	277,59	202,53	0,9253
184	1219880,19	1146266,32	544,57	184	43	45	35	I	43,7597	61938,00	62167,12	300	120,48	229,12	274,46	0,7637
185	1219900,12	1146739,66	473,76	185	81	46	59	D	81,7831	62364,53	62621,46	180	155,87	256,93	197,41	1,4274
186	1219338,29	1146845,07	571,63	186	43	42	42	I	43,7117	62836,67	63218,12	500	200,55	381,45	215,21	0,7629
187	1218896,66	1147460,54	757,51	187	42	02	11	D	42,0364	63679,03	63862,45	250	96,06	183,42	460,91	0,7337
188	1218571,61	1147531,42	332,70	188	46	19	08	I	46,3189	63992,14	64194,25	250	106,94	202,11	129,69	0,8084
189	1218398,76	1147814,82	331,95	189	38	17	49	D	38,2969	64332,45	64499,55	250	86,81	167,10	138,20	0,6684
190	1217439,1	1148170,27	1023,37	190	28	19	36	I	28,3267	65309,94	65557,13	500	126,18	247,19	810,39	0,4944
EOP	1217198,81	1148443,32	363,72													

Fuente: Autores de la investigación.

Anexo F. Cartera resumen del alineamiento vertical trazado para la Alternativa 2

PIV #	ELEVACIÓN	Lcv [m]	ABSCISAS			PEND. [%]	i [%]	TIPO DE CURVA	LONGITUD ENTRE PIV	ALTURA ENTRE PIV	CONTRAPENDIENTE		EXCESO DE PENDIENTE	
			PCV	PIV	PTV						Sentido 1	Sentido 2	Sentido 1	Sentido 2
BOP	558,00			0,00										
1	559,47	250	168,17	293,17	418,17	0,50	0,50	CONVEXA	293,17	1,47	1,47			
2	559,47	250	354,27	479,27	604,27	0,00	0,50	CONVEXA	186,10	0,00				
3	556,81	250	885,52	1010,52	1135,52	-0,50	-7,70	CÓNCAVA	531,25	2,66		-0,50		
4	590,81	250	1357,78	1482,78	1607,78	7,20	4,80	CONVEXA	472,25	34,00	34,00		0,94	
5	605,33	250	1962,91	2087,91	2212,91	2,40	2,90	CONVEXA	605,13	14,52	14,52			
6	597,89	250	3451,39	3576,39	3701,39	-0,50	-7,50	CÓNCAVA	1488,48	7,44		-0,50		
7	659,41	250	4330,18	4455,18	4580,18	7,00	8,50	CONVEXA	878,78	61,51	61,51			
8	647,37	250	5132,90	5257,90	5382,90	-1,50	-3,70	CÓNCAVA	802,73	12,04		-1,50		
9	683,98	250	6796,98	6921,98	7046,98	2,20	-3,90	CÓNCAVA	1664,07	36,61	36,61			
10	715,81	250	7318,80	7443,80	7568,80	6,10	7,20	CONVEXA	521,82	31,83	31,83			
11	709,09	250	7929,47	8054,47	8179,47	-1,10	-1,10	CÓNCAVA	610,67	6,72		-1,10		
12	709,09	250	8380,71	8505,71	8630,71	0,00	2,80	CONVEXA	451,25	0,00				
13	693,27	250	8945,58	9070,58	9195,58	-2,80	-8,80	CÓNCAVA	564,86	15,82		-2,80		
14	760,13	250	10059,92	10184,92	10309,92	6,00	6,00	CONVEXA	1114,34	66,86	66,86			
15	760,13	250	10785,28	10910,28	11035,28	0,00	1,80	CONVEXA	725,36	0,00				
16	734,10	250	12231,68	12356,68	12481,68	-1,80	-6,20	CÓNCAVA	1446,41	26,04		-1,80		
17	779,24	250	13257,66	13382,66	13507,66	4,40	6,20	CONVEXA	1025,98	45,14	45,14			
18	742,59	250	15293,78	15418,78	15543,78	-1,80	-11,70	CÓNCAVA	2036,11	36,65		-1,80		
19	830,77	250	16184,49	16309,49	16434,49	9,90	4,40	CONVEXA	890,71	88,18	88,18		25,83	
20	906,66	250	17564,22	17689,22	17814,22	5,50	10,60	CONVEXA	1379,73	75,89	75,89			
21	855,00	250	18577,18	18702,18	18827,18	-5,10	-4,20	CÓNCAVA	1012,97	51,66		-5,10		
22	845,12	250	19674,19	19799,19	19924,19	-0,90	1,10	CONVEXA	1097,01	9,87		-0,90		
23	811,55	250	21352,74	21477,74	21602,74	-2,00	2,60	CONVEXA	1678,55	33,57		-2,00		
24	723,00	250	23277,87	23402,87	23527,87	-4,60	-6,00	CÓNCAVA	1925,13	88,56		-4,60		
25	753,73	250	25473,12	25598,12	25723,12	1,40	3,00	CONVEXA	2195,25	30,73	30,73			

26	730,23	250	26941,74	27066,74	27191,74	-1,60	-1,60	CÓNCAVA	1468,63	23,50		-1,60		
27	730,23	250	28238,23	28363,23	28488,23	0,00	1,20	CONVEXA	1296,49	0,00				
28	703,68	250	30450,47	30575,47	30700,47	-1,20	-0,70	CÓNCAVA	2212,24	26,55		-1,20		
29	698,85	250	31416,97	31541,97	31666,97	-0,50	-5,10	CÓNCAVA	966,50	4,83		-0,50		
30	756,31	250	32665,99	32790,99	32915,99	4,60	4,10	CONVEXA	1249,02	57,45	57,45			
31	766,60	250	34725,30	34850,30	34975,30	0,50	-2,90	CÓNCAVA	2059,31	10,30	10,30			
32	804,01	250	35825,63	35950,63	36075,63	3,40	4,30	CONVEXA	1100,33	37,41	37,41			
33	793,58	250	36985,43	37110,43	37235,43	-0,90	-1,80	CÓNCAVA	1159,80	10,44		-0,90		
34	803,61	250	38100,63	38225,63	38350,63	0,90	1,40	CONVEXA	1115,19	10,04	10,04			
35	798,19	250	39186,08	39311,08	39436,08	-0,50	-4,70	CÓNCAVA	1085,46	5,43		-0,50		
36	880,27	250	41140,52	41265,52	41390,52	4,20	-3,00	CÓNCAVA	1954,44	82,09	82,09			
37	1000,02	250	42803,66	42928,66	43053,66	7,20	-1,80	CÓNCAVA	1663,14	119,75	119,75			3,33
38	1143,62	250	44399,20	44524,20	44649,20	9,00	8,50	CONVEXA	1595,53	143,60	143,60			31,91
39	1153,34	250	46344,77	46469,77	46594,77	0,50	3,30	CONVEXA	1945,57	9,73	9,73			
40	1114,62	250	47727,61	47852,61	47977,61	-2,80	-4,10	CÓNCAVA	1382,84	38,72		-2,80		
41	1130,25	250	48929,38	49054,38	49179,38	1,30	1,80	CONVEXA	1201,78	15,62	15,62			
42	1123,94	250	50190,65	50315,65	50440,65	-0,50	-4,00	CÓNCAVA	1261,27	6,31		-0,50		
43	1165,17	250	51368,63	51493,63	51618,63	3,50	4,70	CONVEXA	1177,98	41,23	41,23			
44	1139,81	250	53482,03	53607,03	53732,03	-1,20	-2,00	CÓNCAVA	2113,40	25,36		-1,20		
45	1150,38	250	54802,79	54927,79	55052,79	0,80	5,80	CONVEXA	1320,76	10,57	10,57			
46	1067,68	250	56456,72	56581,72	56706,72	-5,00	-7,50	CÓNCAVA	1653,93	82,70		-5,00		
47	1116,29	250	58401,22	58526,22	58651,22	2,50	3,30	CONVEXA	1944,50	48,61	48,61			
48	1099,06	250	60554,90	60679,90	60804,90	-0,80	1,80	CONVEXA	2153,68	17,23		-0,80		
49	1072,46	250	61578,19	61703,19	61828,19	-2,60	-2,10	CÓNCAVA	1023,29	26,61		-2,60		
50	1066,25	250	62820,06	62945,06	63070,06	-0,50	-5,70	CÓNCAVA	1241,86	6,21		-0,50		
51	1123,52	250	63921,42	64046,42	64171,42	5,20	12,20	CONVEXA	1101,36	57,27	57,27			
52	1039,34	250	65123,96	65248,96	65373,96	-7,00	-7,00	CÓNCAVA	1202,55	84,18		-7,00		
EOP	1039,34			65794,68		0,00			545,71	0,00				

Fuente: Autores de la investigación.

Anexo G. Cartera resumen del alineamiento horizontal trazado para la Alternativa 3

PI #	COORDENADAS		DISTANCIA ENTRE PI	CURVA No.	ANGULO DE DEFLEXIÓN				ABSCISAS		ELEMENTOS DE LA CURVA			ENTRE-TANGENCIA	(D/R)	
	NORTE	ESTE			G	M	S	ANGULO (Grados)	PC	PT	Radio (D)	Tangente (T)	Longitud (D)			
BOP	1246645,56	1118861,42	372,45	0												
1	1246521,16	1119212,48	156,21	1	82	3	28	R	82,0578	302,84	417,41	80	69,61	114,57	0,00	1,4321
2	1246368,12	1119181,15	508,74	2	52	49	45	L	52,8292	464,27	538,03	80	39,74	73,76	46,86	0,9220
3	1245985,69	1119516,65	216,43	3	34	58	1	L	34,9669	959,79	1051,33	150	47,25	91,54	421,76	0,6103
4	1245934,16	1119726,86	310,25	4	29	41	46	R	29,6961	1167,49	1271,15	200	53,02	103,66	116,16	0,5183
5	1245720,71	1119952,02	283,87	5	14	14	41	R	14,2447	1490,90	1565,49	300	37,49	74,59	219,75	0,2486
6	1245480,73	1120103,65	407,81	6	57	35	2	L	57,5839	1729,44	1880,19	150	82,44	150,75	163,95	1,0050
7	1245479,8	1120511,46	350,29	7	66	37	3	R	66,6175	2107,00	2281,41	150	98,56	174,41	226,81	1,1627
8	1245157,96	1120649,74	306,01	8	38	44	53	L	38,7481	2445,22	2614,29	250	87,91	169,07	163,81	0,6763
9	1245014,29	1120919,93	397,29	9	39	2	15	R	39,0375	2726,04	2930,44	300	106,35	204,40	111,75	0,6813
10	1244648,48	1121074,93	319,32	10	25	5	11	R	25,0864	3165,77	3275,23	250	55,62	109,46	235,33	0,4378
11	1244329,38	1121063,09	272,09	11	89	45	31	L	89,7586	3419,43	3607,42	120	119,50	187,99	144,20	1,5666
12	1244318,15	1121334,95	558,05	12	105	41	41	R	105,6947	3628,05	3812,52	100	131,97	184,47	20,63	1,8447
13	1243787,59	1121161,95	137,29	13	27	56	13	R	27,9369	4201,29	4274,43	150	37,31	73,14	388,77	0,4876
14	1243692,22	1121063,2	189,83	14	51	4	12	L	51,0700	4293,19	4444,72	170	81,21	151,53	18,76	0,8914
15	1243503,13	1121079,98	383,11	15	24	22	9	L	24,3692	4510,15	4595,21	200	43,19	85,06	65,43	0,4253
16	1243169,51	1121268,3	380,69	16	21	59	46	R	21,9961	4886,55	4982,52	250	48,59	95,97	291,34	0,3839
17	1242792,02	1121317,63	548,96	17	46	44	23	R	46,7397	5185,00	5429,72	300	129,64	244,72	202,48	0,8157
18	1242367,18	1120969,98	278,34	18	60	46	59	L	60,7831	5731,75	5943,92	200	117,30	212,17	302,03	1,0609
19	1242108,18	1121071,95	278,12	19	48	53	6	R	48,8850	5991,34	6204,64	250	113,63	213,30	47,42	0,8532
20	1241861,25	1120943,98	417,80	20	46	15	19	L	46,2553	6262,35	6464,18	250	106,78	201,83	57,71	0,8073
21	1241465,88	1121079,03	631,05	21	45	59	37	L	45,9936	6647,88	6888,70	300	127,32	240,82	183,70	0,8027
22	1241197,73	1121650,27	649,17	22	29	32	24	R	29,5400	7326,52	7455,41	250	65,91	128,89	437,82	0,5156
23	1240668,01	1122025,52	284,79	23	16	46	51	L	16,7808	7994,42	8082,28	300	44,25	87,86	539,01	0,2929
24	1240493,05	1122250,23	730,66	24	62	22	40	L	62,3778	8201,75	8419,49	200	121,07	217,74	119,47	1,0887
25	1240795,72	1122915,24	869,22	25	164	17	0	R	164,2833	8521,90	8722,61	70	507,17	200,71	102,41	2,8673
26	1240234,8	1122251,22	162,28	26	30	53	30	L	30,8917	9043,22	9124,09	150	41,45	80,87	320,61	0,5391
27	1240081,29	1122198,61	235,59	27	65	38	48	R	65,6467	9148,17	9320,03	150	96,76	171,86	24,08	1,1457

28	1240058,98	1121964,07	200,43	28	63	26	22	L	63,4394	9384,70	9517,57	120	74,17	132,87	64,67	1,1072
29	1239872,02	1121891,83	372,21	29	37	37	9	R	37,6192	9575,71	9707,03	200	68,12	131,32	58,14	0,6566
30	1239678,9	1121573,64	386,79	30	51	34	5	L	51,5681	9928,99	10081,99	170	82,12	153,00	221,96	0,9000
31	1239295,14	1121525,31	352,33	31	49	15	23	L	49,2564	10294,97	10466,91	200	91,69	171,94	212,98	0,8597
32	1239033,63	1121761,43	525,76	32	25	37	19	L	25,6219	10670,71	10782,51	250	56,85	111,80	203,80	0,4472
33	1238834,13	1122247,87	400,61	33	72	7	0	R	72,1167	11127,64	11341,62	170	123,78	213,98	345,13	1,2587
34	1238434,72	1122217,03	604,94	34	94	2	3	L	94,0342	11489,69	11686,63	120	128,76	196,94	148,07	1,6412
35	1238430,69	1122821,96	154,36	35	40	21	33	R	40,3592	12089,31	12230,19	200	73,51	140,88	402,68	0,7044
36	1238329,95	1122938,91	505,93	36	33	23	26	R	33,3906	12236,06	12381,76	250	74,98	145,70	5,87	0,5828
37	1237843,3	1123077,25	804,29	37	18	43	55	R	18,7319	12763,23	12861,31	300	49,48	98,08	381,47	0,3269
38	1237040,01	1123037,07	239,97	38	46	18	5	L	46,3014	13530,59	13692,22	200	85,52	161,63	669,28	0,8081
39	1236865,76	1123202,07	306,76	39	77	29	1	R	77,4836	13710,28	13940,17	170	136,40	229,89	18,06	1,3523
40	1236611,59	1123030,33	362,07	40	38	35	25	L	38,5903	14040,51	14175,22	200	70,02	134,71	100,34	0,6735
41	1236250,65	1123059,02	722,07	41	62	56	45	R	62,9458	14393,81	14525,65	120	73,46	131,84	218,59	1,0987
42	1235872,31	1122444,01	487,21	42	143	14	33	L	143,2425	14963,57	15138,57	70	210,69	175,00	437,92	2,5000
43	1235828,5	1122929,25	268,33	43	69	16	38	R	69,2772	15332,19	15477,28	120	82,90	145,09	193,62	1,2091
44	1235570,01	1123001,25	126,95	44	22	14	18	L	22,2383	15623,41	15701,03	200	39,31	77,62	146,13	0,3881
45	1235469,71	1123079,06	220,76	45	31	47	16	R	31,7878	15731,73	15842,69	200	56,95	110,96	30,70	0,5548
46	1235250,16	1123102,19	540,14	46	93	5	29	L	93,0914	15879,85	16074,82	120	126,66	194,97	37,16	1,6247
47	1235335,64	1123635,52	587,72	47	35	25	4	R	35,4178	16424,43	16548,07	200	63,86	123,64	349,61	0,6182
48	1235075,13	1124162,36	300,50	48	22	45	35	R	22,7597	17021,61	17120,92	250	50,32	99,31	473,54	0,3972
49	1234848,1	1124359,22	227,81	49	77	55	18	L	77,9217	17274,05	17437,25	120	97,04	163,20	153,13	1,3600
50	1234958,03	1124558,75	435,89	50	47	59	27	R	47,9908	17492,35	17634,75	170	75,67	142,40	55,10	0,8376
51	1234815,1	1124970,54	315,70	51	46	13	30	R	46,2250	17909,60	18070,96	200	85,36	161,36	274,85	0,8068
52	1234528,14	1125102,14	368,84	52	109	30	58	L	109,5161	18088,99	18375,70	150	212,31	286,71	18,03	1,9114
53	1234785,05	1125366,79	694,69	53	34	30	25	L	34,5069	18479,44	18581,83	170	52,80	102,39	103,74	0,6023
54	1235466,18	1125503,41	670,12	54	159	43	10	R	159,7194	18832,34	19027,47	70	391,39	195,13	250,51	2,7876
55	1234804,2	1125607,53	549,28	55	19	24	19	R	19,4053	19277,14	19334,72	170	29,07	57,58	249,67	0,3387
56	1234264,06	1125507,74	880,38	56	77	29	23	L	77,4897	19758,64	19920,93	120	96,29	162,29	423,92	1,3524
57	1233920,38	1126318,26	583,36	57	16	6	10	R	16,1028	20680,97	20728,75	170	24,05	47,78	760,04	0,2811
58	1233552,63	1126771,1	507,41	58	48	7	44	R	48,1289	21176,41	21386,41	250	111,65	210,00	447,66	0,8400
59	1233045,82	1126795,8	336,15	59	25	46	53	R	25,7814	21713,52	21848,51	300	68,66	134,99	327,11	0,4500
60	1232736,37	1126664,51	175,37	60	57	53	14	R	57,8872	22005,40	22207,46	200	110,61	202,06	156,89	1,0103
61	1232708,57	1126491,36	573,92	61	51	55	21	L	51,9225	22213,80	22322,54	120	58,43	108,74	6,34	0,9062

62	1232206,39	1126213,5	2103,81	62	139	52	10	L	139,8694	22509,51	22802,45	120	328,53	292,94	186,97	2,4412
63	1232957,37	1128178,71	1915,12	63	172	30	1	R	172,5003	23509,68	23720,43	70	1068,05	210,75	707,23	3,0107
64	1232046,1	1126494,29	571,83	64	38	53	30	L	38,8917	24525,13	24606,59	120	42,37	81,46	804,70	0,6788
65	1231518,55	1126273,67	477,17	65	127	30	58	L	127,5161	24791,20	25169,54	170	344,85	378,34	184,61	2,2255
66	1231640,61	1126734,96	350,22	66	23	53	51	R	23,8975	25248,96	25353,23	250	52,91	104,27	79,42	0,4171
67	1231585,37	1127080,79	370,78	67	25	15	56	R	25,2656	25583,30	25715,59	300	67,24	132,29	230,07	0,4410
68	1231376,2	1127386,93	471,08	68	30	1	22	R	30,0228	25925,27	26108,67	350	93,86	183,40	209,68	0,5240
69	1230951,49	1127590,74	426,29	69	34	1	49	L	34,0303	26363,49	26601,06	400	122,41	237,57	254,82	0,5939
70	1230736,19	1127958,67	354,25	70	17	33	4	L	17,5511	26835,48	26973,32	450	69,47	137,84	234,42	0,3063
71	1230657,81	1128304,13	394,50	71	19	34	56	R	19,5822	27171,82	27342,70	500	86,29	170,88	198,50	0,3418
72	1230446,63	1128637,35	252,14	72	29	24	47	L	29,4131	27532,81	27763,82	450	118,11	231,01	190,11	0,5134
73	1230433,64	1128889,16	534,78	73	6	16	2	R	6,2672	27870,48	27925,17	500	27,37	54,69	106,66	0,1094
74	1230347,95	1129417,02	799,66	74	8	23	16	R	8,3878	28395,91	28469,11	500	36,66	73,20	470,74	0,1464
75	1230106,06	1130179,22	159,12	75	32	12	23	R	32,2064	29159,93	29300,45	250	72,17	140,52	690,82	0,5621
76	1229984,5	1130281,89	243,62	76	43	34	6	L	43,5683	29339,44	29430,69	120	47,96	91,25	38,99	0,7604
77	1229958	1130524,07	567,29	77	46	10	56	R	46,1822	29541,09	29702,29	200	85,27	161,20	110,40	0,8060
78	1229508,37	1130869,98	617,79	78	15	8	28	L	15,1411	30137,80	30230,29	350	46,52	92,49	435,51	0,2643
79	1229134,11	1131361,5	511,91	79	9	0	22	R	9,0061	30781,87	30821,17	250	19,69	39,30	551,58	0,1572
80	1228764,05	1131715,22	455,02	80	56	17	31	R	56,2919	31222,45	31389,47	170	90,95	167,02	401,28	0,9825
81	1228319,97	1131616,07	466,58	81	120	26	26	L	120,4406	31543,84	31796,09	120	209,70	252,25	154,37	2,1021
82	1228463,03	1132060,18	287,75	82	96	25	24	R	96,4233	31918,70	32120,65	120	134,27	201,95	122,61	1,6829
83	1228180,98	1132117,22	228,35	83	27	15	52	L	27,2644	32232,90	32313,80	170	41,23	80,90	112,25	0,4759
84	1228002,76	1132259,98	283,51	84	23	26	23	R	23,4397	32449,06	32551,34	250	51,86	102,28	135,26	0,4091
85	1227729,24	1132334,59	832,76	85	8	46	9	R	8,7692	32752,31	32813,53	400	30,67	61,22	200,97	0,1530
86	1226901,82	1132428,68	458,80	86	55	26	54	L	55,4483	33484,23	33726,17	250	131,39	241,94	670,70	0,9678
87	1226685,98	1132833,54	384,74	87	65	17	58	R	65,2994	33925,43	34153,37	200	128,15	227,94	199,26	1,1397
88	1226301,9	1132810,97	752,75	88	46	13	2	L	46,2172	34324,62	34485,95	200	85,34	161,33	171,25	0,8066
89	1225750,06	1133322,94	241,79	89	0	53	38	R	0,8939	35149,46	35157,26	500	3,90	7,80	663,51	0,0156
90	1225570,26	1133484,6	504,10	90	16	58	27	R	16,9742	35357,84	35431,91	250	37,31	74,07	200,58	0,2963
91	1225113,34	1133697,53	218,15	91	46	40	20	L	46,6722	35825,36	35963,84	170	73,34	138,48	393,45	0,8146
92	1225044,69	1133904,6	363,90	92	93	14	50	R	93,2472	35981,65	36176,94	120	127,00	195,29	17,81	1,6274
93	1224706,33	1133770,71	607,71	93	76	19	22	L	76,3228	36319,54	36479,39	120	94,30	159,85	142,60	1,3321
94	1224355,45	1134266,89	1098,44	94	60	57	37	R	60,9603	36922,17	37049,85	120	70,63	127,68	442,78	1,0640
95	1223263,48	1134147,75	162,47	95	37	1	16	R	37,0211	38020,74	38130,59	170	56,92	109,85	970,89	0,6462

96	1223145,14	1134036,43	350,20	96	66	51	2	L	66,8506	38156,95	38296,96	120	79,20	140,01	26,36	1,1668
97	1222824,24	1134176,65	405,58	97	83	33	13	L	83,5536	38460,75	38635,74	120	107,21	174,99	163,79	1,4582
98	1222943,88	1134564,19	189,16	98	22	14	58	R	22,2494	38900,69	38966,71	170	33,43	66,02	264,95	0,3884
99	1222927,08	1134752,6	357,22	99	5	52	37	L	5,8769	39107,04	39137,81	300	15,40	30,77	140,33	0,1026
100	1222931,97	1135109,79	897,99	100	14	54	24	L	14,9067	39453,46	39505,50	200	26,17	52,04	315,65	0,2602
101	1223174,82	1135974,32	789,05	101	168	55	36	R	168,9267	39655,18	39861,56	70	722,14	206,38	149,68	2,9483
102	1222819,5	1135269,79	278,33	102	22	0	42	L	22,0117	39905,14	39951,24	120	23,34	46,10	43,58	0,3842
103	1222610,17	1135086,37	402,19	103	72	33	33	R	72,5592	40118,14	40270,11	120	88,08	151,97	166,90	1,2664
104	1222772,36	1134718,34	454,71	104	137	1	45	L	137,0292	40279,35	40566,35	120	304,87	287,00	9,24	2,3917
105	1222354,57	1134897,79	584,51	105	48	49	15	L	48,8208	40661,73	40763,98	120	54,46	102,25	95,38	0,8521
106	1222174,58	1135453,91	122,95	106	26	2	56	L	26,0489	41254,71	41332,00	170	39,32	77,29	490,73	0,4546
107	1222191,94	1135575,63	93,64	107	27	8	57	R	27,1492	41367,33	41462,10	200	48,29	94,77	35,33	0,4738
108	1222161,4	1135664,15	103,46	108	16	7	20	L	16,1222	41472,05	41542,39	250	35,41	70,34	9,95	0,2814
109	1222156,14	1135767,47	106,65	109	46	57	16	R	46,9544	41558,32	41656,66	120	52,12	98,34	15,93	0,8195
110	1222074,6	1135836,21	126,10	110	21	51	14	L	21,8539	41688,02	41733,79	120	23,17	45,77	31,36	0,3814
111	1222015,38	1135947,54	210,75	111	21	28	9	L	21,4692	41804,50	41868,20	170	32,23	63,70	70,71	0,3747
112	1221991,36	1136156,92	216,82	112	20	40	17	L	20,6714	42001,13	42091,33	250	45,59	90,20	132,93	0,3608
113	1222044,28	1136367,18	332,93	113	48	51	18	R	48,8550	42185,34	42330,30	170	77,21	144,96	94,01	0,8527
114	1221854,63	1136640,81	334,31	114	47	24	4	L	47,4011	42533,33	42632,61	120	52,68	99,28	203,03	0,8273
115	1221927,97	1136966,97	573,46	115	148	33	4	R	148,5511	42665,61	42847,10	70	248,63	181,49	33,00	2,5927
116	1221528,73	1136555,31	395,98	116	154	9	48	L	154,1633	42866,75	43055,10	70	305,19	188,35	19,65	2,6907
117	1221652,98	1136931,3	113,02	117	63	14	54	R	63,2483	43072,00	43204,47	120	73,89	132,47	16,90	1,1039
118	1221573,11	1137011,27	350,30	118	11	38	5	L	11,6347	43226,27	43260,80	170	17,32	34,53	21,80	0,2031
119	1221380,65	1137303,96	232,32	119	33	43	32	R	33,7256	43533,15	43650,87	200	60,62	117,72	272,35	0,5886
120	1221166,71	1137394,53	172,48	120	35	9	1	R	35,1503	43743,38	43896,76	250	79,19	153,38	92,51	0,6135
121	1220998,13	1137358,07	221,72	121	72	13	33	L	72,2258	43902,51	44053,78	120	87,55	151,27	5,75	1,2606
122	1220887,35	1137550,13	248,56	122	33	28	16	R	33,4711	44151,86	44221,96	120	36,08	70,10	98,08	0,5842
123	1220665	1137661,23	227,79	123	57	12	37	R	57,2103	44369,00	44488,82	120	65,44	119,82	147,04	0,9985
124	1220469,05	1137545,08	280,45	124	49	40	54	L	49,6817	44572,47	44719,88	170	78,70	147,41	83,65	0,8671
125	1220203,92	1137636,49	393,31	125	35	35	9	R	35,5858	44857,44	44981,66	200	64,19	124,22	137,56	0,6211
126	1219826,93	1137524,37	743,12	126	128	1	31	L	128,0253	45064,61	45332,75	120	246,17	268,14	82,95	2,2345
127	1220098,83	1138215,96	299,44	127	114	27	6	R	114,4517	45643,30	45883,01	120	186,39	239,71	310,55	1,9976
128	1219799,8	1138200,34	172,06	128	12	18	34	L	12,3094	45983,12	46008,90	120	12,94	25,78	100,11	0,2148
129	1219630,01	1138228,21	275,87	129	89	23	52	R	89,3978	46049,28	46236,51	120	118,75	187,23	40,38	1,5603

130	1219582,47	1137956,46	233,02	130	66	20	27	L	66,3408	46282,52	46479,35	170	111,12	196,83	46,01	1,1578
131	1219356,12	1137901,13	283,54	131	36	54	54	L	36,9150	46534,50	46663,36	200	66,75	128,86	55,15	0,6443
132	1219095,46	1138012,73	256,77	132	52	7	20	L	52,1222	46821,46	46930,62	120	58,69	109,16	158,10	0,9097
133	1219030,31	1138261,09	264,29	133	141	1	27	R	141,0242	46930,90	47103,19	70	197,81	172,29	0,28	2,4613
134	1218921,65	1138020,17	238,52	134	59	21	8	L	59,3522	47129,79	47202,30	70	39,89	72,51	26,60	1,0359
135	1218684,6	1137993,7	232,08	135	70	41	28	L	70,6911	47315,83	47463,88	120	85,11	148,05	113,53	1,2337
136	1218584,03	1138202,85	799,31	136	32	43	31	L	32,7253	47575,62	47644,16	120	35,23	68,54	111,74	0,5712
137	1218682,06	1138996,13	893,43	137	165	39	5	R	165,6514	47852,13	48054,51	70	556,11	202,38	207,97	2,8911
138	1218356,16	1138164,27	270,29	138	97	23	2	L	97,3839	48255,27	48459,23	120	136,55	203,96	200,76	1,6997
139	1218119,26	1138294,39	142,89	139	29	0	52	L	29,0144	48541,22	48642,50	200	51,75	101,28	81,99	0,5064
140	1218043,09	1138415,29	254,41	140	57	22	9	R	57,3692	48667,99	48788,14	120	65,66	120,15	25,49	1,0013
141	1217788,69	1138417,17	180,61	141	51	36	56	L	51,6156	48904,36	49039,49	150	72,54	135,13	116,22	0,9009
142	1217677,59	1138559,56	641,19	142	65	31	53	R	65,5314	49070,33	49207,57	120	77,23	137,24	30,84	1,1437
143	1217054,09	1138409,95	252,69	143	72	33	18	L	72,5550	49683,46	49835,42	120	88,08	151,96	475,89	1,2663
144	1216924,18	1138626,69	352,81	144	61	6	12	R	61,1033	49911,49	50071,46	150	88,54	159,97	76,07	1,0665
145	1216571,6	1138614,12	252,51	145	36	9	15	L	36,1542	50270,44	50396,65	200	65,28	126,21	198,98	0,6310
146	1216362,54	1138755,73	389,97	146	65	20	7	L	65,3353	50474,87	50668,72	170	109,00	193,85	78,22	1,1403
147	1216426,55	1139140,41	216,29	147	62	24	54	R	62,4150	50858,82	51022,22	150	90,87	163,40	190,10	1,0893
148	1216253,89	1139270,67	834,19	148	12	49	30	R	12,8250	51119,55	51175,51	250	28,10	55,96	97,33	0,2238
149	1215493,05	1139612,73	371,15	149	77	20	48	L	77,3467	51845,53	52075,02	170	136,07	229,49	670,02	1,3499
150	1215567,39	1139976,35	139,46	150	43	9	13	L	43,1536	52242,87	52370,91	170	67,23	128,04	167,85	0,7532
151	1215681,22	1140056,92	252,54	151	39	47	17	R	39,7881	52399,72	52483,05	120	43,43	83,33	28,81	0,6944
152	1215746,25	1140300,95	189,25	152	34	48	46	L	34,8128	52638,87	52742,16	170	53,30	103,29	155,82	0,6076
153	1215890,65	1140423,27	454,01	153	58	46	50	L	58,7806	52782,36	52956,77	170	95,75	174,41	40,20	1,0259
154	1216321,16	1140279,11	233,34	154	20	10	53	R	20,1814	53270,54	53358,59	250	44,49	88,05	313,77	0,3522
155	1216554,4	1140285,9	546,95	155	31	23	23	L	31,3897	53477,20	53614,16	250	70,25	136,96	118,61	0,5478
156	1217029,4	1140014,73	330,51	156	33	44	28	R	33,7411	54015,05	54162,27	250	75,82	147,22	400,89	0,5889
157	1217359,09	1140037,9	694,13	157	62	9	45	R	62,1625	54296,41	54513,39	200	120,56	216,98	134,14	1,0849
158	1217639,41	1140672,91	601,17	158	25	48	19	L	25,8053	55018,24	55153,36	300	68,72	135,12	504,85	0,4504
159	1218097,39	1141062,35	246,42	159	27	37	12	L	27,6200	55599,77	55768,49	350	86,03	168,72	446,41	0,4821
160	1218337,73	1141116,76	227,51	160	60	17	45	R	60,2958	55783,68	56046,77	250	145,20	263,09	15,19	1,0524
161	1218404,05	1141334,39	340,35	161	32	46	43	L	32,7786	56055,56	56198,58	250	73,53	143,02	8,79	0,5721
162	1218663,72	1141554,41	367,72	162	34	13	12	R	34,2200	56403,84	56523,29	200	61,57	119,45	205,26	0,5973
163	1218762,03	1141908,74	985,06	163	84	23	42	L	84,3950	56693,43	56914,38	150	136,00	220,95	170,14	1,4730

164	1219732,41	1141739,36	740,10	164	159	29	1	R	159,4836	57376,65	57571,49	70	386,79	194,84	462,27	2,7834
165	1219094,18	1142114,07	229,02	165	31	4	35	L	31,0764	57891,44	57956,53	120	33,37	65,09	319,95	0,5424
166	1218984,88	1142315,33	196,90	166	48	22	29	R	48,3747	58098,29	58199,60	120	53,90	101,31	141,76	0,8442
167	1218793,11	1142360,02	606,21	167	102	34	36	L	102,5767	58255,27	58380,59	70	87,34	125,32	55,67	1,7903
168	1219055,96	1142906,28	774,98	168	58	56	22	L	58,9394	58803,40	58978,27	170	96,06	174,87	422,81	1,0286
169	1219827,55	1142978,73	1030,83	169	71	51	52	R	71,8644	59548,48	59736,62	150	108,71	188,14	570,21	1,2543
170	1220055,42	1143984,06	638,48	170	36	49	8	R	36,8189	60602,16	60711,40	170	56,58	109,24	865,54	0,6426
171	1219795,24	1144567,12	629,21	171	60	19	58	L	60,3328	61206,11	61364,07	150	87,18	157,96	494,71	1,0531
172	1220167,61	1145074,31	546,97	172	42	36	50	R	42,6139	61828,08	61976,83	200	78,00	148,75	464,01	0,7438
173	1220107,31	1145617,95	225,55	173	27	59	7	L	27,9853	62383,50	62505,61	250	62,30	122,11	406,67	0,4884
174	1220190,55	1145827,58	1211,66	174	63	19	33	R	63,3258	62545,52	62766,57	200	123,34	221,05	39,91	1,1053
175	1219385	1146732,68	960,80	175	12	50	27	R	12,8408	63821,12	63888,36	300	33,76	67,24	1054,55	0,2241
176	1218602,69	1147290,48	410,52	176	27	18	46	L	27,3128	64754,66	64873,83	250	60,74	119,17	866,30	0,4767
177	1218415,06	1147655,61	721,75	177	35	22	12	R	35,3700	65143,90	65298,23	250	79,71	154,33	270,07	0,6173
178	1217774,47	1147988,13	566,66	178	15	23	32	L	15,3922	65892,97	65987,00	350	47,30	94,03	594,74	0,2687
EOP	1217358,86	1148373,32														

Fuente: Autores de la investigación.

Anexo H. Cartera resumen del alineamiento vertical trazado para la Alternativa 3

PIV #	ELEVACIÓN	Lcv [m]	ABSCISAS			PENDIENTE [%]	i [%]	TIPO DE CURVA	LONGITUD ENTRE PIV	ALTURA ENTRE PIV	CONTRAPENDIENTE		EXCESO DE PENDIENTE	
			PCV	PIV	PTV						Sentido 1	Sentido 2	Sentido 1	Sentido 2
BOP	550,00			0,00										
1	555,55	100	36,72	86,72	136,72	6,40	6,40	CONVEXA	86,72	5,55	5,55			
2	555,55	250	445,21	570,21	695,21	0,00	-8,30	CÓNCAVA	483,49	0,00				
3	607,34	250	1069,22	1194,22	1319,22	8,30	12,50	CONVEXA	624,01	51,79	51,79			8,11
4	592,16	200	1455,79	1555,79	1655,79	-4,20	-4,20	CÓNCAVA	361,57	15,19		15,19		
5	592,16	200	1680,04	1780,04	1880,04	0,00	-3,40	CÓNCAVA	224,25	0,00				
6	611,66	250	2228,73	2353,73	2478,73	3,40	5,70	CONVEXA	573,69	19,51	19,51			
7	593,96	250	2998,22	3123,22	3248,22	-2,30	-2,30	CÓNCAVA	769,49	17,70		17,70		
8	593,96	250	3378,41	3503,41	3628,41	0,00	-9,40	CÓNCAVA	380,19	0,00				
9	647,74	250	3950,45	4075,45	4200,45	9,40	9,40	CONVEXA	572,04	53,77	53,77			13,73
10	647,74	150	4301,58	4376,58	4451,58	0,00	-6,10	CÓNCAVA	301,13	0,00				
11	658,78	150	4482,55	4557,55	4632,55	6,10	13,20	CONVEXA	180,97	11,04	11,04			
12	638,27	150	4771,34	4846,34	4921,34	-7,10	-15,50	CÓNCAVA	288,79	20,50		20,50	0,29	
13	652,85	150	4944,93	5019,93	5094,93	8,40	9,90	CONVEXA	173,59	14,58	14,58			2,43
14	643,64	200	5534,23	5634,23	5734,23	-1,50	-6,10	CÓNCAVA	614,30	9,21		9,21		
15	655,83	250	5774,22	5899,22	6024,22	4,60	4,60	CONVEXA	264,99	12,19	12,19			
16	655,83	150	6057,09	6132,09	6207,09	0,00	-3,30	CÓNCAVA	232,87	0,00				
17	661,92	200	6216,78	6316,78	6416,78	3,30	3,30	CONVEXA	184,69	6,09	6,09			
18	661,92	100	6517,68	6567,68	6617,68	0,00	-7,30	CÓNCAVA	250,90	0,00				
19	670,42	100	6634,12	6684,12	6734,12	7,30	7,30	CONVEXA	116,44	8,50	8,50			0,35
20	670,42	250	7177,44	7302,44	7427,44	0,00	3,30	CONVEXA	618,32	0,00				
21	647,77	250	7864,01	7989,01	8114,01	-3,30	-10,00	CÓNCAVA	686,57	22,66		22,66		
22	664,71	250	8116,96	8241,96	8366,96	6,70	7,60	CONVEXA	252,95	16,95	16,95			
23	656,61	200	9042,83	9142,83	9242,83	-0,90	-0,90	CÓNCAVA	900,87	8,11		8,11		
24	656,61	200	9271,69	9371,69	9471,69	0,00	2,60	CONVEXA	228,86	0,00				
25	642,06	250	9806,07	9931,07	10056,07	-2,60	-10,50	CÓNCAVA	559,38	14,54		14,54		
26	669,66	250	10155,38	10280,38	10405,38	7,90	11,20	CONVEXA	349,31	27,60	27,60			3,14
27	660,65	200	10453,40	10553,40	10653,40	-3,30	-9,50	CÓNCAVA	273,02	9,01		9,01		

28	673,55	200	10661,47	10761,47	10861,47	6,20	6,20	CONVEXA	208,07	12,90	12,90			
29	673,55	250	11072,95	11197,95	11322,95	0,00	1,20	CONVEXA	436,48	0,00				
30	669,15	150	11489,66	11564,66	11639,66	-1,20	3,00	CONVEXA	366,71	4,40		4,40		
31	660,83	150	11687,76	11762,76	11837,76	-4,20	-4,20	CÓNCAVA	198,10	8,32		8,32		
32	660,83	250	12107,82	12232,82	12357,82	0,00	1,50	CONVEXA	470,06	0,00				
33	653,22	250	12614,81	12739,81	12864,81	-1,50	-7,60	CÓNCAVA	506,99	7,60			7,60	
34	715,03	250	13628,12	13753,12	13878,12	6,10	4,20	CONVEXA	1013,31	61,81	61,81			
35	727,14	250	14265,17	14390,17	14515,17	1,90	1,40	CONVEXA	637,05	12,10	12,10			
36	729,49	250	14734,64	14859,64	14984,64	0,50	-2,50	CÓNCAVA	469,47	2,35	2,35			
37	752,33	250	15495,98	15620,98	15745,98	3,00	2,50	CONVEXA	761,34	22,84	22,84			
38	756,71	250	16372,93	16497,93	16622,93	0,50	-4,40	CÓNCAVA	876,95	4,38	4,38			
39	805,44	250	17367,46	17492,46	17617,46	4,90	4,90	CONVEXA	994,53	48,73	48,73			
40	805,44	250	17654,84	17779,84	17904,84	0,00	-1,10	CÓNCAVA	287,38	0,00				
41	810,58	250	18122,03	18247,03	18372,03	1,10	5,40	CONVEXA	467,19	5,14	5,14			
42	799,09	250	18389,29	18514,29	18639,29	-4,30	-8,20	CÓNCAVA	267,26	11,49		11,49		
43	817,29	250	18856,08	18981,08	19106,08	3,90	8,20	CONVEXA	466,79	18,20	18,20			
44	798,57	200	19316,61	19416,61	19516,61	-4,30	-3,80	CÓNCAVA	435,53	18,73		18,73		
45	797,50	200	19529,43	19629,43	19729,43	-0,50	-3,10	CÓNCAVA	212,82	1,06		1,06		
46	808,95	250	19944,91	20069,91	20194,91	2,60	3,70	CONVEXA	440,48	11,45	11,45			
47	800,82	200	20709,26	20809,26	20909,26	-1,10	6,90	CONVEXA	739,35	8,13		8,13		
48	782,21	200	20941,87	21041,87	21141,87	-8,00	-7,50	CÓNCAVA	232,61	18,61		18,61	2,33	
49	780,70	250	21218,77	21343,77	21468,77	-0,50	1,50	CONVEXA	301,90	1,51		1,51		
50	767,21	250	21893,06	22018,06	22143,06	-2,00	-4,70	CÓNCAVA	674,29	13,49		13,49		
51	782,18	250	22447,37	22572,37	22697,37	2,70	2,70	CONVEXA	554,31	14,97	14,97			
52	782,18	250	23150,15	23275,15	23400,15	0,00	6,20	CONVEXA	702,78	0,00				
53	743,11	250	23780,36	23905,36	24030,36	-6,20	-1,20	CÓNCAVA	630,21	39,07		39,07		
54	700,75	250	24627,45	24752,45	24877,45	-5,00	-5,60	CÓNCAVA	847,09	42,35		42,35		
55	718,94	250	27659,32	27784,32	27909,32	0,60	0,60	CONVEXA	3031,87	18,19	18,19			
56	718,94	250	28400,02	28525,02	28650,02	0,00	0,50	CONVEXA	740,70	0,00				
57	701,69	250	31850,05	31975,05	32100,05	-0,50	-7,20	CÓNCAVA	3450,03	17,25		17,25		
58	760,55	250	32728,52	32853,52	32978,52	6,70	9,50	CONVEXA	878,47	58,86	58,86			
59	753,37	250	32985,06	33110,06	33235,06	-2,80	-2,80	CÓNCAVA	256,54	7,18		7,18		
60	753,37	250	33467,05	33592,05	33717,05	0,00	0,60	CONVEXA	481,99	0,00				
61	746,45	250	34620,43	34745,43	34870,43	-0,60	-4,30	CÓNCAVA	1153,38	6,92		6,92		
62	809,44	250	36322,94	36447,94	36572,94	3,70	3,70	CONVEXA	1702,51	62,99	62,99			
63	809,44	250	37692,73	37817,73	37942,73	0,00	1,30	CONVEXA	1369,79	0,00				

64	791,05	250	39107,61	39232,61	39357,61	-1,30	-6,50	CÓNCAVA	1414,88	18,39		18,39		
65	854,29	200	40348,83	40448,83	40548,83	5,20	4,70	CONVEXA	1216,22	63,24	63,24			
66	855,53	200	40597,60	40697,60	40797,60	0,50	-3,40	CÓNCAVA	248,77	1,24	1,24			
67	894,04	250	41559,90	41684,90	41809,90	3,90	3,10	CONVEXA	987,30	38,50	38,50			
68	900,44	250	42360,63	42485,63	42610,63	0,80	-4,10	CÓNCAVA	800,73	6,41	6,41			
69	948,44	250	43340,16	43465,16	43590,16	4,90	3,90	CONVEXA	979,53	48,00	48,00			
70	955,62	250	44058,33	44183,33	44308,33	1,00	-5,80	CÓNCAVA	718,17	7,18	7,18			
71	1011,73	250	44883,46	45008,46	45133,46	6,80	7,40	CONVEXA	825,13	56,11	56,11			
72	996,54	250	47415,25	47540,25	47665,25	-0,60	-5,60	CÓNCAVA	2531,79	15,19		15,19		
73	1037,08	250	48226,11	48351,11	48476,11	5,00	11,00	CONVEXA	810,86	40,54	40,54			
74	988,08	250	49042,82	49167,82	49292,82	-6,00	-7,90	CÓNCAVA	816,71	49,00		49,00		
75	1005,37	250	49952,87	50077,87	50202,87	1,90	4,00	CONVEXA	910,05	17,29	17,29			
76	986,75	250	50839,58	50964,58	51089,58	-2,10	-3,40	CÓNCAVA	886,71	18,62		18,62		
77	1004,35	250	52192,98	52317,98	52442,98	1,30	-3,60	CÓNCAVA	1353,40	17,59	17,59			
78	1058,95	250	53307,32	53432,32	53557,32	4,90	6,50	CONVEXA	1114,34	54,60	54,60			
79	1037,48	250	54649,05	54774,05	54899,05	-1,60	-7,20	CÓNCAVA	1341,73	21,47		21,47		
80	1066,23	250	55162,41	55287,41	55412,41	5,60	7,00	CONVEXA	513,36	28,75	28,75			
81	1043,52	250	56784,16	56909,16	57034,16	-1,40	-6,20	CÓNCAVA	1621,75	22,70		22,70		
82	1083,85	250	57624,20	57749,20	57874,20	4,80	3,80	CONVEXA	840,04	40,32	40,32			
83	1112,13	250	60452,64	60577,64	60702,64	1,00	7,30	CONVEXA	2828,44	28,28	28,28			
84	1044,51	250	61526,03	61651,03	61776,03	-6,30	-10,20	CÓNCAVA	1073,39	67,62		67,62		
85	1063,16	250	62004,39	62129,39	62254,39	3,90	5,90	CONVEXA	478,36	18,66	18,66			
86	1043,56	250	62984,44	63109,44	63234,44	-2,00	-2,90	CÓNCAVA	980,05	19,60		19,60		
87	1046,61	250	63322,79	63447,79	63572,79	0,90	3,10	CONVEXA	338,35	3,05	3,05			
88	1025,20	250	64295,69	64420,69	64545,69	-2,20	3,70	CONVEXA	972,90	21,40		21,40		
89	1003,36	250	64665,93	64790,93	64915,93	-5,90	-4,90	CÓNCAVA	370,24	21,84		21,84		
90	999,18	250	65083,62	65208,62	65333,62	-1,00	-9,10	CÓNCAVA	417,69	4,18		4,18		
91	1048,12	250	65687,77	65812,77	65937,77	8,10	10,50	CONVEXA	604,15	48,94	48,94			6,65
92	1040,96	250	65986,39	66111,39	66236,39	-2,40	-2,40	CÓNCAVA	298,62	7,17		7,17		
EOP	1040,96			66506,39		0,00			395,00	0,00				

Fuente: Autores de la investigación.