

PLAN PARCIAL LA MACARENA



SAN JUAN DE PASTO, ABRIL 2023



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	11
1. MARCO LEGAL	13
2. GENERALIDADES	14
2.1. LINEAMIENTOS GENERALES	15
2.2. LINEAMIENTOS PARTICULARES.....	17
3. ASPECTOS URBANOS PLAN PARCIAL LA MACARENA	28
3.1. DELIMITACIÓN	28
3.2. USO DE SUELO DEL PLAN PARCIAL.....	32
3.3. INICIATIVA DEL PLAN PARCIAL Y PERTINENCIA.....	35
3.3.1. Predios involucrados.....	35
3.4. MEMORIA JUSTIFICATIVA DEL PLAN PARCIAL, CONDICIONES DE PARTIDA Y CRITERIOS DE DISEÑO.....	36
3.4.1. Diagnóstico urbanístico.....	36
3.4.2. Objetivos y criterios que orientaron las determinaciones de planificación adoptadas por el plan.....	46
3.5. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO, DEFINICIÓN Y PROPUESTA DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURANTES DE ESPACIO PÚBLICO, VÍAS Y EQUIPAMIENTOS	47
3.5.1. Cargas y beneficios	53
3.5.2. Estrategia de gestión y financiación.....	73
3.5.3. Instrumentos legales aplicables para la financiación del plan.	74
3.6. SERVICIOS PÚBLICOS	74
3.6.1. Lineamientos de los instrumentos de planificación	77
4. ASPECTOS AMBIENTALES.....	88
4.1. BASE CARTOGRÁFICA	88
4.1.1. Metodología	88
4.1.2. Resultados	90
4.1.3. Consolidación de la base cartográfica.....	98
4.1.4. Parámetros de calidad del dato geográfico	102



4.1.5.	Índice de objetos	107
4.2.	GEOLOGÍA LOCAL	107
4.2.1.	Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI).....	111
4.2.2.	Geología Estructural	117
4.3.	GEOMORFOLOGÍA A NIVEL DE ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS	119
4.3.1.	Pendientes	119
4.3.2.	Elementos Geomorfológicos.....	121
4.3.3.	Inventario de Movimientos en Masa.....	130
4.4.	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ANALISIS GEOTECNICO	132
4.5.	HIDROLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	136
4.5.1.	Hidrografía	136
4.5.2.	Hidrología superficial	137
4.5.3.	Oferta y demanda hídrica.....	148
4.5.4.	Calidad del recurso hídrico para abastecimiento	148
4.5.5.	Hidrogeología.....	149
4.6.	USO Y COBERTURA DEL SUELO	150
4.7.	CARACTERIZACIÓN DE FLORA Y FAUNA	152
4.7.1.	Diversidad y composición de fauna	152
4.7.2.	Diversidad y composición florística	154
4.8.	ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL	156
4.8.1.	Corredores ecológicos.....	157
5.	GESTION DEL RIESGO	160
5.1.	ANÁLISIS DE AMENAZA Y RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA	160
5.1.1.	Amenaza por movimientos en masa-Estudio básico.....	161
5.1.2.	Amenaza por movimientos en masa-Estudio Detallado	169
5.1.3.	Evaluación de vulnerabilidad.....	182
5.1.4.	Evaluación del riesgo	182
5.2.	ANÁLISIS DE AMENAZA POR SUBSIDENCIA	185



5.3.	ANÁLISIS DE AMENAZA Y RIESGO POR INUNDACIONES Y FLUJO TORRENCIAL.....	187
5.4	. ANÁLISIS DE AMENAZA Y RIESGO VOLCÁNICO	187
6.	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.	189
6.1.	ACTIVIDADES REQUERIDAS EN EL MOMENTO DE EJECUCIÓN DE OBRA 195	
6.2.	PROGRAMAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	195
6.3.	MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL, DETERMINANTES EN EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA URBANÍSTICA	196
6.4.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	198
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	200



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. *Localización del Plan Parcial La Macarena dentro de la Zona de Expansión Urbana de Nor-Oriental Aranda.* 29

Figura 2. *Localización y Ubicación Plan Parcial La Macarena.* 30

Figura 3. *Usos de Suelo actuales Polígono Plan Parcial La Macarena.* 33

Figura 4. *Afectaciones presentes en el Plan Parcial La Macarena.* 40

Figura 5. *Base topográfica Polígono Plan Parcial La Macarena.* 45

Figura 6. *Planteamiento urbanístico para el Plan Parcial La Macarena.* 49

Figura 7. *Planteamiento Urbanístico usos de suelo propuestos para el Plan Parcial La Macarena.* 50

Figura 8. *Planteamiento Urbanístico modelo morfológico de Alturas propuesto para el Plan Parcial La Macarena.* 51

Figura 9. *Planteamiento Urbanístico Unidades de Gestión propuestas para el Plan Parcial La Macarena.* 52

Figura 10. *Perfil vial local tipo Plan Parcial La Macarena.* 57

Figura 11. *Proyección de redes de acueducto, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial.* 81

Figura 11. *Servidumbre de redes de energía eléctrica.* 86

Figura 12. *Esquema metodológico.* 89

Figura 13. *Esquema Geodatabase.* 95

Figura 14. *Mapa base.* 97

Figura 15. *Consolidación GDB.* 99

Figura 16. *Geología del volcán Morasurco.* 108

Figura 17. *Columna estratigráfica del volcán Morasurco.* 109

Figura 18. *Geología del casco urbano del municipio de Pasto.* 110

Figura 19. *Bloques andesíticos asociados a Std. X: 4524277,74 E; Y: 1694932,54 N...* 112

Figura 20. *Afloramiento de Stdccf. X: 4524251,76 E Y: 1694654,93 N.* 113

Figura 21. *Depósitos de Flujos Piroclásticos.* 115



Figura 22. <i>Mapa de Unidades Geológicas para Ingeniería del Plan Parcial La Macarena.</i>	116
Figura 23. <i>Geología estructural en la zona de estudio. (Fault=Falla)</i>	118
Figura 24. <i>Unidades geomorfológicas del casco urbano del municipio de Pasto.</i>	120
Figura 25. <i>Mapa de pendientes del Plan Parcial La Macarena.</i>	122
Figura 26. <i>Lleno de Escombros.</i>	123
Figura 27. <i>Ladera explanada.</i>	124
Figura 28. <i>Ladera moderada y ladera inclinada.</i>	126
Figura 29. <i>Ladera Suave (Dls).</i>	127
Figura 30. <i>Plano anegadizo.</i>	128
Figura 31. <i>Mapa de Elementos Geomorfológicos.</i>	129
Figura 32. <i>Deslizamiento Traslacional.</i>	130
Figura 33. <i>Mapa de movimientos en masa.</i>	131
Figura 34. <i>Exploración subsuelo.</i>	133
Figura 35. <i>Perfiles estratigráficos.</i>	134
Figura 36. <i>Mapa zonificación y codificación de cuencas del departamento de Nariño.</i> ..	137
Figura 37. <i>Hietograma de Proyecto Cuenca predio la Macarena, TR 100 años.</i>	139
Figura 38. <i>Mapa acumulación flujos por encharcamiento predio La Macarena.</i>	145
Figura 39. <i>Mapa de velocidad de acumulación flujos por encharcamiento predio La Macarena.</i>	146
Figura 40. <i>Mapa de coberturas Plan Parcial La Macarena.</i>	151
Figura 41. <i>Corredor Ecológico de Transición rural Morasurco Cabrera en el área del Plan Parcial La Macarena.</i>	158
Figura 42. <i>Estructura Ecológica Municipal Propuesta del Plan Parcial La Macarena.</i> ..	159
Figura 43. <i>Esquema de Estudios de Amenaza por movimientos en masa PP La Macarena.</i>	161
Figura 44. <i>Tasa de positivos.</i>	164
Figura 45. <i>Mapa de susceptibilidad por Movimientos en Masa.</i>	165
Figura 46. <i>Precipitación máxima anual diaria.</i>	166
Figura 47. <i>Mapa de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5000.</i>	168



Figura 48. <i>Modelamiento Determinístico para la Amenaza Detallada de Movimientos en Masa.</i>	170
Figura 49. <i>Esquematación grafica del Método de dovelas.</i>	172
Figura 50. <i>Perfil de factor de seguridad.</i>	173
Figura 51. <i>Método de selección de Kriging.</i>	174
Figura 52. <i>Semivariograma de Kriging.</i>	175
Figura 53. <i>Validación de los datos obtenidos de Factor de seguridad.</i>	177
Figura 54. <i>Perfiles Sísmicos.</i>	178
Figura 55. <i>Escenarios de amenaza por movimientos en masa.</i>	180
Figura 56. <i>Mapa final de amenaza por movimientos en masa.</i>	181
Figura 57. <i>Mapa de Riesgo a detalle Plan Parcial La Macarena.</i>	183
Figura 58. <i>Mapa de eventos de minería y subsidencia en el área.</i>	186
Figura 59. <i>Mapa de amenaza volcánica Galeras.</i>	188



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Parámetros Edificabilidad Tipo 5 para predios con tratamiento de desarrollo.</i> ...	18
Tabla 2. <i>Porcentaje de cesión para espacio público efectivo.</i>	20
Tabla 3. <i>Aislamientos para edificación aislada.</i>	23
Tabla 4. <i>Predios integrantes del Plan Parcial La Macarena.</i>	31
Tabla 5. <i>Predios colindantes del Plan Parcial La Macarena.</i>	31
Tabla 6. <i>Continuación Predios colindantes del Plan Parcial La Macarena.</i>	32
Tabla 7. <i>Predios involucrados del Plan Parcial La Macarena.</i>	36
Tabla 8. <i>Afectaciones presentes en el Plan Parcial La Macarena.</i>	39
Tabla 9. <i>Comparativo de Áreas y cesiones realizadas por el Plan Parcial La Macarena.</i> ..	43
Tabla 10. <i>Afectaciones finales presentes en el Plan Parcial La Macarena.</i>	44
Tabla 11. <i>Cantidades Cargas Locales y Cargas Generales Plan Parcial La Macarena.</i> ...	54
Tabla 12. <i>Cargas Urbanísticas Plan Parcial La Macarena.</i>	55
Tabla 13. <i>Resumen General de Áreas en m² proceso de urbanización Plan Parcial La Macarena.</i>	58
Tabla 14. <i>Edificabilidad del Plan Parcial La Macarena.</i>	60
Tabla 15. <i>Porcentaje Aportado por los predios integrantes del Plan Parcial La Macarena.</i>	61
Tabla 16. <i>Distribución de Áreas privadas aportadas por cada Unidades de Gestión.</i>	61
Tabla 17. <i>Distribución en m² de la participación de cargas locales o urbanísticas y de las cargas generales para cada Unidad de Gestión.</i>	63
Tabla 18. <i>Costo de las obras obligatorias de urbanización del Plan Parcial La Macarena por Unidad de Gestión.</i>	64
Tabla 19. <i>Costos por Cargas Generales del Plan Parcial La Macarena.</i>	65
Tabla 20. <i>Áreas construidas y vendibles por tipo de uso propuesto en m².</i>	66
Tabla 21. <i>Valores estimados de venta por m².</i>	66
Tabla 22. <i>Valores proyectados por Ventas de Productos Inmobiliarios.</i>	67
Tabla 23. <i>Valor por m² de Costos Directos de Construcción.</i>	68
Tabla 24. <i>Costos Directos de Construcción de productos inmobiliarios.</i>	68



Tabla 25. <i>Parámetros para cálculo de Costos Indirectos de Construcción.</i>	69
Tabla 26. <i>Costos Indirectos de Construcción.</i>	69
Tabla 27. <i>Balance del Plan Parcial y el cálculo del valor residual del suelo.</i>	70
Tabla 28. <i>Reparto de cargas y beneficios Plan Parcial La Macarena.</i>	72
Tabla 29. <i>Valor Total del Plan Parcial La Macarena.</i>	73
Tabla 30. <i>Relación de información gestionada.</i>	92
Tabla 31. <i>Parámetros sistema de referencia espacial.</i>	93
Tabla 32. <i>Capas cartografía base.</i>	94
Tabla 33. <i>Construcciones.</i>	95
Tabla 34. <i>Limite vial aproximado.</i>	95
Tabla 35. <i>Vías.</i>	96
Tabla 36. <i>Red de alta tensión.</i>	96
Tabla 37. <i>Curvas de nivel.</i>	96
Tabla 38. <i>Toponimia.</i>	96
Tabla 39. <i>Reglas Topológicas.</i>	104
Tabla 40. <i>Índice de objetos.</i>	107
Tabla 41. <i>Unidades Geológicas para Ingeniería del Plan Parcial La Macarena.</i>	111
Tabla 42. <i>Pendientes del Plan Parcial La Macarena.</i>	119
Tabla 43. <i>Elementos Geomorfológicos del Plan Parcial La Macarena.</i>	121
Tabla 44. <i>Áreas de los movimientos en masa identificados.</i>	130
Tabla 45. <i>Ubicación de los Sondeos de Exploración.</i>	132
Tabla 46. <i>Evaluación de parámetros de resistencia.</i>	135
Tabla 47. <i>Zonificación Hídrica.</i>	136
Tabla 48. <i>Coeficientes para diferentes tiempos de retorno, estación Obonuco.</i>	138
Tabla 49. <i>Tiempos de concentración Predio la macarena.</i>	138
Tabla 50. <i>Hietograma de Proyecto cuenca predio La Macarena, Tiempo Retorno 100 años.</i> 138	
Tabla 51. <i>Conductividad hidráulica y porosidad modelo de infiltración de Green Ampt.</i> 141	
Tabla 52. <i>Profundidad de succión de suelo modelo de infiltración de Green Ampt.</i>	141
Tabla 53. <i>Deficiencia de humedad volumétrica modelo de infiltración de Green Ampt. ..</i> 142	



Tabla 54. <i>Parámetros de pérdidas adoptados modelo de encharcamiento La Macarena.</i>	142
Tabla 55. <i>Parámetros de almacenamiento adoptados modelo de encharcamiento La Macarena.</i>	143
Tabla 56. <i>Rugosidad n de Manning overland Flow.</i>	143
Tabla 57. <i>Parámetros de rugosidad adoptados modelo de encharcamiento La Macarena</i>	144
Tabla 58. <i>Coberturas Plan Parcial La Macarena.</i>	150
Tabla 59. <i>Análisis de Desvianza.</i>	164
Tabla 60. <i>Ajuste del modelo por pseudo-r2.</i>	164
Tabla 61. <i>Clasificación métodos bidimensionales.</i>	172
Tabla 62. <i>Categorías de factores de seguridad.</i>	177
Tabla 63. <i>Litologías identificadas.</i>	179
Tabla 64. <i>Parámetros sísmicos Nsr-10 para Lote la Macarena.</i>	179
Tabla 65. <i>Entidades supervisoras.</i>	198



INTRODUCCION

El Plan Parcial La Macarena hace parte del suelo de expansión urbana del Municipio de Pasto, el cual es definido por el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pasto 2015-2027 “Pasto Territorio Con-Sentido”, adoptado por el Municipio mediante el Acuerdo número 004 del 14 de Abril de 2015, en su Artículo 43, como la porción del territorio municipal que se habilitará para el desarrollo de usos urbanos durante la vigencia del Plan de Ordenamiento Territorial (Alcaldía de Pasto 2015), de conformidad con las previsiones específicas sobre la materia.

Dentro del Acuerdo número 004 de 2015, se identifica como una de las zonas de expansión urbana la Zona Nor-Oriental Aranda, la cual deberá ser desarrollada mediante la implementación del instrumento de planificación urbana denominado Plan Parcial; el objetivo del Plan Parcial de Expansión Aranda, es integrar al desarrollo urbano suelo para vivienda, espacio público y usos industriales en un área conectada con la ciudad y la vía paso nacional por Pasto. Para tal fin está previsto por el Acuerdo número 004 de 2015, que esta área de expansión puede ser desarrollada mediante uno o varios planes parciales; teniendo en cuenta esta determinación, se procede a realizar la formulación del Plan Parcial La Macarena, el cual hace parte de la zona de expansión urbana, zona Nor-Oriental Aranda.

La formulación del Plan Parcial de Expansión Aranda, ha tenido varias aproximaciones, ya que el área donde está localizado el Plan Parcial en mención, fue declarada como zona de expansión urbana desde la entrada en vigencia del Plan de Ordenamiento Territorial de Pasto en el año 2000; diez años más tarde se realizó la última propuesta de habilitar esta zona como de expansión urbana, sin embargo, debido a la falta de disponibilidad del servicio de acueducto para este sector, esta propuesta no llego a adoptarse. Para el año 2013, con la puesta en marcha de la Fase II del proyecto Piedras que determina la repotenciación del sistema de acueducto y el abastecimiento de agua para la Ciudad de San Juan de Pasto, se habilito formalmente la zona de expansión urbana de Aranda. Al garantizar la cobertura del servicio de acueducto, en la zona de expansión urbana de Aranda, toma validez la posibilidad de urbanizar esta zona, para el desarrollo urbano de suelo para vivienda, permitiendo la formulación del Plan Parcial La Macarena, el cual está localizado en el área de



expansión urbana, por debajo de la cota 2.700 m.s.n.m., dando cumplimiento a la determinante de la factibilidad otorgada por la empresa de servicios públicos EMPOPASTO S.A. E.S.P.

IRHSA



1. MARCO LEGAL

La formulación del Plan Parcial La Macarena se encuentra bajo los lineamientos emitidos en:

- **Ley 388 de 1997:** incorpora el instrumento de Plan Parcial y determina su aplicación; así como las demás leyes que la modifican y la complementan.
- **Decreto 019 de 2012:** En lo referente al procedimiento a desarrollar para la formulación de planes parciales
- **Decreto compilatorio 1077 de 2015:** por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector vivienda, ciudad y territorio.
- **Ley 2079 de 2021:** Por medio de la cual se dictan disposiciones en materia de vivienda y hábitat

IRHSA



2. GENERALIDADES

De acuerdo con el Decreto 1077 (2015), los planes parciales son instrumentos mediante los cuales se desarrollan y complementan las disposiciones de los planes de ordenamiento territorial, para áreas determinadas del suelo urbano y para las áreas incluidas en el suelo de expansión urbana, el objetivo de los planes parciales es establecer el aprovechamiento de los espacios privados, con la asignación de sus usos específicos, intensidades de uso y edificabilidad, así como las obligaciones de cesión y construcción y dotación de equipamientos, espacios y servicios públicos, que permitirán la ejecución asociada de los proyectos específicos de urbanización y construcción de los terrenos incluidos en su ámbito de planificación¹.

Los planes parciales permiten el desarrollo de zonas de expansión urbana, mediante la planificación y optimización de los sistemas urbanos, enmarcados dentro de la normativa nacional y el modelo de ciudad sostenible, planteado por el Plan de Ordenamiento Territorial de Pasto 2015 – 2027. En ese sentido el Plan Parcial La Macarena sigue los planteamientos definidos por el POT Pasto 2015-2027, mediante la implementación de acciones y lineamientos urbanísticos, ambientales y de gestión del riesgo, que permiten consolidar el modelo de ciudad, con un enfoque de planificación y de gestión urbana sostenibles.

Para la formulación del Plan Parcial La Macarena, se aplican las determinantes urbanísticas contenidas en el Plan de Ordenamiento Territorial de Pasto 2015-2027, en el cual se define los lineamientos a tener en cuenta en la formulación de planes parciales de expansión, puntualmente se define las determinantes para la formulación del Plan Parcial de Expansión Aranda, del cual hace parte el Plan Parcial La Macarena.

¹ ibid.

2.1. LINEAMIENTOS GENERALES

El POT Pasto 2015-2027, define mediante el *Artículo 351. Lineamientos generales para la formulación de los planes parciales de expansión*. El cual determina: *Los procesos de formulación y adopción de Planes Parciales para las zonas identificadas de expansión, que deberán incluir además de las determinantes establecidas en la normatividad nacional, el desarrollo de los siguientes lineamientos:*

- **Plan Parcial de Expansión Aranda:** *Incorporación de Vivienda, Espacio Público y Suelo Industrial.*
- **Objetivo:** *Integrar al desarrollo urbano suelo para vivienda, espacio público y usos industriales en un área conectada con la ciudad y la vía Paso Nacional por Pasto. El área de expansión identificada puede ser desarrollada mediante uno o varios planes parciales, dando cumplimiento a los lineamientos generales del Acuerdo 04 de 2015.*
- **Espacio Público.** *Generación del parque urbano de borde definido en el sistema de espacio público y espacializado en el plano No. EFS17.*

Generación de los parques locales de conformidad con las cargas urbanísticas previstas en el presente acuerdo.

- **Movilidad.** *Proyección de la infraestructura vial de conformidad con lo establecido en el plano No. EFS14 y en concordancia con el modelo de ordenamiento de la malla vial adoptada por el presente Plan, la cual se fundamenta en el esquema de supermanzana.*
- **Tipos edificatorios:** *Proyección de diferentes tipos edificatorios.*
- **Edificabilidad:** *Definición de las áreas objeto de reparto y de las cargas adicionales para el alcance de las expectativas del plan. La edificabilidad adoptada por el Plan deberá desarrollarse en cumplimiento de lo establecido en el Sub Capítulo 2 Edificabilidad, del Capítulo 1 Normas Urbanísticas Generales.*
- **Infraestructura:** *La formulación del Plan Parcial deberá incluir el análisis de los sistemas de recolección y transporte existentes y el diseño adecuado de los sistemas proyectados para la inclusión de elementos que permitan el manejo sostenible de las aguas servidas y garanticen la no contaminación del río Pasto, por medio de la evaluación.*



El uso residencial se ajustará a las previsiones del proyecto Piedras Fase II, para la zona de expansión Aranda.

Además de los lineamientos antes mencionados, se debe tener en cuenta como determinantes urbanísticas en la formulación del Plan Parcial La Macarena, el Artículo 258 Características de las cesiones para actuaciones de urbanización en edificabilidad 4, 5 y 6 en suelo urbano, el cual determina: Las cesiones destinadas a parques, vías y equipamientos en actuaciones de urbanización en edificabilidades 4, 5 y 6 en suelo urbano deberán cumplir con las siguientes características:

- *Las áreas de cesión de espacio público efectivo deberán entregarse en un solo globo de terreno. Se entiende por un solo globo de terreno la cesión de áreas que no se encuentran interrumpidas por otras con destinación diferente tales como vías, equipamientos, polideportivos, entre otros.*
- *El área mínima del espacio público efectivo a ceder en un solo globo de terreno será de 700 metros cuadrados en licencia de urbanización para la edificabilidad tipo 6 y 4 y de 2000 metros cuadros en planes parciales de desarrollo.*
- *La totalidad del área a ceder deberá tener acceso desde vía pública.*
- *Las áreas de cesión deberán quedar totalmente construidas, adecuadas, empedradas y dotadas de mobiliario, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo IV “Sistema de Espacio Público” del Título IV “Estructura Funcional y de Servicios”, sobre lineamientos para el diseño y construcción del espacio público de la red municipal de parques y las reglamentaciones específicas que realice la administración municipal.*
- *Los aislamientos, retrocesos y antejardines de las edificaciones no se constituyen en cargas urbanísticas y por tanto no podrán ser compensadas en dinero, ni canjeados por otros inmuebles.*
- *El diseño de vías en las actuaciones de urbanización deberá sustentarse técnicamente en el modelo de supermanzana descrito en el capítulo II “Sistema de Movilidad” del Título IV “Estructura Funcional y de Servicios”.*

- *El suelo a ceder destinado a equipamientos deberá entregarse en un solo globo de terreno con acceso desde vía pública.*

Además, se debe dar especial cumplimiento a los Artículos:

Artículo 259 Entrega material de las áreas de cesión.

Artículo 260 Entrega anticipada de cesiones.

Artículo 261 Áreas excluidas del cálculo de áreas de cesión.

2.2. LINEAMIENTOS PARTICULARES

- ***Tratamiento urbanístico***

Para los predios objeto del presente Plan Parcial, el tratamiento urbanístico asignado es: Tratamiento de Desarrollo, el cual tiene como objetivo dotar a los predios de la infraestructura de servicios públicos domiciliarios, vías locales, equipamientos y espacios públicos, habilitándolos para su edificación.

- ***Edificabilidad***

La edificabilidad aplicable a los predios con tratamiento de desarrollo corresponde a la Edificabilidad Tipo 5, la cual está definida en el Artículo 221. Edificabilidad aplicable al tratamiento de desarrollo².

A continuación, se presenta la **Tabla 1**:

² Ibid.

Tabla 1. Parámetros Edificabilidad Tipo 5 para predios con tratamiento de desarrollo.

EDIFICABILIDAD	ACTUACION URBANISTICA	TIPO EDIFICATORIO	CODIGO	Índice de Construcción Máximo	Índice de Ocupación Máximo	Altura	Altura máxima en zonas receptoras de derechos de construcción	Carga Urbanística	Área mínima de predio (metros cuadrados)	Frete mínimo de predio (metros)	Condicionantes
TIPO 5	Urbanización y Construcción	Cualquier Tipo Edificatorio	-	Definidos en el plan parcial de conformidad con las densidades establecidas en el presente acuerdo	Aplicable al área útil después de la determinación de las áreas de cesión in situ.	En tipología adosada a definir en el plan parcial bajo los parámetros de las alturas establecidas para las edificabilidades 1 y 2. Para tipología aislada se aplican los rangos de altura de la edificabilidad tipo 3.	-	Cargas tipo 5	-	-	Cumplimiento de normas volumétricas

Fuente: (POT PASTO 2015-2027).

- **Alturas**

La altura aplicable para la formulación del Plan Parcial La Macarena, se define por los parámetros aplicables a la edificabilidad Tipo 5, los cuales están contenidos en la Tabla 1; de tal manera el rango de altura elegido, es el determinado para la tipología aislada, de la Edificabilidad Tipo 3, el cual permite un rango de alturas que va desde 11 a 15 pisos de altura, siempre y cuando el Tipo Edificatorio sea Aislado.

Se define por el POT PASTO 2015-2027, en el Artículo 264. Tipos edificatorios. Edificación aislada como: Edificaciones dispuestas en forma separada de los linderos³. Esta tipología es elegida en el diseño urbanístico para la formulación del Plan Parcial La Macarena.

La altura máxima aplicada al Plan Parcial La Macarena, es de 15 pisos.

- **Densidad**

La densidad aplicable para el Plan Parcial La Macarena está determinada por el Artículo 225. *Densidades en áreas sujetas a aprobación de plan parcial de desarrollo para suelo urbano y de expansión.* Para la Zona de expansión Aranda, el POT Pasto 2015-2027, determino tener una densidad máxima de 118 viviendas por hectárea, la densidad se calcula sobre el área neta urbanizable. Sin embargo, de acuerdo al Parágrafo tercero, del Artículo 225, *Las densidades en planes parciales se podrán incrementar hasta un máximo de 350 viviendas por hectárea del área*

³ Ibid.

*meta urbanizable como aprovechamiento adicional, siempre y cuando los propietarios participen en cargas generales*⁴. De este modo, el Plan Parcial La Macarena, toma la densidad máxima de 350 viviendas por hectárea, con el fin de acceder al mayor potencial edificable posible y lograr el equilibrio financiero del plan parcial.

- ***Cargas Generales***

El POT Pasto 2015-2027 en su Capítulo 2, en el Artículo 215, define las Cargas Generales como: las áreas para la localización de la infraestructura para el sistema vial principal y de transporte, las redes primarias de servicios públicos y las áreas de conservación y protección de los recursos naturales y paisajísticos.⁵ Para el caso particular del Plan Parcial La Macarena, se tiene como cargas generales las áreas afectadas por el paso de Líneas de Alta Tensión y el recorrido del Corredor Ecológico de Transición Rural Morasurco - Cabrera.

- ***Cargas Urbanísticas***

En relación a cargas urbanísticas en suelo urbano y de expansión, el Capítulo 3 del POT Pasto 2015-2027, en su Artículo 252. Cargas urbanísticas. Las define como: *el conjunto de aportes urbanísticos a cargo de los propietarios del suelo, que se entregan en contraprestación de los beneficios otorgados en la asignación de edificabilidades, para el desarrollo de actuaciones urbanísticas de urbanización de inmuebles, edificación y parcelación, atendiendo al principio de reparto equitativo de cargas y beneficios. Las cargas urbanísticas pueden cumplirse a través de cesión de suelo, traslado o compensación.*⁶

Para el caso particular del Plan Parcial La Macarena la carga urbanística asignada es de tipo 5, como se puede evidenciar en la **Tabla 1**. Parámetros Edificabilidad Tipo 5 para predios con tratamiento de desarrollo, del este documento.

⁴ Ibid.

⁵ Ibid.

⁶ Ibid.

La carga urbanística tipo 5 se define en el POT Pasto 2015-2027, en el Artículo 256. Carga tipo 5. Como la carga que se establece para la edificabilidad tipo 5, y para su cálculo, se aplican las siguientes fórmulas:

- **Para cesión:**

- **Espacio Público Efectivo.** Corresponde a la **Tabla 2:**

Tabla 2. Porcentaje de cesión para espacio público efectivo.

Densidad en Viviendas /Ha	Cesión para espacio público efectivo
Menor de 160	25 % del ANU
Entre 160 y 249	30% del ANU
Entre 250 y 350 (máxima)	35% del ANU

Fuente: (POT PASTO 2015-2027).

Dónde: ANU corresponde a Área Neta Urbanizable.

La cesión de espacio público efectivo para el Plan Parcial La Macarena, teniendo en cuenta que se aplicó la densidad máxima permitida por el POT Pasto 2015-2027, debe ser del 35% del Área Neta Urbanizable, sin embargo el Plan Parcial La Macarena, hará una cesión de espacio público efectivo del 36.4% del Área Neta Urbanizable.

- **Vías.** Corresponde al mayor valor entre el 10% del área neta urbanizable y la cuantificación de las vías del diseño urbanístico. En todo caso si el diseño demanda un porcentaje menor al 10%, el excedente se aplicará al espacio público efectivo.

Mayor valor entre 10% ANU y m^2 (vías x Demanda)

Para el Plan Parcial La Macarena, como resultado de la densificación propuesta se tiene previsto un porcentaje de cesiones para vías mayor al planteado por el POT Pasto 2015-2027,



el porcentaje máximo aplicado al Plan Parcial La Macarena será de 13.6% del Área Neta Urbanizable.

- **Equipamientos.** Corresponde al 5% del Área Neta Urbanizable. El plan parcial La Macarena destina un 5.23% del ANU para desarrollar equipamientos.

Vivienda Social Prioritaria. El Plan Parcial La Macarena, deberá cumplir con el Artículo 222 del POT Pasto 2015-2027, Porcentaje mínimo de suelo para el desarrollo de programa de vivienda social prioritaria en tratamiento de desarrollo, en el cual se determina que los proyectos de urbanización, en suelo urbano o de expansión urbana, que se desarrollen a través de adopción de planes parciales, en tratamiento de desarrollo deberán destinar el 20% del área útil al desarrollo de vivienda de interés social prioritaria VIP⁷. Para el caso del Plan parcial La Macarena se destinan 9,216.49m² para el desarrollo de VIP, que corresponden al 20% del área total útil que asciende a 45,996.90m².

- **Estándares urbanísticos**

Con el fin de garantizar el adecuado proceso de urbanización el Plan Parcial La Macarena deberá dar cumplimiento a los estándares mínimos exigido en el Decreto 1077 de 2015, Capítulo 5, los cuales son definidos en el *Artículo 2.2.3.5.2 Estándares urbanísticos*, como los que: *Se conciben como el conjunto de patrones de medida o referentes que orientan la planificación, diseño y construcción de los desarrollos de vivienda, equipamientos y espacios públicos, así como de los elementos que constituyen los perfiles viales.*

Por otra parte, el Plan Parcial La Macarena, contempla la incorporación de los lineamientos para estándares urbanísticos contenidos en el POT Pasto 2015-2027, Capítulo IV Normas comunes para actuaciones urbanísticas en suelo urbano, que determina en el Artículo 262: *Las normas para actuaciones urbanísticas están orientadas a definir las volumetrías, condiciones mínimas de accesibilidad, iluminación y ventilación de los edificios.* Dichas normas por su naturaleza se

⁷ Ibid.

clasifican en: Normas volumétricas y Normas de Accesibilidad y de Espacios Bajo Nivel de Acceso.

- **Normas volumétricas.** Como normas volumétricas el Plan Parcial La Macarena contempla lo contenido en los artículos siguientes:

Artículo 263. Normas volumétricas. Son las normas que regulan la volumetría de las edificaciones, entre las que se encuentran aislamientos, retrocesos, vacíos internos, paramentos, aislamientos RETIE, altura de entrepiso, voladizos, empates, altura libre para voladizos, culatas, entre otros. Las normas volumétricas están ligadas directamente con los tipos edificatorios y las condiciones bioclimáticas.

Artículo 264. Tipos edificatorios. Son las formas de disponer los volúmenes de las edificaciones, definen la relación entre lleno y vacío.

Como se determinó en párrafos anteriores el tipo edificatorio que se determina para el Plan Parcial La Macarena es Edificación aislada. Cuya característica es ser Edificaciones dispuestas en forma separada de los linderos. Además, se opta por el desarrollo de Edificaciones en conjunto cerrado. Cuya característica es ser edificaciones que se realizan al interior de conjuntos cerrados que pueden presentarse de manera aislada o adosada

- **Aislamientos**

Artículo 265. Aislamientos. Los aislamientos son vacíos continuos paralelos a los linderos, entre edificaciones, que permiten iluminar los espacios habitables de un proyecto. El espacio de separación entre los volúmenes de los edificios se encuentra establecido en función de la altura.

Los aislamientos se clasifican en:

- a. Aislamientos laterales. Definidos a partir de los linderos laterales del predio.*
- b. Aislamientos posteriores. Definidos a partir de los linderos posteriores del predio.*
- c. Aislamientos frontales. Definidos a partir del lindero anterior del predio o frente.*

Los aislamientos determinados para el desarrollo del Plan Parcial La Macarena son los contenidos en el Artículo 267. Aislamientos para edificación aislada, los cuales se definen para edificación



aislada en urbanización abierta y en conjunto cerrado, en función de lotes y frentes mínimos, presentados en la **Tabla 3**:

Tabla 3. Aislamientos para edificación aislada.

Rango de pisos	Aislamiento posterior (metros)	Aislamiento frontal (sin contar el antejardín cuando aplique) (metros)	Aislamiento lateral desde el lindero (metros)	Aislamiento mínimo entre bloques de un mismo conjunto (metros)	Índice máximo de ocupación	Área mínima de lote (metros cuadrados)	Frente mínimo (metros)
0 a 5 pisos	6	No aplica	4.5	9	0.50	625	25
6 a 10 pisos	6	2	5.5	11	0.35	900	30
10 a 15 pisos	6	2	7.5	15	0.30	1.225	35

Fuente: (POT PASTO 2015-2027).

Parágrafo: En todo caso prevalece el índice de ocupación siempre y cuando se optimice el aislamiento.

De acuerdo al parágrafo, contenido en el Artículo 267. Aislamientos para edificación aislada, del POT PASTO 2015-2027, el Plan Parcial La Macarena contempla tener como punto de partida un índice de ocupación de 0.70, para el caso de Comerciales y de servicios, un índice de ocupación de 0.60 para el caso de Usos Institucional (Equipamientos), y un índice de 0.45 para Usos Residenciales, que permiten optar por un índice de construcción máximo de 5 para Usos Residenciales, un índice de construcción de 4.5 para Usos comerciales y de servicios, y un índice de 2.5 para Usos Institucional (Equipamientos), con lo cual se densifica en altura, obteniendo así edificaciones aisladas con un índice de ocupación final en un rango de 0.30 a 0.55 dependiendo del sector donde se desarrollan las edificaciones. Además de lo expuesto, se deberá dar cumplimiento a Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) o la norma que lo adicione, modifique o sustituya, en lo referente a la distancia de seguridad con respecto de las líneas de conducción de energía eléctrica, de igual manera al Artículo 268. Aislamientos de los edificios de acuerdo al RETIE, del POT PASTO 2015-2027.



- **Antejardines y cerramientos.** Para el Plan Parcial La Macarena se define como la dimensión mínima de antejardines 3 metros de separación entre la zona pública y el paramento de construcción, la definición específica de antejardines está contemplada en el Artículo 269 del POT PASTO 2015-2027, como: *El antejardín es el área libre que comprende el espacio entre el límite de la zona pública y el paramento de construcción, constituyéndose en parte integrante del perfil vial de la ciudad.* Como elemento del espacio público y de la estructura ecológica municipal el antejardín no puede ser cubierto, destinado a estacionamiento de vehículos, edificado u ocupado con la construcción de escaleras y/o rampas. En caso de requerirse, el diseño urbano del Plan Parcial prevé la localización de bahías de parqueo para el estacionamiento temporal de vehículos para ascenso y descenso de pasajeros en los accesos de las unidades inmobiliarias cerradas.

Los Cerramientos en las Unidades Inmobiliarias Cerradas, para el Plan Parcial La Macarena se acogen a lo dispuesto en el Artículo 280, del POT PASTO 2015-2027, en el cual el cerramiento en unidades inmobiliarias cerradas, se autoriza únicamente con elementos y materiales que garanticen el 90% de transparencia, permitiendo la integración visual de los espacios libres privados y edificaciones al espacio público adyacente, sin que ello implique que se prive a la ciudadanía de su uso, goce y disfrute visual, en los términos del artículo 6 de la Ley 9ª de 1989 y del artículo 71 de la Ley 675 de 2001.

- **Altura de piso y voladizos.** El Plan Parcial La Macarena, implementa las determinantes realizadas por el POT PASTO 2015-2027, en lo referente a los artículos siguientes:

Artículo 273. Altura de piso.

Artículo 274. Voladizos.

Artículo 275. Dimensiones máximas de voladizos.

Artículo 276. Altura libre mínima para el voladizo.

Artículo 277. Prohibiciones para voladizos.

La altura de piso, medida entre el nivel de acabado fino de un piso útil y el nivel de acabado fino del siguiente será:



- Para edificaciones diferentes a VIS y VIP: mínimo 2.50 M
- Para edificaciones de VIS y VIP: mínimo 2.30 M

Los voladizos son definidos como: elementos de la volumetría de fachada, que sobresalen de la línea del paramento de construcción partir del nivel de la losa del segundo piso o de la cubierta del edificio, y que se proyectan sobre el espacio público o el antejardín.

La dimensión máxima del voladizo será de un metro (1.00m) siempre y cuando el ancho entre paramentos sea superior a 15 metros y este localizado sobre las vías principales del plan parcial. Para el interior de las Unidades Inmobiliarias Cerradas, la dimensión máxima de voladizo será de sesenta centímetros (0.70m) siempre y cuando el ancho de la vía peatonal entre paramentos sea superior a 9 metros.

La altura libre mínima entre el andén y el voladizo, será de dos metros con cuarenta centímetros (2.40m). El plan parcial la macarena no permiten voladizos sobre áreas de aislamiento posterior y lateral, zonas verdes públicas, parques, áreas de cesión para parques y equipamientos, franjas de control ambiental y rondas hídricas, y no permite escaleras internas o externas que se proyecten en voladizo sobre andenes, plazas, plazoletas y/o espacio público en general.

– **Fachadas, culatas, Iluminación y ventilación de espacios.** El Plan Parcial La Macarena, implementa las determinantes realizadas por el POT PASTO 2015-2027, en lo referente a los artículos siguientes: Artículo 285. Fachadas, Artículo 278. Culatas. Y Artículo 283. Iluminación y ventilación de espacios.

En las fachadas de las edificaciones del Plan Parcial La Macarena, en ningún caso se permitirá la ocupación exterior de las fachadas de las edificaciones, con elementos, componentes o líneas de: instalaciones hidráulicas, eléctricas, de comunicaciones, aire, redes contra incendio y elementos publicitarios.

El tratamiento de culatas, o muros colindantes laterales o posteriores de las edificaciones deberán tener un adecuado manejo arquitectónico y utilizar acabados con materiales y colores conforme al acabado de la fachada principal, no se permitirá la construcción de culatas ciegas



hacia el espacio público. El Plan Parcial La Macarena implementa la tipología edificatoria aislada, por tal motivo, todos los espacios internos de las edificaciones deben estar iluminados naturalmente.

- **Normas de Accesibilidad y de Espacios Bajo Nivel de Acceso.** El Plan Parcial La Macarena incorpora la normativa nacional en la materia, tomando como punto de partida lo contenido en el Decreto 1077 de 2015 en el Capítulo 4 Accesibilidad al medio físico, de la Parte 2. Estructura del sector desarrollo territorial. Título 3 Espacio público y estándares urbanísticos, además de las determinantes del POT Pasto 2015-2027, contenidas en el Subcapítulo 2 Normas de Accesibilidad y de Espacios Bajo Nivel de Acceso del capítulo IV Normas comunes para actuaciones urbanísticas en suelo urbano.

Las Normas de Accesibilidad y de Espacios Bajo Nivel de Acceso son aquellas que garantizan el acceso de todas las personas al espacio público y a las edificaciones, independiente de sus capacidades técnicas, cognitivas o físicas. El Plan Parcial La Macarena deberá tener especial cumplimiento de las Normas Técnicas Colombianas para el diseño, construcción o adecuación de los edificios de uso público y privados, en lo referente a:

- a. NTC 4140: “Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, pasillos, corredores. Características Generales”
- b. NTC 4143: “Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, rampas fijas”
- c. NTC 4145: “Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Escaleras”
- d. NTC 4201: “Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Equipamientos. Bordillos, pasamanos y agarraderas”
- e. NTC 4349: “Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Ascensores”
- f. NTC 5610 "Accesibilidad de las personas al medio físico. Señalización Táctil".

En función de los lineamientos aquí descritos, en las determinantes urbanísticas, el Plan Parcial La Macarena cumplirá con estos lineamientos, teniendo como punto de partida su conexión con la estructura urbana existente, así como su conexión y valoración de la estructura ambiental de la zona de expansión de Aranda, mediante la articulación de la propuesta de espacio público del Plan



Parcial La Macarena con el Corredor Ecológico de Transición Rural Morasurco - Cabrera. Los planteamientos arquitectónicos y de diseño urbano del Plan Parcial La Macarena, responderán a las condiciones aquí definidas con el propósito de consolidar el modelo de ciudad sostenible planteado por el POT Pasto 2015-2027.

IRHSA



3. ASPECTOS URBANOS PLAN PARCIAL LA MACARENA

3.1. DELIMITACIÓN

El plan parcial la macarena tiene una extensión de 11.2 hectáreas y está localizado dentro de la zona de expansión urbana Nor-Oriental Aranda, su polígono se inscribe en los siguientes límites:

- Por el Norte con el corredor ecológico de transición rural Morasurco-Cabrera.
- Por el Nor-orientes con la Institución educativa “Ciudadela de la Paz”.
- Por el Sur con el perímetro urbano y la vía carretable al centro poblado y vereda Tescual.
- Por el Oriente con el perímetro urbano, calle 22B.
- Por el occidente con el corredor ecológico de transición rural Morasurco-Cabrera.
- Por el Nor-occidente con el centro poblado y vereda Tescual.

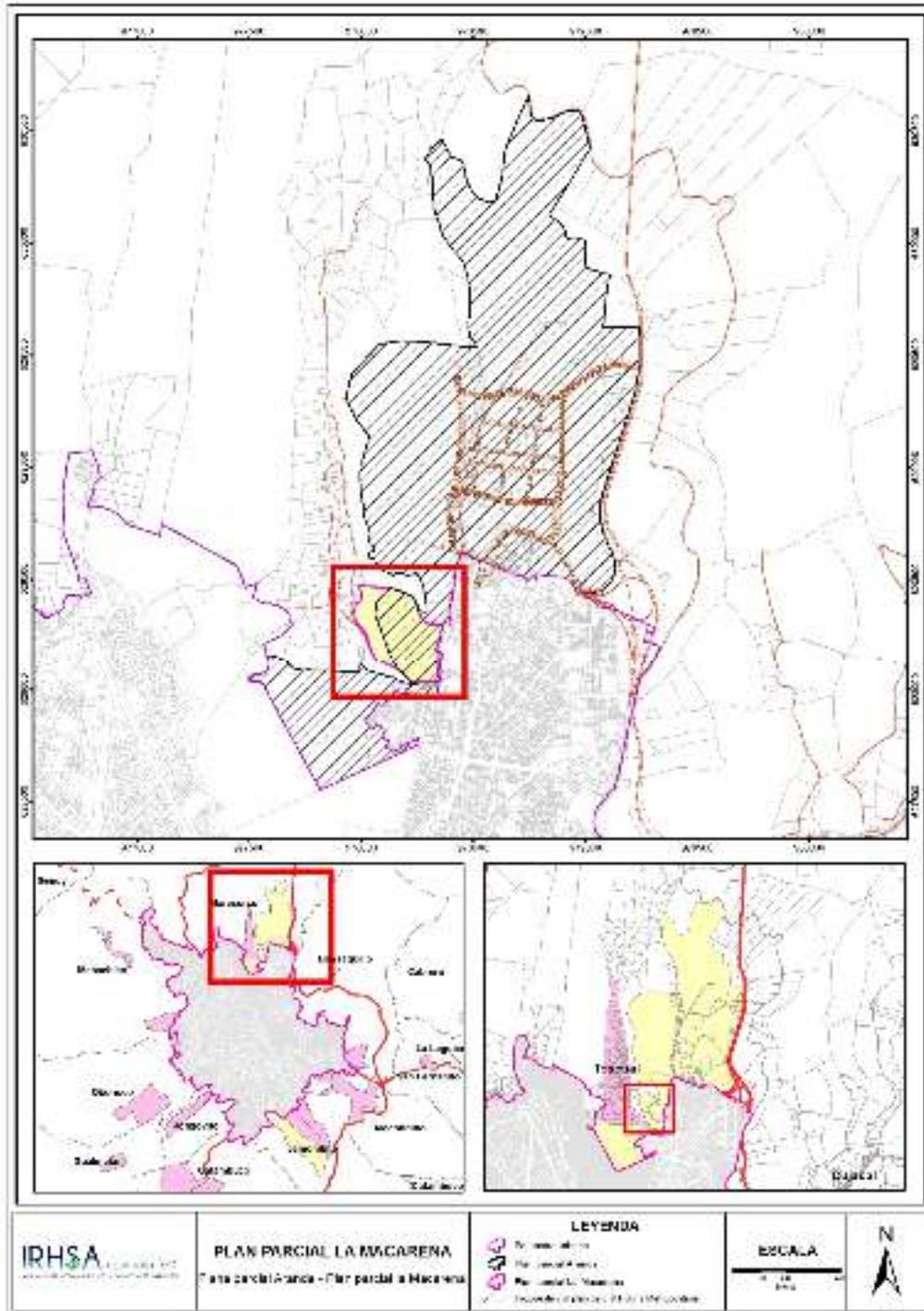
A continuación, en la **Figura 1**, se presenta la localización del Plan Parcial La Macarena dentro de la Zona de Expansión Urbana Nor-Oriental Aranda, y en la **Figura 2** se presenta la localización referenciada con coordenadas del Plan Parcial La Macarena, en el municipio de Pasto:

Como se puede observar en la **Figura 2** el Plan Parcial La Macarena está compuesto por 5 predios, su topografía es homogénea, solo en el sector norte del polígono, predio 5, se presentan pendientes más pronunciadas, las cuales están en el rango del 12% al 30% y corresponden al área localizada en el corredor ecológico de Transición Rural Morasurco – Cabrera, sector que además está sobre la cota 2700 m.s.n.m.

En la **Tabla 4**, **Tabla 5** y **Tabla 6** se puede observar la distribución de los predios que hacen parte del Plan Parcial La Macarena, así como los predios colindantes del Plan Parcial.



Figura 1. Localización del Plan Parcial La Macarena dentro de la Zona de Expansión Urbana de Nor-Oriental Aranda.



Fuente: (POT Pasto 2015-2027 - Plan Parcial La Macarena 2021).

Figura 2. Localización y Ubicación Plan Parcial La Macarena.

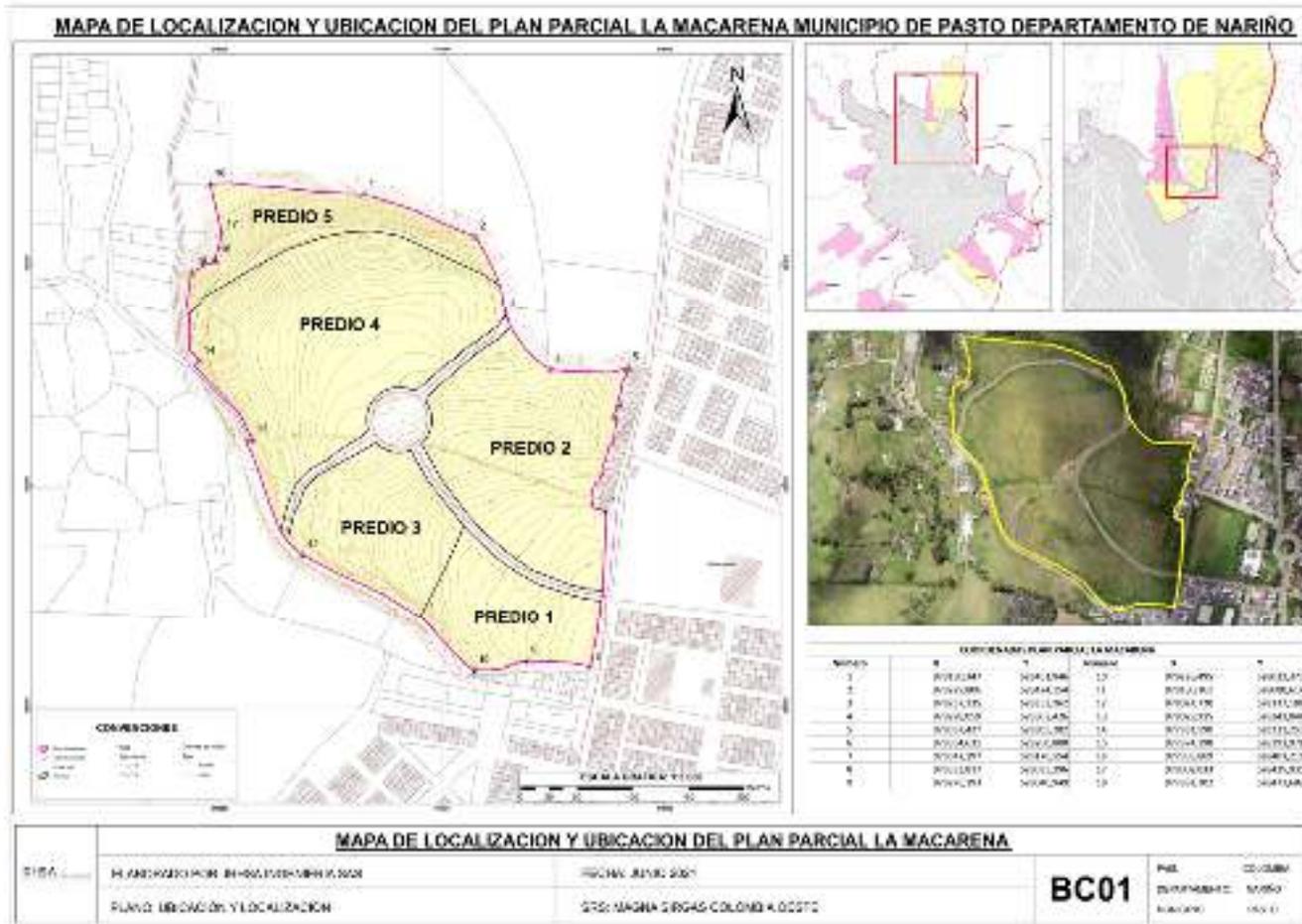


Tabla 4. Predios integrantes del Plan Parcial La Macarena.

No.	Código Predial	Propietario	Área (m2)
Predio 1	52001-00-02-0014-0283-000	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	12,285.30
Predio 2	52001-00-02-0014-0310-000	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	27,010.43
Predio 3	52001-00-02-0014-0213-000	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	14,987.40
Predio 4	52001-00-02-0014-0311-000	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	39,472.53
Predio 5	52001-00-02-0014-0312-000	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	11,714.48
		VÍAS CARRETEABLES	6,952.35
		Área Total	112,422.49

Tabla 5. Predios colindantes del Plan Parcial La Macarena.

Lindero	No	Código predial nacional	Propietario	Area m2
Norte	1	520010002000000140228000000000	MUNICIPIO-DE-PASTO-CIUDADELA-LA-P	1,250.73
Norte	2	520010002000000140129000000000	ROMO-Y-CIA-SAS	730,710.12
Norte	3	520010002000000140109000000000	GELPUD PAGUATIAN MARIA-DEL-ROSARI	2,229.16
Sur	4	520010002000000140211000000000	NUPAN DELGADO ALVARO-LUCIANO	5,166.04
Sur	5	520010002000000140130000000000	CANTUCA NUPAN MAURA-ELENA	5,620.34
Sur	6	520010002000000140313000000000	VASQUEZ IMBAJOA MARIA-DEL-ROSARIO	82.13
Sur	7	520010002000000140209000000000	DE-LA-CRUZ NUPAN ROVIRA	2,529.21
Oriente	8	520010105000002660012000000000	RODRIGUEZ MORA MIRIAN-DEL-SOCORRO	66.24
Oriente	9	520010105000002660015000000000	ASCUNTAR ENRIQUEZ ALBA-LUCIA	98.97
Oriente	10	520010105000002660016000000000	ASCUNTAR * MARCOS-ANTONIO	152.41
Oriente	11	520010105000002660017000000000	MARTINEZ GOMAJOA JOSE-ELIAS	133.82
Oriente	12	520010105000002660010000000000	VILLA * JOSE-ISAIAS	85.17
Oriente	13	520010105000002660014000000000	CANTUCA PAZ ESTHER-CECILIA	73.48
Oriente	14	520010105000002660011000000000	MARTINEZ BOTINA GERMAN	52.48
Oriente	15	520010105000002660009000000000	MARTINEZ MENESES LUIS-GONZALO	141.83
Oriente	16	520010105000002660018000000000	MORA * ALFONSO-EDGAR	108.37
Oriente	17	520010105000002660029000000000	MARTINEZ TABLA ARNULFO	38.23
Oriente	18	520010105000002660021000000000	MARTINEZ CAICEDO HUGO-HERNAN	215.87
Oriente	19	520010105000002660006000000000	PANTOJA DELGADO SIGIFREDO	130.46
Oriente	20	520010105000002660020000000000	CALPA CUASPA LUIS-FERNANDO	130.44
Oriente	21	520010105000002660030000000000	MARTINEZ TABLA JOSE-MILTON	42.06
Oriente	22	520010105000002660019000000000	VELASQUEZ MORA OLGA-CRISTINA	220.01



Tabla 6. Continuación Predios colindantes del Plan Parcial La Macarena.

Oriente	23	520010105000002660013000000000	MARTINEZ CANCHALA NESTOR-BOLIVAR	106.16
Oriente	24	520010105000002660007000000000	DELGADO * JUAN- BAUTISTA	87.72
Oriente	25	520010105000002660008000000000	VILLA * JOSE-ISAIAS	101.97
Oriente	26	520010105000002660032000000000	RODRIGUEZ MORA MERCY-EUGENIA	64.24
Oriente	27	520010105000002660031000000000	RODRIGUEZ MORA AURA-MARINA	63.60
Oriente	28	520010002000000140230000000000	MUNICIPIO-DE-PASTO	8,862.64
Occidente	29	520010002000000140261000000000	Sin información	1,382.39
Occidente	30	520010002000000140205000000000	PAZ GUERRERO AURA- LIGIA	629.52
Occidente	31	520010002000000140178000000000	CANTUCA YAQUENO MARIA-ISABEL	603.35
Occidente	32	520010002000000140260000000000	OLIVA * MARIO- JUANITO	45.79
Occidente	33	520010002000000140176000000000	OLIVA * MARIO- JUANITO	336.81
Occidente	34	520010002000000140296000000000	TESCUAL * LUIS- RODRIGO	49.92
Occidente	35	520010002000000140210000000000	MARTINEZ GUINCHIN JOSE-EMILIO	989.78

3.2. USO DE SUELO DEL PLAN PARCIAL

El Plan Parcial La Macarena está incluido en la Zona de Expansión Urbana de Aranda, por tal motivo los usos de suelo vigentes son usos agrícolas y forestales; de acuerdo al Parágrafo contenido en el Artículo 43 del POT Pasto 2015-2027, esta condición se mantendrá hasta la incorporación del suelo de expansión al suelo urbano a través de la adopción del Plan Parcial. En el área donde se localiza el Plan Parcial La Macarena está asignado el uso de: *Producción agrícola, ganadera, explotación de recursos naturales.*

En la **Figura 3**, se presentan los usos de suelo actuales del área donde se localiza el Plan Parcial La Macarena.



Figura 3. Usos de Suelo actuales Polígono Plan Parcial La Macarena.



De acuerdo al DTS Diagnostico Plan Parcial Aranda (2016), los principales usos de suelo presentes en la zona de expansión urbana de Aranda son: 53% uso agrícola, 23% protección, 9% residencial, 8% sin uso y el 7% restante corresponde a dotacionales y servicios. El uso principal del área donde se localiza el Plan Parcial La Macarena, es Agrícola, con destinación principalmente al cultivo de pastos.

Teniendo en cuenta la localización del polígono del Plan Parcial La Macarena en Zona de Expansión Urbana de Aranda, se tiene definido por el POT Pasto 2015 – 2027, que el área de actividad a la cual pertenece esta zona es: *Área de actividad residencial, comercial y de servicios con mezcla de usos media*, además el POT Pasto 2015 – 2027 define esta zona como *Centralidad Municipal Zona de Expansión Aranda*, entendiéndose a las centralidades como los elementos ordenadores de la ciudad a partir de su conexión con la estructura urbana, que permiten la localización de nuevas infraestructuras de servicios, equipamientos y espacio público, que fortalecen las relaciones sociales en el intercambio de servicios y disfrute del medio ambiente. Las centralidades permiten la aplicación del modelo de ciudad policéntrica, propuesto por el POT Pasto 2015-2027, admitiendo así la mezcla de usos de suelo.

De tal manera que los usos de suelo para el Plan Parcial La Macarena, estarán dentro de la clasificación asignada por el POT Pasto 2015-2027: *Área de actividad residencial, comercial y de servicios, con mezcla de usos baja*, permitiendo la satisfacción de necesidades básicas de la población residente y flotante en su área de influencia, propiciando el desarrollo de usos complementarios a la vivienda, condicionando la asignación de los usos de suelo, a usos que en su entorno no generan impactos, tales como: gran afluencia de tráfico, ruidos, emisiones contaminantes; y propiciando en mediana escala el desarrollo de usos complementarios a la vivienda, para el Plan Parcial La Macarena el Uso de Suelo Principal será Residencial.

El Plan Parcial La Macarena se constituye en un instrumento de planificación de la ciudad, que busca incorporar suelo de expansión urbana para el desarrollo de vivienda, atendiendo el déficit

cuantitativo y cualitativo actual de vivienda de interés social y de interés prioritario, que a la vez se articula con las condiciones medio ambientales del sector donde se desarrollara el Plan Parcial.

3.3. INICIATIVA DEL PLAN PARCIAL Y PERTINENCIA

El Plan Parcial La Macarena surge de la iniciativa privada, como respuesta al déficit de vivienda de interés social e interés prioritario que se presenta en el Municipio de Pasto, así como de la necesidad del Municipio de habilitar suelo para el desarrollo urbano de vivienda.

Debido a su localización estratégica, el Plan Parcial La Macarena presenta una oferta de vivienda social articulada con la estructura urbana zonal, proporcionando a su vez espacios para nuevos equipamientos y nuevo espacio público articulado con la estructura medio ambiental, que le permitirá al Plan Parcial proponer un entorno adecuado para el desarrollo de la vida cotidiana de sus habitantes.

La pertinencia del Plan Parcial, radica en la propuesta que este presenta, de solucionar el déficit cuantitativo de vivienda que se tiene en la actualidad, que de acuerdo al DTS Diagnostico Plan Parcial Aranda (2016), asciende a 16.443 unidades y destaca que la demanda de vivienda se concentra, fundamentalmente, en los hogares de estratos 1,2 y 3 (86,6%). Por otra parte, el déficit cualitativo se concentra en estratos 2 y 3 y se ubica en 39.512 viviendas (48%) según un estudio hecho por la Cámara Colombiana de la Construcción Nariño.

La propuesta del Plan Parcial La Macarena apunta a resolver 2.280 viviendas, distribuidas entre Vivienda de interés social y Vivienda de interés prioritario, con lo cual se obtendría un avance del 14% en la solución del déficit habitacional que se presenta en el Municipio, particularmente en la ciudad de San Juan de Pasto.

3.3.1. Predios involucrados.

El Plan Parcial La Macarena se desarrolla en 5 predios, de propiedad privada, los cuales tienen un área de 105.470,14m², además de 6.952,35 m² correspondientes a vías carretables de propiedad

privada que se integran al área total del polígono del Plan Parcial, para tener 112.422,22m² en total.

En la **Tabla 7** se relaciona los predios involucrados en el Plan Parcial La Macarena:

Tabla 7. Predios involucrados del Plan Parcial La Macarena.

No.	Código Predial	Matricula Inmobiliaria	Propietario	Área (m2)
Predio 1	52001-00-02-0014-0283-000	240-235034	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	12,285.30
Predio 2	52001-00-02-0014-0310-000	240-242067	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	27,010.43
Predio 3	52001-00-02-0014-0213-000	240-252066	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	14,987.40
Predio 4	52001-00-02-0014-0311-000	240-252068	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	39,472.53
Predio 5	52001-00-02-0014-0312-000	240-252779	ALIANZA FIDUCIARIA S.A.	11,714.48
			VÍAS CARRETEABLES	6,952.08
			Área Total	112,422.22

3.4. MEMORIA JUSTIFICATIVA DEL PLAN PARCIAL, CONDICIONES DE PARTIDA Y CRITERIOS DE DISEÑO.

Teniendo en cuenta las determinantes normativas aplicables para la formulación del Plan Parcial La Macarena, presentadas en el aparte 1. Generalidades, y la necesidad que tiene el Municipio de Pasto de generar suelo urbano para desarrollar vivienda, y así satisfacer las necesidades habitacionales actuales, se presenta a continuación la memoria justificativa para el Plan Parcial La Macarena.

3.4.1. Diagnóstico urbanístico

El Plan Parcial La Macarena hace parte de la Zona de Expansión Urbana Nor-Oriental Aranda, la cual desde su delimitación en Plan de Ordenamiento Territorial en el año 2000, fue asignada para que en ella se desarrolle vivienda, con el fin de satisfacer las necesidades de crecimiento del Municipio de Pasto, sin embargo solo hasta el año 2013, cuando se concretó el inicio de la Fase II del proyecto Piedras, se pudo tener la viabilidad técnica para el suministro de agua potable hasta la cota 2700 m.s.n.m., permitiendo así validar la posibilidad de urbanizar el suelo de la zona de Expansión Urbana Nor-Oriental Aranda.

El sector aledaño al polígono del Plan Parcial La Macarena, es un sector con características urbanísticas que se han ido adaptando en el tiempo a las necesidades de sus habitantes,



desconociendo criterios de planeación urbana y bases técnicas para su distribución espacial e implantación, con una marcada tendencia de viviendas de uno y dos pisos, que corresponden en su mayoría a estratos 1 y 2; las condiciones arquitectónicas de las mismas son, en algunos casos inexistentes, debido a que las construcciones son el resultado de la autoconstrucción y crecimientos espontáneos, que dan lugar a construcciones carentes del rigor estructural y arquitectónico. El trazado urbano es el resultado de las configuraciones de los lotes privados que generan desarticulación con la estructura urbana y un trazado irregular sin continuidad espacial. En el sector inmediatamente aledaño se observa la evidente transición del suelo urbano al suelo rural, en la medida en que existen muchos lotes de gran tamaño sin construir, dedicados principalmente a usos agrícolas, así como construcciones con carácter rural.

El espacio público no está consolidado, y carece de calidad urbanística, sin embargo, el polígono del Plan Parcial La Macarena está directamente relacionado con equipamientos, como la Institución Educativa Municipal Ciudadela La Paz y con el Complejo Deportivo de Aranda, además en el límite del sector norte del polígono se localiza la Capilla Doctrinera de Tescual, estos equipamientos pueden llegar a constituirse en nodos generadores de espacio público acorde a las necesidades de los habitantes del sector. En referencia a la caracterización de vías, el polígono se relaciona directamente con la vía urbana Calle 22B, la cual se encuentra en mal estado, sin andenes y sin intervención técnica, por ella se encuentra proyectado el Eje Arterial Tramo Milagrosa Aranda.

3.4.1.1. Afectaciones

El polígono del Plan Parcial La Macarena tiene dos afectaciones:

- ***Corredor ecológico de transición rural Morasurco - Cabrera:*** Está conformado por parte de los corregimientos de Morasurco, Buesaquillo y Cabrera, conectándose con la propuesta del Parque Fluvial del río Pasto.

De acuerdo al POT Pasto 2015-2027, los corredores ecológicos rurales tienen la función de conectar ecológicamente áreas de importancia ecosistémica y áreas protegidas localizadas en el suelo rural y de expansión urbana, así como elementos de la estructura ecológica



municipal en áreas de borde urbano rural, para la conservación de la biodiversidad y de los servicios ambientales y ecosistémicos. En todos los casos estos corredores constituyen una estrategia complementaria de contención del crecimiento urbano.

De acuerdo al Artículo 78, Corredores ecológicos, del POT Pasto 2015-2027, Las acciones de planificación, diseño y manejo de los corredores ecológicos tienen las siguientes orientaciones: Conservar, restaurar y recuperar los corredores existentes, Proteger el ciclo hidrológico, Incrementar la conectividad ecológica entre los componentes de la estructura ecológica municipal, Definir un límite físico para facilitar el control del crecimiento urbano informal sobre la red hídrica y el territorio rural, Proveer espacio público para la recreación pasiva de las comunidades vecinas, Incrementar la diversidad biológica.

El Corredor ecológico de transición rural Morasurco – Cabrera, afecta directamente a tres de los predios integrantes del polígono del Plan Parcial, en un área de 28,618.88m² que corresponde al 43.24% del área bruta de los predios mencionados.

- ***Afectación por paso de líneas de alta tensión:*** para estas zonas se define un área de seguridad, retiros o servidumbres, establecidas en función del reglamento técnico para instalaciones eléctricas RETIE. El paso de las líneas de alta tensión por el polígono del plan parcial, tienen una afectación de 4,823.33m², esta área es el resultado de su yuxtaposición con el área del corredor ecológico.

Además se requiere realizar en el sector noroccidental del polígono del plan parcial la construcción de la vía de conexión con el corregimiento de Tescual y en el sector sur oriental la conexión con la calle 22B, requiriendo un área total para la conexión del sistema vial y de movilidad de 4,683.51m².

En la

Tabla 8 y en la **Figura 4**, se presentan las afectaciones presentes en el Plan Parcial La Macarena:



Tabla 8. *Afectaciones presentes en el Plan Parcial La Macarena.*

ITEM	AREA M2	HECTAREAS	PORCENTAJE SOBRE AREA BRUTA
AREA BRUTA	112,422.22	11.24	100%
CARGAS GENERALES	33,442.21	3.34	30%
Corredor Ecologico de transición rural	28,618.88		
Lineas de Alta tensión	4,823.33		
AREA NETA URBANIZABLE	78,980.01	7.90	70%

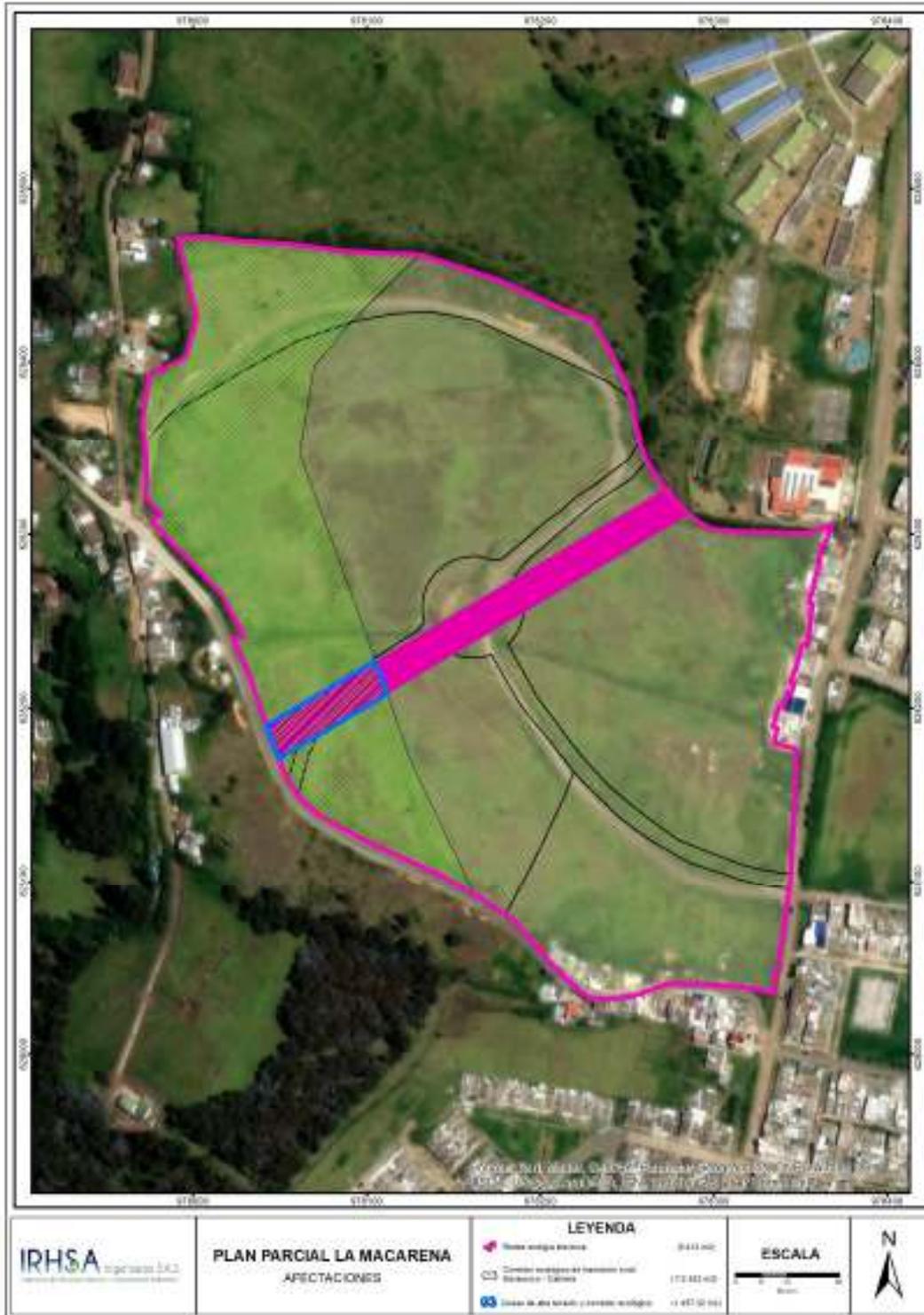
Si bien el Corredor ecológico de transición rural Morasurco – Cabrera, tiene una influencia directa sobre el polígono del Plan Parcial en un área de 28,618.88m², el plan parcial La Macarena propone aplicar el Artículo 78, Corredores ecológicos, del POT Pasto 2015-2027, mediante la utilización de esta área para proveer espacio público para la recreación pasiva de las comunidades vecinas, definiendo un límite físico para facilitar el control del crecimiento urbano y generando una transición hacia el territorio rural, que permita la conectividad ecológica entre los componentes de la estructura ecológica municipal, incrementando la diversidad biológica, constituyéndose en un Parque Ambiental que permita aplicar las acciones de planificación, diseño y manejo de los corredores ecológicos cumpliendo con las orientaciones definidas por el POT 2015 – 2027, para conservar, restaurar y recuperar los corredores ecológicos.



Figura 4. *Afectaciones presentes en el Plan Parcial La Macarena.*

IRHSA





Para llevar a cabo esta acción se incorpora el área total del paso del corredor ecológico por el polígono del plan parcial la Macarena al área neta urbanizable con el objetivo de utilizar esta área en la generación de espacio público efectivo, mediante la creación del Parque Ambiental La Macarena, que a su vez responde al Artículo 200. Parques zonales. del POT Pasto 2015-2027, en el cual se establece: *“Los parques Zonales corresponden a áreas de articulación y encuentro destinadas a satisfacer las necesidades de recreación, esparcimiento y ocio de un grupo de barrios. Los parques zonales articulan y dan continuidad a corredores ecológicos que hacen parte de la estructura ecológica municipal y permiten generar espacio público de conectividad entre el sector urbano y el sector rural...”*.

En la

Tabla 9, se presenta los dos escenarios planteados para aplicar el Artículo 78 y el Artículo 200 referidos, en el Escenario 1 se cuantificó los valores de las áreas de cargas generales incluyendo el área correspondiente al corredor ecológico de transición rural, y se calculó las áreas de cesiones de acuerdo a las determinantes del POT Pasto 2015-2027, obteniendo como resultado una cesión de 44,813.90m², dentro de los cuales se obtuvo una cesión por concepto de espacio público efectivo de 26,930.32m² y una cesión por concepto de área para desarrollo de equipamientos de 3,847.19m²; por otro lado en el Escenario 2 se obtuvo, al crear a partir del área del corredor ecológico de transición rural el parque ambiental La Macarena, como parte del espacio público efectivo y retirar el área del corredor de la cuantificación de las cargas generales, un área total de cesión de 56,917.84m², dentro de los cuales se obtuvo una cesión por concepto de espacio público efectivo de 37,502m² y una cesión por concepto de área para desarrollo de equipamientos de 5,380m², de esta forma el Escenario 2 muestra que el beneficio para la creación de espacio público efectivo y para el desarrollo de equipamientos es mayor a las áreas obtenidas al mantener el área del corredor ecológico de transición rural como una carga general y además sin ningún tipo de intervención que cualifique este espacio.



Tabla 9. Comparativo de Áreas y cesiones realizadas por el Plan Parcial La Macarena

Escenario 1

ITEM	AREA M2	HECTAREAS	PORCENTAJE SOBRE AREA BRUTA
AREA BRUTA	112,422.22	11.24	100%
CARGAS GENERALES	35,478.46	3.55	32%
Lineas de Alta tensión	4,823.33		
Sistema Vial y de Movilidad	2,036.25		
Corredor Ecologico de transición Rural	28,618.88		
AREA NETA URBANIZABLE	76,943.76	7.69	68%
CARGAS URBANISTICAS TIPO 5	44,813.92	4.48	58%
SISTEMA VIAL y DE MOVILIDAD	14,036.42	1.40	14%
CESION ESPACIO PUBLICO EFECTIVO	26,930.32	2.69	35%
Parques			
Plazas			
EQUIPAMIENTO	3,847.19	0.38	5%
AREA UTIL	32,129.84	3.21	42%

Escenario 2

ITEM	AREA M2	HECTAREAS	PORCENTAJE SOBRE AREA BRUTA
AREA BRUTA	112,422.22	11.24	100%
CARGAS GENERALES	9,506.84	0.95	8%
Lineas de Alta tensión	4,823.33		
Sistema Vial y de Movilidad	4,683.51		
AREA NETA URBANIZABLE	102,915.38	10.29	92%
CARGAS URBANISTICAS TIPO 5	56,918.48	5.69	55%
SISTEMA VIAL y DE MOVILIDAD	14,036.42	1.40	14%
CESION ESPACIO PUBLICO EFECTIVO	37,501.99	3.75	36%
Parques	35,118.33	3.51	
Plazas	2,383.68	0.24	
EQUIPAMIENTO	5,380.07	0.54	5%
AREA UTIL	45,996.90	4.60	45%

Por otra parte, se requiere utilizar un área total para la conexión del sistema vial y de movilidad de 4,683.51m², para conectar el sector rural del corregimiento de Tescual con la estructura urbana existente, constituyéndose dicha área en carga general adicional. En la **Tabla 10** se presentan las afectaciones finales que se tienen en cuenta para la cuantificación del área neta urbanizable del Plan Parcial la Macarena:



Tabla 10. *Afectaciones finales presentes en el Plan Parcial La Macarena.*

ITEM	AREA M2	HECTAREAS	PORCENTAJE SOBRE AREA BRUTA
AREA BRUTA	112,422.22	11.24	100%
CARGAS GENERALES	9,506.84	0.95	8%
Lineas de Alta tensión	4,823.33		
Sistema Vial y de Movilidad	4,683.51		
Tramo de Calzada Calle 22B	905.90		
Tramo de Vía Tescual	2,009.70		
Cicloruta Tescual	612.01		
Vías Peatonales Tescual	1,155.90		
AREA NETA URBANIZABLE	102,915.38	10.29	92%

3.4.1.2. Forma y Topografía

El emplazamiento donde se desarrolla el Plan Parcial La Macarena, se localiza en la Zona Nor-Oriental de la ciudad de San Juan de Pasto, tiene una pendiente uniforme del 14%, con cambios a pendientes más pronunciadas en los bordes del polígono del plan parcial. Su topografía va desde la altitud de 2.632 m.s.n.m. hasta los 2.720 m.s.n.m. presentado una ligera planicie en el sector central del polígono, tal como se puede observar en la **Figura 5**, en la cual se presenta la base topográfica del polígono del Plan Parcial La Macarena.



Figura 5. Base topográfica Polígono Plan Parcial La Macarena.



3.4.1.3. Conectividad

La conexión del Plan Parcial con la estructura urbana de la ciudad, solo se da por la Calle 22B, la cual tiene proyectada ser un eje vial arterial, sobre el cual se encuentra proyectado el Eje Arterial Tramo Milagrosa Aranda. En el sector norte del polígono del plan parcial, existe la conexión con la vía carretable que comunica al centro poblado de Tescual con la ciudad, de esta manera se tiene un vínculo que hace la transición al suelo rural de este sector.

3.4.2. Objetivos y criterios que orientaron las determinaciones de planificación adoptadas por el plan.

El objetivo principal del Plan Parcial, es habilitar suelo de expansión urbana para el desarrollo urbano de vivienda, mediante la implementación de los siguientes criterios:

3.4.2.1. Criterio 1.

El primer criterio es conectar, este criterio busca articular los sistemas de movilidad y de espacio público propuestos, con la estructura ecológica municipal a través del corredor ecológico de transición rural Morasurco-Cabrera, para lograr una conexión con la ciudad, buscando una adecuada transición entre lo urbano y lo rural.

3.4.2.2. Criterio 2.

La densificación, que posibilita el aprovechamiento del suelo y permite aumentar la densidad de vivienda en el sector, proponiendo edificaciones en altura, dinamizadas por el espacio público propuesto.

3.4.2.3. Criterio 3.

La mezcla de usos, donde el uso principal es residencial, el cual permite la diversificación de actividades de comercio y servicios para la vivienda, contribuyendo a la vitalidad del espacio y generando mayor calidad de vida.

3.4.2.4. Criterio 4.

La estructura del espacio público y equipamientos está diseñada de tal manera que se articulen con los parques planteados, generando la integración de los espacios destinados al desarrollo integral de los habitantes.

3.5. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO, DEFINICIÓN Y PROPUESTA DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURANTES DE ESPACIO PÚBLICO, VÍAS Y EQUIPAMIENTOS

El planteamiento urbanístico busca integrar el espacio público efectivo propuesto con la generación de espacio público efectivo al interior del Corredor Ecológico de transición rural Morasurco – Cabrera, en su paso por el polígono del Plan Parcial La Macarena, con el objetivo de implementar una de las acciones de planificación, diseño y manejo de los corredores ecológicos, que tiene previstas el POT Pasto 2015-2027, donde en su Artículo 78 Corredores ecológicos, propone: *Proveer espacio público para la recreación pasiva de las comunidades vecinas, al mismo tiempo que se define un límite físico para facilitar el control del crecimiento urbano informal sobre el territorio rural.* De esta manera se busca consolidar el sistema de espacio público del plan parcial, mediante la participación en la estrategia de generación de parques, que tiene como objetivo la conexión de la estructura ecológica municipal con el área urbana y brindar soporte a la calidad de vida a través de la provisión de áreas destinadas para la recreación, contemplación y encuentro de los ciudadanos. Dentro de esta estrategia se define una red de parques que van desde la escala local hasta la escala urbana; para la zona de expansión urbana de Aranda, el POT Pasto 2015-2027 define la creación de Espacio Público Área de Expansión Aranda, como de escala zonal; donde los parques zonales están destinados a articular y dar continuidad a los corredores ecológicos que hacen parte de la estructura ecológica municipal y permiten generar espacio público de conectividad entre el sector urbano y el sector rural.

El Plan Parcial La Macarena genera 37,502m² de espacio público efectivo, de los cuales 25,971.61m² corresponden a espacio público efectivo generado al interior del Corredor Ecológico



de transición rural Morasurco – Cabrera, consolidando el Corredor Ecológico como un Parque Ambiental que desde el diseño paisajístico incluye especies de flora nativas con floración diversa que sirvan de alimento a insectos y pájaros que ayuden a polinizar todas las áreas verdes del Plan Parcial de La Macarena, asegurando de esta manera una diversidad de flora y fauna urbana y respondiendo así a la necesidad de potenciar a los corredores ecológicos como espacios de conexión con la estructura ecológica municipal y el área urbana, al mismo tiempo que se constituyen en los elementos de transición entre el suelo rural y el suelo urbano, de igual manera mejoran las condiciones ambientales y de habitabilidad del Plan Parcial La Macarena y su área de influencia.

En esa misma línea el Plan Parcial, busca generar espacio público privado al interior de las manzanas que lo integran, mediante la densificación en altura, con el objetivo de tener un índice de ocupación bajo que genere mayores áreas libres aprovechables al interior de los conjuntos cerrados para el disfrute de sus habitantes.

Por otra parte, el diseño urbanístico se articula con la estructura urbana existente mediante la implementación de un circuito vial que ordena la estructura urbana interna del plan parcial, al mismo tiempo que se conecta tanto con el suelo urbano, en la calle 22B, como con el suelo rural en la conexión con Tescual. Esta articulación además está acompañada del circuito de ciclo ruta, que comunica de manera alternativa los espacios públicos efectivos propuestos con el borde urbano - rural y la ciudad; para la conexión rural se utilizan 2,647.26m² del área cuantificada como de Corredor ecológico, dicha área de conexión, ya existe antes de la formulación del plan parcial, y es una servidumbre que tiene el uso de vía carretable.

Finalmente, el planteamiento urbanístico propone la localización estratégica de equipamiento, comercio, servicios y espacio público sobre la calle 22B, con el objetivo de consolidar este punto como un nodo urbano que refuerza la articulación del plan parcial con la estructura urbana y la centralidad de Aranda. A continuación, se presenta en las **Figura 6, Figura 7, Figura 8 y Figura 8** el planteamiento urbanístico, para el Plan Parcial La Macarena.



Figura 6. Planteamiento urbanístico para el Plan Parcial La Macarena.

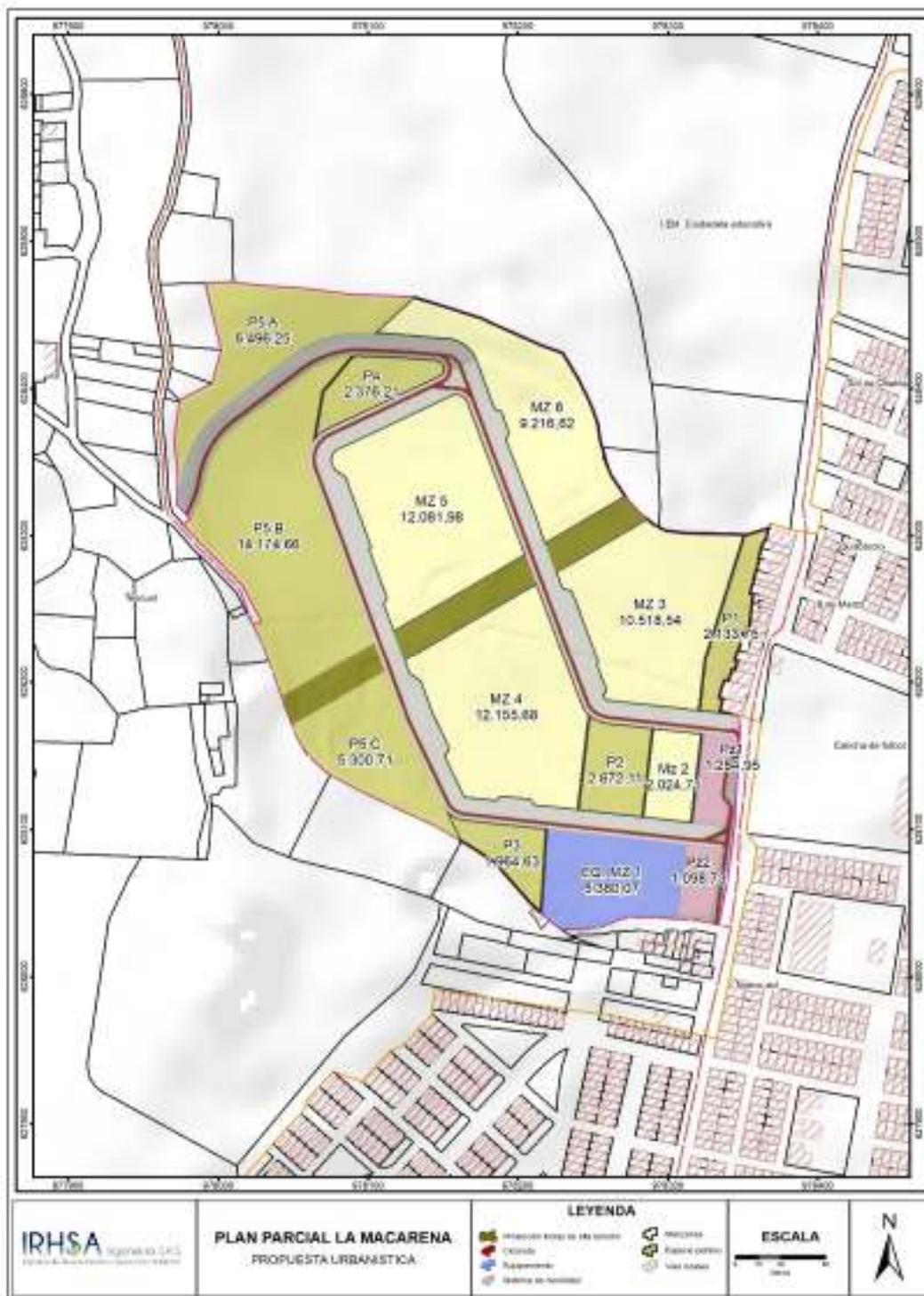


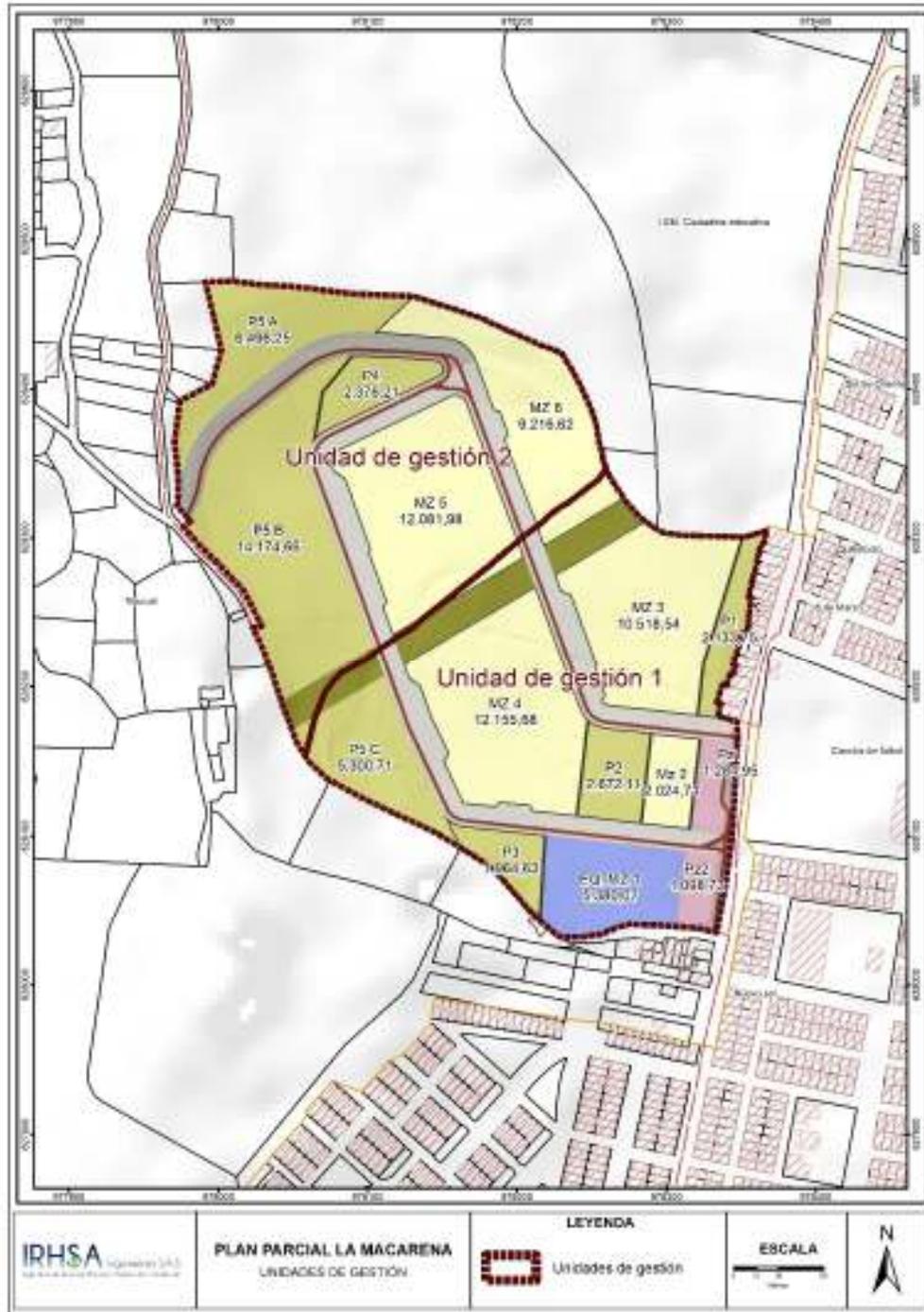
Figura 7. Planteamiento Urbanístico usos de suelo propuestos para el Plan Parcial La Macarena.



Figura 8. Planteamiento Urbanístico modelo morfológico de Alturas propuesto para el Plan Parcial La Macarena.



Figura 9. Planteamiento Urbanístico Unidades de Gestión propuestas para el Plan Parcial La Macarena.



3.5.1. Cargas y beneficios

Al realizar el reparto de cargas y beneficios se busca obtener de forma equitativa la distribución de la financiación de las inversiones en infraestructuras, espacio público y equipamientos, que a su vez se ven remuneradas por el beneficio obtenido por el mayor valor del suelo resultante por la implementación del proceso de urbanización realizado a través del plan parcial.

3.5.1.1. Cargas locales de la urbanización.

De acuerdo al Artículo 2.2.4.1.5.1, del Decreto 1077 de 2015, se define a las Cargas locales de la urbanización como: *Las cargas locales de la urbanización que serán objeto de reparto entre los propietarios de inmuebles de las unidades de actuación urbanística del plan parcial, incluirán entre otros componentes las cesiones y la realización de obras públicas correspondientes a redes secundarias y de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, energía y teléfonos, así como las cesiones para parques y zonas verdes, vías vehiculares y peatonales y para la dotación de los equipamientos comunitarios.*

De tal manera que será responsabilidad y correrá a cargo de los propietarios los costos por las obras de urbanización necesarias para poder adelantar los procesos edificatorios en el polígono del Plan Parcial La Macarena.

3.5.1.2. Cargas Generales.

Las cargas generales, de igual forma son definidas en el Decreto 1077 de 2015, en el Artículo 2.2.4.1.5.2, cuyo texto dice lo siguiente: *Las cargas correspondientes al costo de la infraestructura vial principal y redes matrices de servicios públicos se distribuirán entre los propietarios de toda el área beneficiaria de las mismas y deberán ser recuperados mediante tarifas, contribución de valorización, participación en plusvalía, impuesto predial, o cualquier otro sistema que garantice el reparto equitativo de las cargas y beneficios de las actuaciones y que cumpla con lo dispuesto en el artículo 338 de la Constitución Política. En todo caso, serán a cargo de sus propietarios las cesiones gratuitas y los gastos de urbanización previstos en el artículo anterior.*

Cuando se trate de la adecuación y habilitación urbanística de predios a cargo de sus propietarios en áreas de desarrollo concertado en suelo de expansión urbana, la distribución de las cargas



generales sobre los que se apoye cada plan parcial, se podrá realizar mediante la asignación de edificabilidad adicional en proporción a la participación de los propietarios en dichas cargas. Para ello, los planes de ordenamiento territorial podrán determinar la asignación de aprovechamientos urbanísticos adicionales, que definan para cada uso la superficie máxima construible por encima del aprovechamiento urbanístico básico que se establezca para el suelo de expansión. Los índices de edificabilidad básica y adicional y su equivalencia con las cargas generales serán establecidos por los municipios y distritos en el componente urbano del plan de ordenamiento territorial.

Parágrafo. La construcción de las redes matrices de servicios públicos domiciliarios se regirá por lo dispuesto en la Ley 142 de 1994 y su reglamento o las normas que los adicionen, modifiquen o sustituyan.

Tabla 11. Cantidades Cargas Locales y Cargas Generales Plan Parcial La Macarena.

PLAN PARCIAL LA MACARENA	LONGITUD	ANCHO	AREA
	M	M	M2
CARGAS LOCALES			
ESPACIO PÚBLICO			37,501.99
PARQUE 1			2,133.76
PARQUE 2			2,672.11
PARQUE 3			1,964.63
PARQUE 4			2,376.21
PARQUE AMBIENTAL 5			25,971.60
Parque 5A			6,496.25
Parque 5B			14,174.65
Parque 5C			5,300.70
PLAZOLETA 1			1,284.95
PLAZOLETA 2			1,098.73
EQUIPAMIENTO			5,380.07
SISTEMA VIAL			14,036.42
CALZADA	1021.31	7.5	7,659.85
CICLO RUTA	938.25	2.4	2,251.80
ANDENES IZQ	937.45	2.2	2,062.39
ANDENES DER	937.45	2.2	2,062.39
REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS			2,972.00
CONEXIÓN RED MATRIZ ACUEDUCTO	910		910.00
CONEXIÓN RED MATRIZ ALCANTARILLADO	910		910.00
CONEXIÓN RED MATRIZ DE ENERGIA	1152		1,152.00
CARGAS GENERALES			
SISTEMA VIAL			4,683.51
TRAMO DE CALZADA CALLE 22B	64.71	14	905.90
TRAMO DE CALZADA TESCUAL	261.00	7.7	2,009.70
CICLO RUTA	255.01	2.4	612.01
ANDENES IZQ	262.71	2.2	577.95
ANDENES DER	262.71	2.2	577.95

Las cargas locales son financiadas por los propietarios de acuerdo al reparto equitativo de cargas, y a la posibilidad de acceder a una mayor edificabilidad a través de la aplicación de la densidad máxima.

Las cargas generales correspondientes al sistema vial, son financiadas por el municipio, mediante contribución por valorización, plusvalía, predial o cualquier otro instrumento de financiamiento válido. Las redes de servicios públicos serán financiadas por las empresas de servicios públicos a través de las tarifas de servicios públicos vigentes.

3.5.1.3. Definición de cargas y cesiones urbanísticas.

En la **Tabla 12**, se presentan las cesiones correspondientes a vías, espacio público efectivo y equipamiento que se realizara en el plan parcial la macarena con el objetivo de dar cumplimiento a las cargas locales requeridas.

Tabla 12. Cargas Urbanísticas Plan Parcial La Macarena.

ITEM	AREA M2		HECTAREAS	PORCENTAJE SOBRE AREA NETA URBANIZABLE
AREA NETA URBANIZABLE	102,915.38		10.29	
CARGAS URBANISTICAS TIPO 5				
SISTEMA VIAL y DE MOVILIDAD	14,036.42		1.40	13.6%
Vias Locales La Macarena	7,656.32			
Vias Peatonales La Macarena	4,128.30			
Ciclorutas La Macarena	2,251.80			
CESION ESPACIO PUBLICO EFECTIVO	37,501.99		3.75	36.4%
Parques	35,118.31			
Plazas	2,383.68			
EQUIPAMIENTO	5,380.07		0.54	5.2%
Equipamiento I	5,380.07			
TOTAL CARGAS URBANISTICAS	56,918.48		5.69	55.3%
AREA UTIL	45,996.90		4.60	44.7%



3.5.1.4. Movilidad y Cesión de vías.

El plan parcial contempla la creación de un circuito vial local que esta reforzado por la implementación del sistema de movilidad alternativa de ciclo rutas, este circuito se conecta en dos puntos con la estructura urbana a través de la calle 22B, que está proyectada como un eje vial arterial que comunicara el sector de la Milagrosa con Aranda. Además, se conecta con el suelo rural, dando acceso al centro poblado de Tescual. Las cesiones para vías tienen un área total de 14,036.42m² y corresponden al 13.6% del Área Neta Urbanizable.

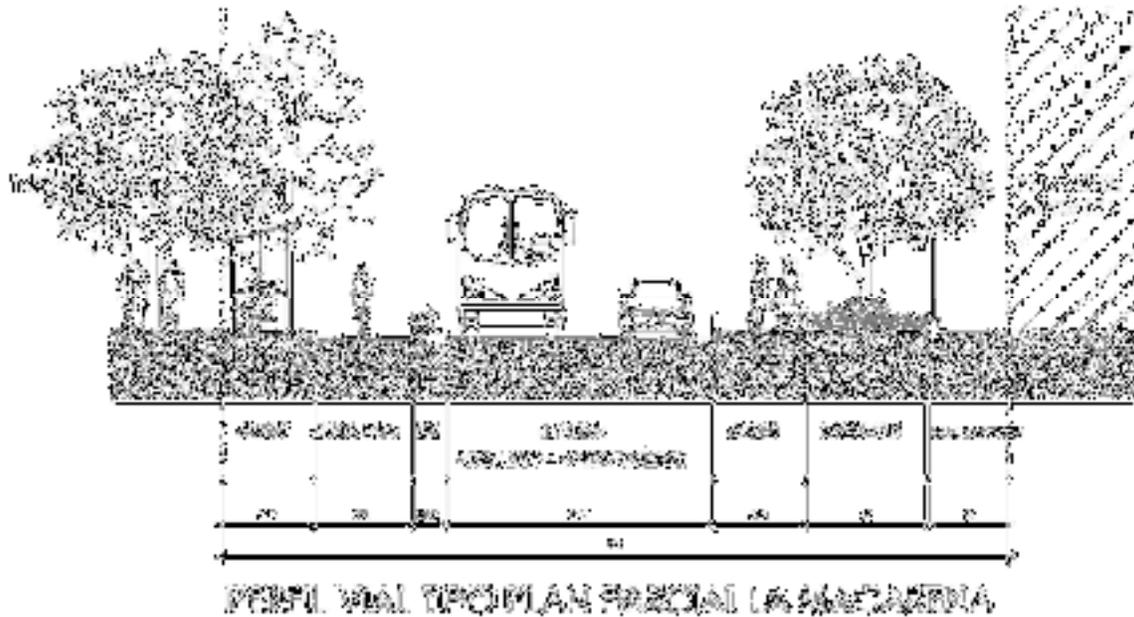
Con el fin de mejorar la conectividad del polígono del plan parcial se propone la intervención integral de la calle 22B en su paso por el sector sur del polígono con una longitud de 148m.

3.5.1.5. Perfiles viales.

Al interior del Plan Parcial La Macarena se propone un circuito vial que estructura y distribuye los flujos vehiculares a cada una de las manzanas que conforma el plan parcial, el circuito vial estructurante del plan parcial tiene como base el **Perfil Vial A3: Vía Arterial Intermedia** tramo Calle 16, del Acuerdo 004 de 2015, el cual se adapta a las vías locales del plan parcial con el fin de garantizar la conectividad de los diferentes modos de transporte presentes en el plan parcial. En la **Figura 10**, se presenta el perfil vial local tipo.



Figura 10. Perfil vial local tipo Plan Parcial La Macarena.



3.5.1.6. Cesión de Equipamientos.

La cesión para localización de equipamientos se realizó de forma estratégica en el sector sur del polígono del plan parcial, sobre la calle 22B, de manera que a futuro esta área se constituya en un nodo urbano, en conjunto con la plaza que da respaldo a las edificaciones de servicios y comercio, relacionándose directamente con el Complejo Deportivo de Aranda. En esa misma línea, el área de cesión para equipamiento está respaldada por el parque local 3, que complementa dicho uso. Dentro del DTS POT Pasto (2015), se propone para la zona de Expansión Urbana Aranda, relacionada con la Centralidad Local Aranda, la construcción de: Equipamientos para servicios colectivos enfocados a la cultura y el bienestar social.

El área de cesión para equipamientos hecha por el Plan Parcial La Macarena corresponde a 5,380.07m², los cuales son el 5.2% del Área Neta Urbanizable, dando cumplimiento a lo determinado por el POT Pasto 2015-2027.



3.5.1.7. Cesión espacio público efectivo.

La cesión de espacio público efectivo, tiene un área de 37,501.99m², que corresponde al 36.4% del Área Neta Urbanizable, permitiendo así alcanzar la mayor densidad propuesta por el POT Pasto 2015-2027. Por otra parte, la cesión realizada por el Plan Parcial La Macarena corresponde al 10,15% del total de cesión para espacio público proyectada para la zona de expansión urbana de Aranda, en el DTS POT Pasto (2015).

Del área total a ceder, se localizan 25,971.61m² en el paso del Corredor Ecológico de transición rural Morasurco – Cabrera, por el polígono del Plan Parcial La Macarena, permitiendo así potenciar el corredor ecológico mediante la intervención y generación de espacio público que resalte sus valores naturales, ambientales y paisajísticos, ya que en la actualidad el área determinada como corredor ecológico de transición rural localizada en el polígono del plan parcial carece de cobertura vegetal consolidada, así como de las características propias de los corredores ecológicos y se requiere su intervención paisajística, ambiental y de diseño urbano, para que se constituya en el Parque Ambiental La Macarena.

3.5.1.8. Cesiones en suelo

El resumen del proceso de urbanización para el Plan Parcial La Macarena se presenta en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Resumen General de Áreas en m² proceso de urbanización Plan Parcial La Macarena.

AREA BRUTA	CARGAS GENERALES	AREA NETA URBANIZABLE	CESIONES			AREA UTIL
			CESION VIAS	CESION ESPACIO PUBLICO EFECTIVO	CESION EQUIPAMIENTOS	
112,422.22	9,506.84	102,915.38	14,036.42	37,501.99	5,380.07	45,996.90
	8%	92%	13.6%	36.4%	5.2%	44.7%
% SOBRE AREA BRUTA			% SOBRE AREA NETA URBANIZABLE			



La cesión de suelo total hecha por el plan parcial la macarena es del 55.3% del Área Neta Urbanizable; en metros cuadrados la cesión de suelos realizada asciende a 56,918.48m².

El área útil urbanizable resultante del proceso de urbanización es 45,996.90m², que representan el 44.7% del Área Neta Urbanizable y el 39% del Área Total del polígono del Plan Parcial La Macarena.

3.5.1.9. Beneficios.

Los beneficios que ofrece el Plan Parcial La Macarena están representados en el mayor potencial de desarrollo que tiene el suelo del polígono del plan parcial, al lograr a través de la actuación urbanística un mayor potencial edificatorio.

El objetivo principal del Plan Parcial La Macarena es habilitar suelo de expansión urbana para vivienda y sus usos complementarios.

Teniendo en cuenta que de acuerdo al POT Pasto 2015-2027, la densidad máxima que se puede generar mediante la implementación de planes parciales es de 350 viviendas por hectárea, sobre el área neta urbanizable, siempre y cuando se garantice la generación del 35% del área neta urbanizable para espacio público efectivo; la densidad de viviendas máxima esperada de acuerdo al área neta urbanizable obtenida es de 3.602 viviendas, sin embargo la presente actuación urbanística propone la generación de 2.280 viviendas, teniendo en cuenta los índices de ocupación y construcción que se proponen.

A partir del área neta urbanizable, una vez descontadas las áreas correspondientes a cesiones, se obtiene el área útil del plan parcial, que para este caso es de 45,996.90m², teniendo en cuenta que en la formulación del plan parcial se propone la generación de espacio público efectivo localizado en el área del corredor ecológico de transición rural, con el fin de compensar la mayor cantidad de cesiones realizadas y mejorar especialmente las condiciones ambientales, paisajísticas y de diseño urbano del corredor ecológico de transición rural, se implanta el Parque Ambiental 5 de carácter zonal, en el área del corredor ecológico, obteniendo así un área útil mayor. De esta manera el Plan Parcial La Macarena puede acceder a un mayor porcentaje edificatorio.



El planteamiento urbanístico propone densificar en altura, para tal fin se propone un índice de construcción máximo de 5 y un índice de ocupación de 0.40 a 0.70, a partir de estos indicadores se obtiene una área máxima de construcción de 211,594.30m², de modo que al realizar la implantación del planteamiento arquitectónico, en el cual se propone densificar en altura, mediante edificaciones de quince pisos de altura, implantadas en las manzanas resultado del urbanismo diseñado, se obtiene índices de ocupación que van desde 0.30 hasta 0.70, manteniendo el índice de construcción propuesto, consignados en la

Tabla 14 de la edificabilidad del plan parcial la Macarena:

Tabla 14. Edificabilidad del Plan Parcial La Macarena.

MANZANAS PROPUESTAS	USO	ALTURA MAXIMA	AREA UTIL MANZANA	IO	IC	AREA RESULTANTE IO	AREA RESULTANTE IC	OCUPACION PRIMER PISO MODELO ARQUITECTONICO PROPUESTO
MANZANA 2	COMERCIAL	3 PISOS	2,024.91	0.70	4.50	1,417.44	9,112.10	1,417.44
MANZANA 3	RESIDENCIAL	15 PISOS	10,518.50	0.45	4.50	4,733.33	47,333.25	4,580.00
MANZANA 4	RESIDENCIAL	15 PISOS	12,155.00	0.40	4.50	4,862.00	54,697.50	4,670.00
MANZANA 5	RESIDENCIAL	15 PISOS	12,082.00	0.40	4.50	4,832.80	54,369.00	4,670.00
MANZANA 6	RESIDENCIAL (VIP)	15 PISOS	9,216.49	0.45	5.00	4,147.42	46,082.45	2,288.00
TOTAL			45,996.90			19,992.98	211,594.30	17,625.44

MANZANAS PROPUESTAS	USO	ALTURA MAXIMA	AREA UTIL MANZANA	IO	IC	AREA RESULTANTE IO	AREA RESULTANTE IC	OCUPACION PRIMER PISO MODELO ARQUITECTONICO PROPUESTO
MANZANA 1	EQUIPAMIENTO	4 PISOS	5,380.07	0.60	2.80	3,228.04	15,064.20	3,228.04
TOTAL			5,380.07			3,228.04	15,064.20	

3.5.1.10. Cuantificación financiera de las cargas locales más la participación en cargas generales necesarias para el desarrollo del plan parcial y los beneficios surgidos de la adopción del mismo.

Para el reparto de cargas y beneficios del Plan Parcial La Macarena, se tiene como punto de partida los metros cuadrados privados aportados por cada uno de los predios integrantes del polígono del plan parcial; el total de metros cuadrados aportado es de 112,422.22m², que se presentan en la

Tabla 15 Porcentaje Aportado por los predios integrantes del Plan Parcial La Macarena.



Tabla 15. Porcentaje Aportado por los predios integrantes del Plan Parcial La Macarena.

No.	Código Predial	Matricula Inmobiliaria	Área (m2)	Porcentaje Aportado
Predio 1	52001-00-02-0014-0283-000	240-235034	13,079.98	12%
Predio 2	52001-00-02-0014-0310-000	240-242067	29,205.62	26%
Predio 3	52001-00-02-0014-0213-000	240-252066	16,803.48	15%
Predio 4	52001-00-02-0014-0311-000	240-252068	41,643.13	37%
Predio 5	52001-00-02-0014-0312-000	240-252779	11,690.01	10%
Total			112,422.22	100%

*En el área de cada uno de los predios integrantes, de forma proporcional se distribuyó el área existente del carretable interno de propiedad privada del polígono del Plan Parcial La Macarena.

Para la ejecución del Plan Parcial La Macarena, es necesario definir una estrategia de gestión del suelo, para ello se han definido Dos Unidades de Gestión (UG), que están determinadas por sus características físico espaciales, sus posibilidades de ejecución en el tiempo, así como su financiación y reparto equitativo de cargas y beneficios.

La Unidad de Gestión 1 (UG1) está integrada por los predios 1, 2 y 3, la Unidad de Gestión 2 (UG2) está integrada por los predios 4 y 5. A continuación se presenta en detalle sus áreas, en la **Tabla 16.**

Tabla 16. Distribución de Áreas privadas aportadas por cada Unidades de Gestión.

	Predios Integrantes	Area Aportada Predio	Porcentaje Aportado Predio	Area Aportada UG	Porcentaje Aportado UG
UG1	Predio 1	13,079.98	11.6%	59,089.08	52.6%
	Predio 2	29,205.62	26.0%		
	Predio 3	16,803.48	14.9%		
UG2	Predio 4	41,643.13	37.0%	53,333.14	47.4%
	Predio 5	11,690.01	10.4%		
Total				112,422.22	100%



El área aportada por cada una de las unidades de gestión corresponde a la distribución de cargas y beneficios del Plan Parcial La Macarena. En la **Tabla 17** se define la distribución de la participación de cargas locales o urbanísticas y de las cargas generales para cada una de las unidades de gestión.

IRHSA



Tabla 17. Distribución en m² de la participación de cargas locales o urbanísticas y de las cargas generales para cada Unidad de Gestión.

	PP LA MACARENA	UG1	UG2
CARGAS LOCALES			
ESPACIO PÚBLICO	37,501.99	14,262.17	23,239.82
PARQUE 1	2,133.76	2,133.76	0.00
PARQUE 2	2,672.11	2,672.11	0.00
PARQUE 3	1,964.63	1,964.63	0.00
PARQUE 4	2,376.21	0.00	2,376.21
PARQUE 5	25,971.60	5,107.99	20,863.61
PLAZOLETA 1	1,284.95	1,284.95	0.00
PLAZOLETA 2	1,098.73	1,098.73	0.00
EQUIPAMIENTO	5,380.07	5,380.07	0.00
SISTEMA VIAL	14,036.42	8,288.83	5,747.59
CALZADA	7,659.85	4,536.21	3,123.64
CICLO RUTA	2,251.80	1,309.81	941.99
ANDENES IZQ	2,062.39	1,221.41	840.98
ANDENES DER	2,062.39	1,221.41	840.98
REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS	2,972.00	1,486.00	1,486.00
CONEXIÓN RED MATRIZ ACUEDUCTO	910.00	455.00	455.00
CONEXIÓN RED MATRIZ ALCANTARILLADO	910.00	455.00	455.00
CONEXIÓN RED MATRIZ DE ENERGÍA	1,152.00	576.00	576.00
CARGAS GENERALES			
SISTEMA VIAL ADICIONAL AL PLAN	4,683.51	913.28	3,770.22
TRAMO DE CALZADA CALLE 22B	905.90	905.90	0.00
TRAMO DE CALZADA TESCUAL	2,009.69	4.68	2,005.01
CICLO RUTA	612.01	0.00	612.01
ANDENES IZQ	577.95	1.35	576.60
ANDENES DER	577.95	1.35	576.60

La estimación de costos para las obras de urbanización del Plan Parcial La Macarena se realizó en pesos (COP) para el año 2023, con base en una estandarización de costos, de tal forma que los valores pueden variar en el tiempo, dependiendo de las variaciones financieras que se presenten en el transcurso de los procesos de formulación, concertación y adopción del plan parcial, además de los tiempos de la ejecución e inicio del plan.

El valor estimado para las obras de urbanización correspondientes a cargas locales se estima en \$26,762,788,000.00 (COP 2023), el desagregado de este valor se detalla en la **Tabla 18**. Costo de las obras obligatorias de urbanización del Plan Parcial La Macarena.

Tabla 18. Costo de las obras obligatorias de urbanización del Plan Parcial La Macarena por Unidad de Gestión.

Obras Obligatorias de Urbanización en Cesiones	Total	UG1	UG2	Unidad	Valor Unitario M2	UG1	UG2	Valor Total
SISTEMA VIAL LOCAL						\$ 5,771,268,000	\$ 3,992,053,500	\$ 9,763,321,500
Vías Locales Plan Parcial La Macarena	7,659.85	4,536.21	3,123.64	M2	\$ 900,000	\$ 4,082,589,000	\$ 2,811,276,000	\$ 6,893,865,000
Vías Peatonales	4,124.77	2,442.81	1,681.96	M2	\$ 450,000	\$ 1,099,264,500	\$ 756,882,000	\$ 1,856,146,500
Ciclo rutas	2,251.80	1,309.81	941.99	M2	\$ 450,000	\$ 589,414,500	\$ 423,895,500	\$ 1,013,310,000
ESPACIO PÚBLICO						\$ 5,943,635,500	\$ 9,063,531,000	\$ 15,007,166,500
Parques	35,118.31	11,878.49	23,239.82	M2		\$ 4,632,611,500	\$ 9,063,531,000	\$ 13,696,142,500
Zonas duras máx. 20% del Área Total	7,023.66	2,375.70	4,647.97	M2	\$ 550,000	\$ 1,306,635,000	\$ 2,556,383,500	\$ 3,863,018,500
Zonas verdes min. 80% del Área Total	28,094.65	9,502.79	18,591.85	M2	\$ 350,000	\$ 3,325,976,500	\$ 6,507,147,500	\$ 9,833,124,000
Plazoletas	2,383.68	2,383.68	0.00	M2		\$ 1,311,024,000	\$ -	\$ 1,311,024,000
Zonas duras	2,383.68	2,383.68	0.00	M2	\$ 550,000	\$ 1,311,024,000	\$ -	\$ 1,311,024,000
REDES DESERVICIOS PÚBLICOS						\$ 996,150,000	\$ 996,150,000	\$ 1,992,300,000
CONEXIÓN RED MATRIZ ACUEDUCTO	910.00	455.00	455.00	ML	\$ 450,000	\$ 204,750,000	\$ 204,750,000	\$ 409,500,000
CONEXIÓN RED MATRIZ ALCANTARILLADO	910.00	455.00	455.00	ML	\$ 600,000	\$ 273,000,000	\$ 273,000,000	\$ 546,000,000
CONEXIÓN RED MATRIZ DE ENERGÍA	1,152.00	576.00	576.00	ML	\$ 900,000	\$ 518,400,000	\$ 518,400,000	\$ 1,036,800,000
					Valor Total Estimado	12,711,053,500.00	14,051,734,500.00	26,762,788,000.00

Además de los costos de las obras de urbanismo, por concepto de cargas locales, se requiere cuantificar las cargas generales, que corresponden a la inversión requerida para las redes matrices de acueducto, alcantarillado y energía, así como la intervención de las vías que permiten la conexión con la zona rural, vía Tescual y la conexión con la calle 22B. En la

Tabla 19 se presenta los costos estimados por cargas generales del Plan Parcial La Macarena, los cuales se estiman en \$3,419,595,165.60 (COP 2023).



Tabla 19. Costos por Cargas Generales del Plan Parcial La Macarena.

CARGAS GENERALES	Cantidad	UG1	UG2	Unidad	Valor Unitario M2/ML	UG1	UG2	Valor Total
SISTEMA VIAL	4,683.51	913.28	3,770.22	M2		820,740,463.20	2,598,854,702.40	3,419,595,165.60
TRAMO DE CALZADA CALLE 22B	905.90	905.90	0.00	M2	900,000	815,313,463.20	0.00	815,313,463.20
TRAMO DE CALZADA TESCUAL	2,009.69	4.68	2,005.01	M2	900,000	4,212,000.00	1,804,509,000.00	1,808,721,000.00
CICLO RUTA	612.01	0.00	612.01	M2	450,000	0.00	275,405,702.40	275,405,702.40
Vías Peatonales	1,155.90	2.70	1,153.20	M2	450,000	1,215,000.00	518,940,000.00	520,155,000.00
Valor Total Estimado						820,740,463.20	2,598,854,702.40	3,419,595,165.60

Los costos estimados por concepto de cargas generales se financiarán a través de las Empresas de Servicios Públicos y aportes del Municipio; el sistema vial por un valor proyectado de \$3,419,595,165.60 (COP 2023), será financiado con la implementación de instrumentos de financiación como contribución por valorización, plusvalía o predial.

De esta forma los costos estimados por concepto de Cargas Locales y Generales para el Plan Parcial La Macarena asciende a \$ 30,182,383,165.60 (COP 2023).

Los beneficios del Plan Parcial, surgen de la aplicación del aprovechamiento urbanístico de la propuesta normativa urbana planteada en el aparte 2.3.1.9. Beneficios, contenida en la **Tabla 14** Edificabilidad del Plan Parcial La Macarena.

Para calcular los beneficios y el reparto equitativo de cargas es necesario valorar económicamente los aprovechamientos urbanísticos, para ello se cuantifica los valores máximos obtenidos de área de construcción por cada unidad de gestión, para compararlos con los valores de áreas vendibles de los productos inmobiliarios obtenidos en cada una de las unidades de gestión. La áreas de construcción y venta.

Tabla 20, muestra la categorización que se implementa para los productos inmobiliarios propuestos, junto con sus áreas de construcción y venta.



Tabla 20. Áreas construidas y vendibles por tipo de uso propuesto en m².

	Manzanas propuestas	USO	Área Construida		Porcentaje de área vendible sobre el área construida	Área Vendible	
			Área construida	Área construida total UG		Área vendible	Área vendible total UG
UG 1	Manzana 2	Comercial y servicios	4,252.31	103,139.75	70%	2,976.62	72,197.82
		Parqueaderos	1,417.44		70%	992.21	
	Manzana 3	Residencial VIS	42,900.00		70%	30,030.00	
		Parqueaderos	5,160.00		70%	3,612.00	
	Manzana 4	Residencial VIS	44,250.00		70%	30,975.00	
		Parqueaderos	5,160.00		70%	3,612.00	
UG 2	Manzana 5	Residencial VIS	44,250.00	83,730.00	70%	30,975.00	58,611.00
		Parqueaderos	5,160.00		70%	3,612.00	
	Manzana 6	Residencial VIP	34,320.00		70%	24,024.00	
TOTAL			186,869.75			130,808.82	

En la **Tabla 21** se muestra los valores estimados de venta por cada uno de los productos inmobiliarios, que tienen como base el cálculo realizado para el precio máximo de venta por cada producto inmobiliario calculados en función de los valores máximos para aplicar a subsidios de vivienda en el 2023.

Tabla 21. Valores estimados de venta por m².

Valor Salario Mínimo 2023 **\$1,160,000.00**

	VALOR EN		Valor proyectado Apto Venta	Valor m2 Venta
	SMMLV	COP	COP	COP
Parqueadero				\$ 850,000.00
Comercial y servicios				\$ 3,150,000.00
Vivienda Interés Prioritario (VIP)	90	\$ 104,400,000.00	\$ 90,000,000.00	\$ 2,142,858.00
Vivienda Interés Social (VIS)	135	\$ 156,600,000.00	\$ 120,000,000.00	\$ 2,400,000.00

A partir de los valores estimados de venta por m², en la **Tabla 22** se calculan los valores proyectados por ventas.

Tabla 22. Valores proyectados por Ventas de Productos Inmobiliarios.

	Manzanas propuestas	USO	Valor promedio m2 Venta	Área Vendible		Ingresos proyectados por ventas	
				Área Vendible Manzana	Área vendible total UG	Ingresos Ventas Manzana	Ingresos Ventas UG
UG 1	Manzana 2	Comercial y servicios	3,150,000.00	2,976.62	72,197.82	\$ 9,376,345,755.00	\$ 162,772,120,770.00
		Parqueaderos	850,000.00	992.21		\$ 843,375,015.00	
	Manzana 3	Residencial VIS	2,400,000.00	30,030.00		\$ 72,072,000,000.00	
		Parqueaderos	850,000.00	3,612.00		\$ 3,070,200,000.00	
	Manzana 4	Residencial VIS	2,400,000.00	30,975.00		\$ 74,340,000,000.00	
		Parqueaderos	850,000.00	3,612.00		\$ 3,070,200,000.00	
UG 2	Manzana 5	Residencial VIS	2,400,000.00	30,975.00	58,611.00	\$ 74,340,000,000.00	\$ 128,890,220,592.00
		Parqueaderos	850,000.00	3,612.00		\$ 3,070,200,000.00	
	Manzana 6	Residencial VIP	2,142,858.00	24,024.00		\$ 51,480,020,592.00	
TOTAL				130,808.82		\$291,662,341,362.00	

A partir del valor proyectado por ventas se calcula el valor a cancelar por aprovechamiento urbanístico adicional, que de acuerdo a la Resolución No.046 de 2023 de la Secretaria de Planeación Municipal, según el Artículo 3 para el caso del Plan Parcial La Macarena, localizado en la Zona de expansión de Aranda, le corresponde el Rango 3, para densidades que van desde 250 a 350 unidades por hectárea de ANU resultante, y el valor a cancelar por aprovechamiento urbanístico adicional, de acuerdo al Artículo 4 es del 2% del valor total proyectado por ventas, sin embargo el Artículo 4 de la misma resolución en su parágrafo establece que: *Cuando el total de la edificabilidad del aprovechamiento urbanístico básico y el adicional sean para la construcción de Vivienda de Interés Prioritaria VIP y Vivienda de Interés Social VIS, la participación en cargas será del 50% de los establecido en este artículo.* De tal manera que para el Plan Parcial La Macarena se establece un 1% del valor total proyectado por ventas para pago al Municipio por concepto de aprovechamiento urbanístico adicional el cual asciende a la suma de: \$2,916,623,413.62 (COP 2023).

A partir del cálculo de las cantidades de área construida por cada uno de los usos establecidos en el Plan Parcial La Macarena se calcula la estructura de costos del plan parcial, teniendo en cuenta el cálculo de costos directos por concepto de construcción y los costos indirectos de construcción.



En la **Tabla 23** se presenta el valor por m² de los costos directos de construcción de cada producto inmobiliario, información que proviene de la experiencia particular de los gestores del plan parcial, y en la **Tabla 24** se presenta los costos directos de construcción del Plan Parcial La Macarena.

Tabla 23. Valor por m² de Costos Directos de Construcción.

	Valor m2 Construcción
Vivienda Interés Prioritario (VIP)	\$ 950,000.00
Vivienda Interés Social (VIS)	\$ 1,100,000.00
Comercial y servicios	\$ 1,100,000.00
Parqueadero	\$ 350,000.00

Tabla 24. Costos Directos de Construcción de productos inmobiliarios.

	Manzanas propuestas	USO	Valor promedio m2 Construcción	Área Construcción		Costos Directos de Construcción	
				Área Construcción Manzana	Área Construcción total UG	Costos Directos de Construcción Manzana	Costos Directos de Construcción UG
UG1	Manzana 2	Comercial y servicios	1,100,000.00	4,252.31	103,139.75	\$ 4,677,542,100.00	\$ 104,650,645,050.00
		Parqueaderos	350,000.00	1,417.44		\$ 496,102,950.00	
	Manzana 3	Residencial VIS	1,100,000.00	42,900.00		\$ 47,190,000,000.00	
		Parqueaderos	350,000.00	5,160.00		\$ 1,806,000,000.00	
	Manzana 4	Residencial VIS	1,100,000.00	44,250.00		\$ 48,675,000,000.00	
		Parqueaderos	350,000.00	5,160.00		\$ 1,806,000,000.00	
UG2	Manzana 5	Residencial VIS	1,100,000.00	44,250.00	83,730.00	\$ 48,675,000,000.00	\$ 83,085,000,000.00
		Parqueaderos	350,000.00	5,160.00		\$ 1,806,000,000.00	
	Manzana 6	Residencial VIP	950,000.00	34,320.00		\$ 32,604,000,000.00	
TOTAL				186,869.75		\$187,735,645,050.00	

Para el cálculo de los costos indirectos de construcción se tomó como referencia los parámetros que se esbozan en la **Tabla 25**. Parámetros para cálculo de costos indirectos de construcción, que se calculan en función de los costos de ventas por cada unidad de gestión. La estimación de los Costos Indirectos de Construcción, se consignan en la **Tabla 26**.



Tabla 25. Parámetros para cálculo de Costos Indirectos de Construcción.

Costos Indirectos	Porcentaje Sobre Ventas
Honorarios	7.00%
Impuestos	4.80%
Gastos administración	0.30%
Gastos de Ventas	2.10%
Financieros	3.00%
Aprovechamiento Urbanístico Adicional	1.00%
TOTAL	18.20%

Tabla 26. Costos Indirectos de Construcción.

	Manzanas propuestas	USO	Porcentaje sobre Ventas	Ingresos proyectados por ventas		Costos Indirectos proyectados	
				Ingresos Ventas Manzana	Ingresos Ventas UG	Costos Indirectos Manzana	Costos Indirectos Ventas UG
UG1	Manzana 1	Comercial y servicios	18.20%	\$ 9,376,345,755.00	\$162,772,120,770.00	\$ 1,706,494,927.41	\$ 29,624,525,981.00
		Parqueaderos	18.20%	\$ 843,375,015.00		\$ 153,494,252.73	
	Manzana 3	Residencial VIS	18.20%	\$ 72,072,000,000.00		\$ 13,117,104,000.00	
		Parqueaderos	18.20%	\$ 3,070,200,000.00		\$ 558,776,400.00	
	Manzana 4	Residencial VIS	18.20%	\$ 74,340,000,000.00		\$ 13,529,880,000.00	
		Parqueaderos	18.20%	\$ 3,070,200,000.00		\$ 558,776,400.00	
UG2	Manzana 5	Residencial VIS	18.20%	\$ 74,340,000,000.00	\$128,890,220,592.00	\$ 13,529,880,000.00	\$ 23,458,020,147.74
		Parqueaderos	18.20%	\$ 3,070,200,000.00		\$ 558,776,400.00	
	Manzana 6	Residencial VIP	18.20%	\$ 51,480,020,592.00		\$ 9,369,363,747.74	
TOTAL				\$291,662,341,362.00		\$53,082,546,128.00	

Una vez calculados los valores correspondientes a: proyección de ventas, cargas y costos directos e indirectos de construcción, se procede a realizar el balance del plan parcial, y a calcular el valor residual del suelo, para ello se toma los valores obtenidos por cada una de las unidades de gestión propuestas. Este valor se obtiene mediante el método residual⁸, a partir de la fórmula:

⁸ El artículo 4 de la Resolución 620 de 2008 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi define el método residual como aquel “que busca establecer el valor comercial del bien, normalmente para el terreno, a partir de estimar el monto total de las ventas de un proyecto de construcción, acorde con la reglamentación urbanística vigente y de conformidad con el mercado del bien final vendible, en el terreno objeto de avalúo. Para encontrar el valor total del terreno se debe descontar al monto total de las ventas proyectadas, los costos totales y la utilidad esperada del proyecto constructivo.



Valor Residual del Suelo = Ventas Estimadas - (Egresos Totales + Utilidad Neta Esperada)

Para el Plan Parcial La Macarena la utilidad neta mínima esperada es del 4%. En la

Tabla 27 se presenta el balance del plan parcial y el cálculo del valor residual del suelo.

Tabla 27. Balance del Plan Parcial y el cálculo del valor residual del suelo.

ITEM	UG1	UG2	PLAN PARCIAL	% PARTICIPACION EN VENTAS
Ingresos proyectados por ventas	\$ 162,772,120,770.00	\$ 128,890,220,592.00	\$ 291,662,341,362.00	100%
Costos Directos de Construcción	\$ 104,650,645,050.00	\$ 83,085,000,000.00	\$ 187,735,645,050.00	64.37%
Costos Indirectos de Construcción	\$ 29,624,525,981.00	\$ 23,458,020,147.74	\$ 53,082,546,128.74	18.20%
Cargas	\$ 13,531,793,963.20	\$ 16,650,589,202.40	\$ 30,182,383,165.60	10.35%
Utilidad Esperada 4%	\$ 6,510,884,830.80	\$ 5,155,608,823.68	\$ 11,666,493,654.48	4.00%
Valor Residual	\$ 8,454,270,945.00	\$ 541,002,418.18	\$ 8,995,273,363.18	3.08%
Area de Terreno m2	59,089.08	53,333.14	112,422.22	
Valor residual por m2	\$143,076.71	\$10,143.83	\$80,013.30	

Al obtener el valor residual del suelo y tener un balance del plan parcial positivo, se procede a realizar el reparto de cargas y beneficios, que es uno de los principios fundamentales de la Ley 388 de 1997, constituyéndose como el mecanismo mediante el cual se garantiza que cada participante de un plan parcial, obtenga una participación en los beneficios en la misma proporción de su participación en los aportes.

Para realizar el reparto de cargas y beneficios, se toma cada una de las unidades de gestión propuestas y se hace su equiparación de cargas y beneficios, con su aporte. A continuación, se presentan los lineamientos para el reparto económico de cargas y beneficios entre las unidades que conforman el Plan Parcial La Macarena:



- **Identificación del aporte por Unidad de Gestión**

Los aportes son el valor económico de:

- Los predios (el valor del suelo) que conforman cada Unidad de Gestión
- Aportes en dinero para la construcción y desarrollo de las cargas urbanísticas que asume cada Unidad de Gestión

- **Definición de los beneficios por Unidad de Gestión**

Los beneficios son los metros cuadrados que permite la norma urbanística adoptada por el plan parcial, que en términos económicos se traducen en las ventas estimadas de los diferentes productos inmobiliarios.

- **Balance entre los aportes y los beneficios**

Para cada U.G. se hace el balance de su participación en aportes comparadas con sus beneficios, para detectar los desequilibrios entre los beneficios y los aportes que le corresponden a cada Unidad de Gestión y entrar a corregirlos.

- **Reparto**

Los ajustes de los desequilibrios cuando una unidad no guarda relación entre los beneficios y cargas se pueden equilibrar realizando los siguientes ajustes:

- Aumentando los aportes a cargas
- Disminuyendo los beneficios
- Realizando compensaciones en dinero, suelo o metros cuadrados construidos
- La combinación de una o varias de las anteriores, siempre que se logre la proporcionalidad que requiere el reparto



En la **Tabla 28** se realiza el proceso de reparto equitativo de cargas y beneficios entre las unidades de gestión del Plan Parcial La Macarena. Partiendo de un valor comercial del suelo por m² de \$80,013.30 (COP 2023).

Tabla 28. Reparto de cargas y beneficios Plan Parcial La Macarena.

SUELO	UG1	UG2	Total
Area en m2	59,089.08	53,333.14	112,422.22
Valor m2 compra proyectado al año 2023	\$80,013.30	\$80,013.30	
Valor total	\$ 4,727,912,572.61	\$ 4,267,360,790.57	\$ 8,995,273,363.18

	UG1	UG2	Total
Aporte de Cargas	13,531,793,963.20	16,650,589,202.40	30,182,383,165.60
Aporte en Suelo	4,727,912,572.61	4,267,360,790.57	8,995,273,363.18
Total Aporte	18,259,706,535.81	20,917,949,992.97	39,177,656,528.78
Porcentaje de Aporte	46.6%	53.4%	100%

Beneficios (Ventas Proyectadas)	162,772,120,770.00	128,890,220,592.00	291,662,341,362.00
Porcentaje de Beneficios	55.8%	44.2%	100%

Balance			
%Beneficios - % Aporte	9.2%	-9.2%	0%

Equilibrio			
Total Aporte	18,259,706,535.81	20,917,949,992.97	39,177,656,528.78
Financiamiento %Balance * Total Aportes	3,604,721,385.22	-3,604,721,385.22	0.00
Total Aporte en equilibrio	21,864,427,921.03	17,313,228,607.75	39,177,656,528.78
Porcentaje de Aporte en equilibrio	55.8%	44.2%	100%

De esta forma se concluye que la Unidad de Gestión 1 deberá realizar un aporte del 55.8% sobre las cargas urbanísticas, de igual manera la participación de los predios integrantes de esta unidad de gestión deberá realizar su aporte, conforme a su porcentaje de participación en el suelo del plan parcial. La misma conclusión se aplica para la Unidad de Gestión 2, que deberá realizar un aporte



del 44.2% sobre las cargas urbanísticas del plan parcial y sus predios integrantes realizaran su aporte conforme a su porcentaje de participación en el suelo del plan parcial.

La repartición de beneficios se realizará acorde al porcentaje de participación de cada una de las unidades de gestión en los beneficios finales obtenidos por las ventas de los productos inmobiliarios, los beneficios obtenidos se repartirán entre los predios integrantes de cada unidad de gestión en forma proporcional a su participación en el suelo del plan parcial.

3.5.1.11. Valor total del proyecto.

El valor total estimado para el Plan Parcial La Macarena es de \$ 279,995,847,707.52 (COP 2023) y se discrimina en la **Tabla 29**.

Tabla 29. *Valor Total del Plan Parcial La Macarena.*

	Valor Unitario
Costos Directos de Construcción	187,735,645,050.00
Costos Indirectos de Construcción	53,082,546,128.74
Cargas Urbanísticas	26,762,788,000.00
Cargas Generales	3,419,595,165.60
Valor del Suelo	8,995,273,363.18
Valor total	279,995,847,707.52

3.5.2. Estrategia de gestión y financiación.

El Plan Parcial la Macarena está planeado para que su principal fuente de financiación sean los ingresos derivados de las ventas de los productos inmobiliarios propuestos para cada una de las unidades de gestión.

Los recursos para la financiación del plan parcial provienen en su mayoría de los aportes privados, que realizaran los propietarios del suelo, que ascienden al 98% del valor total del plan parcial. El 2% correspondiente al valor de cargas generales, por concepto de redes de servicios y



acondicionamiento de vías, que deberá ser financiado a través de las tarifas de servicios públicos y aportes del municipio que se propone se financien a través de instrumentos de financiación como valorización, predial, participación en plusvalía o por la inversión de los recursos provenientes del valor por concepto de aprovechamiento urbanístico adicional que se sugiere sean invertidos en la construcción y acondicionamiento de las vías con carácter de cargas generales.

Para el proceso de gestión del Plan Parcial La Macarena se creará un Equipo Gestor, que realizara la gestión asociada de los propietarios de los inmuebles que conforman las unidades de gestión, y también será el encargado de canalizar los recursos provenientes por parte de inversionistas interesados en financiar el plan parcial.

La duración de la ejecución del plan parcial se estima en 20 años.

3.5.3. Instrumentos legales aplicables para la financiación del plan.

Como se planteó en el numeral anterior los instrumentos legales de financiación para el plan parcial son:

- Impuesto predial
- Impuesto por valorización
- Participación en plusvalía
- Entrega anticipada de cesiones de suelo con el fin de adelantar las obras correspondientes a cargas generales.

3.6. SERVICIOS PÚBLICOS

Servicios públicos son todas aquellas actividades llevadas a cabo por los organismos del Estado o bajo el control y la regulación de este, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de una colectividad.



Los servicios públicos son una función de Estado, puesto que el Estado no es sino una corporación de servicios públicos administrados por los gobernantes sobre quienes recae, a su vez, la función y la obligación de crear, organizar y garantizar el adecuado funcionamiento de los servicios públicos. En este sentido, los servicios públicos son exigidos o contemplados por la propia legislación de cada Estado, en la cual se contemplan las actividades y prestaciones permitidas u obligatorias en un país.

Los servicios públicos son administrados por el Estado a través de instituciones públicas creadas para tales fines, aunque también pueden recaer en las empresas privadas, siempre y cuando estas se sujeten al control, vigilancia y fiscalización del Estado, y cumplan con las normas y leyes vigentes, la Empresa que cumple esta función en el municipio de Pasto es la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A.E.S.P. S.A. E.S.P.

Esta entidad pública es la encargada de llevar agua potable a más de 350.000 habitantes. Se destaca por su moderna infraestructura, la calidad de su servicio y sus labores en responsabilidad social. Después de la inauguración de la planta Centenario, a principios de los años cuarenta, se creó en 1959 Acuanariño, la primera empresa de acueducto del departamento. Años después, el nombre de la compañía cambió, pero su función seguía siendo la misma: hacer un manejo integral del agua y del territorio, para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, con calidez, sostenibilidad y equidad socioambiental y financiera.

Años más tarde, Acuanariño se llamó Acuapasto. Y finalmente, en 1977, la compañía adoptó el nombre con el que los pastusos la identifican hoy por hoy: Empresa de Obras Sanitarias de Pasto, EMPOPASTO S.A.E.S.P. Mantenerse 40 años como una entidad pública no ha sido un asunto sencillo, pero con esfuerzo y voluntad política han conservado el lema “agua para toda la vida”, que no solo significa permanencia del servicio, sino garantía de que toda la comunidad debe tener acceso al recurso hídrico.

En la actualidad, EMPOPASTO S.A.E.S.P. opera cuatro plantas de tratamiento de agua potable. La planta Centenario abastece al 80 por ciento de los usuarios. Con Mijitayo y San Felipe, producen



mensualmente cerca de 1,5 millones de metros cúbicos de agua para proveer con suficiencia a cerca de 400.000 habitantes de la ciudad.

De la misma forma, la planta de Guadalupe presta el servicio en las zonas de expansión de Aranda y Jamondino, priorizadas por el Plan de Ordenamiento Territorial para el desarrollo urbanístico de Pasto. Esto constituye un sistema de respaldo que garantiza seguridad hídrica a toda el área de prestación de servicio de la empresa.

Igualmente, para la distribución del líquido vital, EMPOPASTO S.A.E.S.P. cuenta con una red de más de 500 kilómetros en acueducto y una extensión similar en alcantarillado, el cual es objeto de mejoramiento permanente, con proyectos como Vive tu barrio, en el que la empresa lleva toda su oferta institucional a barrios y comunas.

Con este proyecto se da a conocer el plan integral de reposición de redes, que mejora la capacidad hidráulica en acueducto e incluye obras de alcantarillado separado, es decir, de aguas lluvias y residuales de manera independiente, con el fin de prevenir inundaciones y mantener el bienestar de la comunidad.

Por otra parte, la empresa Centrales Eléctricas De Nariño es la electrificadora Nariñense, que fue constituida el 9 de agosto de 1955, mediante escritura pública número 2059 de la Notaria Cinco del Circuito de Bogotá y aprobada por la Superintendencia de Sociedades, mediante la Resolución 1055 del 24 de octubre de 1955.

El suministro de energía antes de la creación de CENTRALES ELECTRICAS DE NARIÑO, se realizaba mediante pequeñas plantas hidráulicas, cuyas capacidades estaban entre 20 y 50 Kw año; de esta manera los municipios que disponían del servicio de energía eran; Cumbal, El Tambo, Consaca, San José, Buesaco, Linares, Contadero, Potosí y Ricaurte. Estas plantas fueron construidas con la participación de los municipios respectivos y el Departamento.



El suministro de energía eléctrica para la ciudad capital se efectuó mediante la empresa eléctrica de Pasto, creada por don Julio Bravo, con una planta construida sobre el Río Pasto, que fue puesta en operación en 1948, con una capacidad de 2000 Kw amperios.

La Empresa se constituye en una Sociedad Anónima con la participación de varios accionistas y se da impulso a partir de ese momento a varios proyectos de gran envergadura que han permitido el suministro de energía eléctrica no solo a la capital del Departamento de Nariño, sino a los demás municipios.

3.6.1. Lineamientos de los instrumentos de planificación

3.6.1.1. Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua PUEAA.

La ley 373 de 1997 reglamenta el “Programa para el uso eficiente y ahorro del agua” -PUEAA- como el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

Esta norma se articula de manera directa con los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, reglamentados mediante las Resoluciones 1433 de 2004 y 2145 de 2005, que a su vez tienen relación directa con el Plan Departamental de Agua.

El Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA), es el Conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico (Artículo 1 Ley 373 de 1997).

3.6.1.2. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos.

Mediante la resolución 1433 del 27 Diciembre de 2004, el MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL - MAVDT reglamentó el artículo 12 del decreto 3100 de 2003 sobre PSMV, en el que se establece que: los prestadores del servicio público de alcantarillado que están sujetos al pago de la tasa retributiva, deberán presentar ante la Autoridad



Ambiental competente su Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, a partir del establecimiento de los Objetivos de Calidad de la Cuenca correspondiente.

Por lo tanto, es el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, los cuales deberán estar articulados con los objetivos y las metas de calidad y uso que defina la autoridad ambiental competente para la corriente tramo o cuerpo de agua. El PSMV será aprobado por la autoridad ambiental competente.

El Plan Parcial La Macarena se articula al Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos toda vez que establece que tanto las aguas residuales como pluviales deben evacuarse por medio de las redes de alcantarillado operadas por EMPOPASTO S.A.E.S.P.

- ***Factibilidad de extensión de cobertura y optimización de los servicios públicos***

La factibilidad o disponibilidad de servicios públicos es un documento mediante el cual se establecen las condiciones técnicas, jurídicas y económicas que permitan ejecutar la infraestructura de servicios públicos dentro de procesos de urbanización que se adelanten mediante un plan parcial. Es responsabilidad de la empresa prestadora del servicio emitir este certificado, previa solicitud del usuario o del urbanizador-constructor, toda vez que es el interesado en desarrollar los predios contemplados dentro de un plan parcial como área de expansión urbana.

Para el área del Plan Parcial La Macarena, se solicita la factibilidad a EMPOPASTO S.A.E.S.P, CEDENAR y ALCANOS DE COLOMBIA S.A.E.S.P con la finalidad de tener certeza frente al punto de conexión o empalme al que se tenga que llegar, en este documento se dará una posibilidad de conexión, sin ser la definitiva, dado que, como se dijo anteriormente, es la empresa prestadora del servicio quien tiene el concepto técnico definitivo.

3.6.1.3. Acueducto y Alcantarillado.



De acuerdo a la Factibilidad De Servicios De Acueducto y Alcantarillado entregada, mediante oficio número 20213300084221 del día miércoles 25 de agosto de 2021 emitido por la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A.E.S.P., se certifican la factibilidad de prestar el servicio de acueducto y alcantarillado en el área del Plan Parcial La Macarena – Sector Aranda.

De acuerdo a la Factibilidad De Servicios De Acueducto y Alcantarillado entregada a la Secretaría de Planeación Municipal, mediante oficio número 20157300191611 del día miércoles 11 de noviembre de 2015 emitido por la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A.E.S.P., se certifican los lineamientos técnicos referentes a la existencia y posibilidad de prestar el servicio de acueducto y alcantarillado en el área que comprende el Plan Parcial Aranda.

De acuerdo al oficio citado anteriormente, se establecen las alternativas de conexión de acueducto y alcantarillado pluvial y sanitario, alternativas dadas como respuesta al oficio de solicitud de factibilidad de servicios de acueducto y alcantarillado para el Plan Parcial Aranda solicitado por la Secretaría de Planeación Municipal a la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A.E.S.P., el responsable del proyecto deberá solicitar la disponibilidad de servicios y bases técnicas, quien entregará un documento técnico que defina los puntos definitivos de conexión al alcantarillado sanitario y pluvial y las especificaciones técnicas para las conexiones domiciliarias que se tengan que realizar, a su vez entregará también las especificaciones técnicas para la acometida de acueducto.

Actualmente la planta de Guadalupe presta el servicio en las zonas de expansión de Aranda y Jamondino y tiene como cota máxima para la prestación del servicio de acueducto los 2700 msnm.

- **Alternativas de conexión:**

- **Acueducto:**

Sector hidráulico: Aranda Expansión – Línea de Conducción Centenario – Cujacal Bajo

Cota máxima de servicio: 2700 msnm

Tubería: PVC Diámetro Nominal 250 mm (10 Pulgadas)

Punto: Tramo de acueducto T015046

Coordenadas (Sistema Colombia West Zone - CWZ):



E = 978366.59 m N = 628204.23 m

E = 978348.00 m N = 628084.94 m

– **Alcantarillado sanitario:**

Alternativas para la conexión de alcantarillado sanitario.

Pozo de inspección No. C13055

Tubería: PVC 20 Pulgadas

Localización: Avenida Aranda

Coordenadas (Sistema CWZ): E= 978352.15 N= 628082,54

Profundidad: 3.33 m

Cota rasante: 2631.29 msnm

Pozo de inspección No. C13052

Tubería: PVC 20 Pulgadas

Localización: Avenida Aranda

Coordenadas (Sistema CWZ): E= 978359.89 N= 628168,41

Profundidad: 3.99 m

Cota rasante: 2636.8 msnm

– **Alcantarillado pluvial**

Alternativas para la conexión de alcantarillado pluvial.

Pozo de inspección No. C12985

Tubería: GRP 60 Pulgadas

Localización: Avenida Aranda

Coordenadas (Sistema CWZ): E= 978354.94 N= 628086,41

Profundidad: 4.36 m

Cota rasante: 2631.45 msnm

Pozo de inspección No. C12983

Tubería: GRP 60 Pulgadas

Localización: Avenida Aranda

Coordenadas (Sistema CWZ): E= 978363.45 N= 628171,63



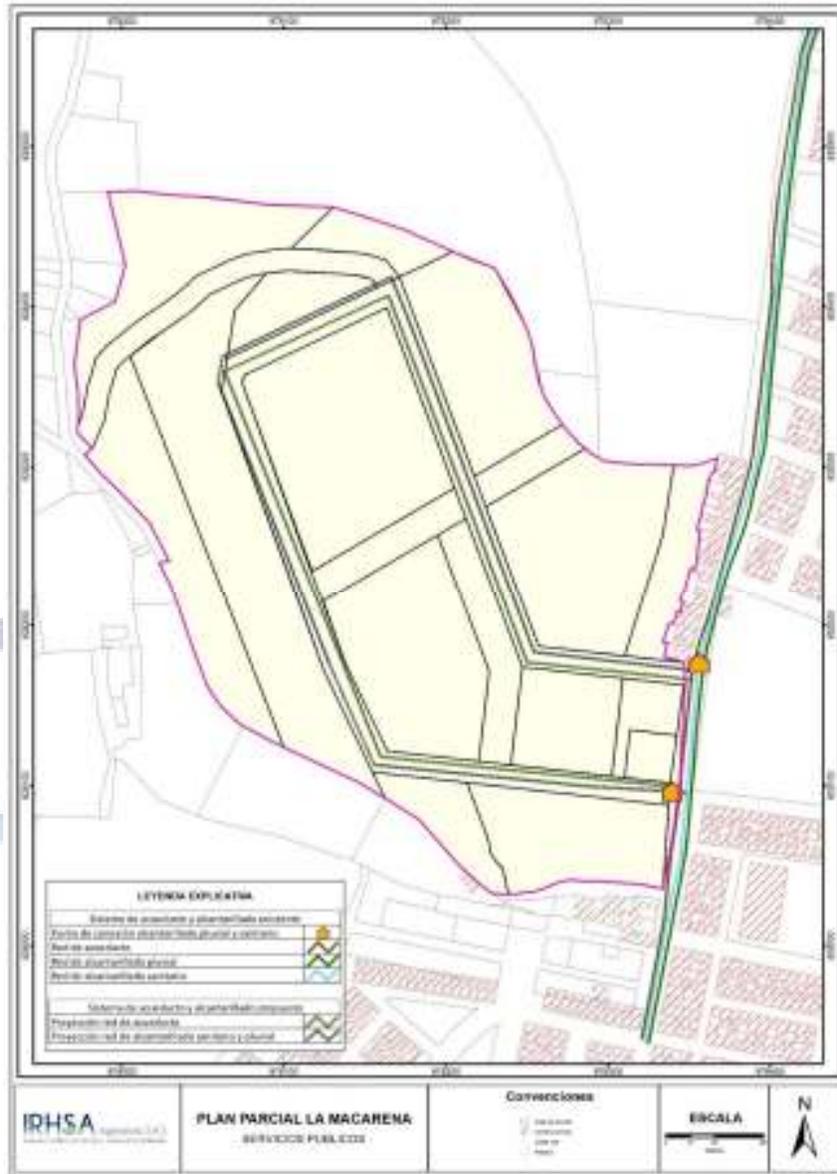
Profundidad: 4.85 m

Cota rasante: 2636.83 msnm

A continuación, en la **Figura 11** se presenta la proyección de las redes de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial hasta la conexión con la infraestructura operada por la empresa prestadora del servicio quien definirá los aspectos técnicos, toda vez que es la responsable de garantizar el servicio a los usuarios en las áreas consolidadas de la ciudad y en las áreas de expansión.

Figura 11. *Proyección de redes de acueducto, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial.*





- **Lineamientos Técnicos y Legales**

Con el fin de garantizar el uso racional del recurso hídrico, la utilización del agua potable deberá proyectarse exclusivamente para las actividades relacionadas con el consumo humano. No se permitirá su uso para riego de tipo agrícola o pecuario, lavado de edificaciones o vehículos.

Los diseños de los sistemas de acueducto y alcantarillado del proyecto, deberán contemplar lo especificado en la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, expedida por el Ministerio de Vivienda,

Ciudad y Territorio, por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS.

Para la cuantificación de los consumos de agua potable del proyecto, se debe contemplar la instalación de un macromedidor para su lectura periódica, enseguida del punto de empalme al sistema de acueducto; cuya clase metrológica deberá ser mínimo R800.

Se deberá proyectar las estaciones hidráulicas necesarias para controlar las presiones de servicio y si fuera el caso el nivel de los tanques de almacenamiento de agua del Plan Parcial; las cuales deberán estar dotadas de una válvula principal de control, válvulas de cierre, válvulas ventosas, filtro en yee, salidas para instalación de manómetros, bypass con válvula de cierre y un piloto conectado a la válvula de flotador. Estos sistemas deberán protegerse mediante estructuras o cámaras de inspección de concreto reforzado, con tapa metálica y escalones de acceso.

Tanto en las instalaciones sanitarias internas como en las redes externas, se debe separar los sistemas de recolección y evacuación de las aguas residuales y pluviales. No se permite verter las aguas lluvias a los drenajes sanitarios o viceversa.

Los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial del Plan Parcial, deberán proyectarse bajo los criterios de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS).

- **Lineamientos generales para la implementación de los sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS.**

La implementación de los sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS, como sistemas alternativos de drenaje que hacen parte de la infraestructura urbana del plan parcial.

- **Objetivo implementación de los sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS.**

Reducir los efectos de inundaciones por medio de la retención y/o detención del agua de escorrentía a través de estructuras y/o tipologías diseñadas para promover la infiltración, mejorar la calidad del



agua que le llega a los cuerpos receptores, incentivar el reúso de agua, generar amenidad y paisajismo.

- **Beneficios de la implementación de los sistemas urbanos de drenaje sostenibles SUDS.**

- Preservación de áreas naturales y las funciones hidrológicas naturales creando paisajes multifuncionales.
- Integración de estrategias para el manejo de la escorrentía desde etapas iniciales de planeación y diseño.
- Reducción de costos de construcción y mantenimiento de la infraestructura de drenaje convencional de escorrentía.

- **Tipologías de los sistemas de drenaje sostenible SUDS aplicables al plan parcial.**

Para el caso específico del Plan Parcial La Macarena, se deberá contemplar en su desarrollo urbanístico la implementación de pavimentos permeables en las zonas de tráfico vehicular bajo en zonas residenciales y áreas como parqueaderos, considerando la implementación de cunetas verdes, trincheras de infiltración en zonas verdes, zonas de biorretención en los entornos urbanos y en áreas de espacio público.

3.6.1.4. Redes Eléctricas.

El día 3 de noviembre de 2021 CEDENAR S.A. E.S.P. certifica mediante oficio la disponibilidad de energía en media tensión, manifestando la disponibilidad total, inmediata y continua de energía en nivel de tensión 3 (34.5kV) para la carga solicitada en el nodo de conexión.

Carga solicitada: 3500 kVA

Número de usuarios: 2700

Subestación: JAMONDINO



Circuito: 41JA15CH

Nodo de conexión físico más cercano: MP53581 Nodo de conexión eléctrico más cercano:
MVEL65804-1

Red de M.T. existente: Aérea

Coordenadas: 1°14'03.11" N -77°16'25.07" W

Coordenadas punto de conexión: 1°14'28.50" N 77°15'49.50" W

Regulación de voltaje neto: 0,53%

Corriente de falla trifásica balanceada: 1,762 kA

Corriente de falla monofásica: 1,713 kA

Vigencia: 1 Año de acuerdo al Artículo 30 de la Resolución CREG 156 de 2011.

Para hacer efectiva esta disponibilidad de energía, el proyecto a construir debe cumplir con todos los requerimientos de construcción, con la Norma técnica NTC 2050 y con el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE. El correspondiente diseño debe ser presentado a CEDENAR S.A. E.S.P. para su revisión y aprobación de la División de Operaciones.

En cuanto a interferencias para el desarrollo urbanístico del área de estudio, en el Plan Parcial La Macarena se encuentra la presencia de redes eléctricas y por lo tanto una zona de servidumbre con una extensión de 5.413,3 mt², tal como se observa en la **Figura 12**, la cual va a ser un elemento estructurante en la propuesta urbana del Plan Parcial.

Figura 12. Servidumbre de redes de energía eléctrica.



3.6.1.5. Redes de Gas domiciliario.

Mediante certificación de ALCANOS DE COLOMBIA S.A. E.S.P. manifiesta que una vez realizado el estudio y analizadas las condiciones técnicas, para adelantar trámites para la instalación de redes de gas natural domiciliario con destino al Plan Parcial La Macarena – Sector Aranda, es viable la disponibilidad del servicio.

IRHSA



4. ASPECTOS AMBIENTALES

De acuerdo a los lineamientos establecidos por la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, en el cual se establecen las determinantes ambientales para la formulación del “Plan Parcial La Macarena” se formula este documento técnico que atiende los requerimientos y aspectos relevantes establecidos por la Corporación, toda vez que es responsabilidad de la Alcaldía de Pasto y a su vez de la Secretaría de Planeación Municipal, realizar la evaluación de todos los componentes urbanísticos, ambientales, geotécnicos, servicios públicos y en general todos los componentes que garanticen un ambiente apto que permita el desarrollo de la ciudad, generando ambientes sanos y agradables para una sana convivencia y un buen vivir en la ciudad de San Juan de Pasto.

4.1. BASE CARTOGRÁFICA

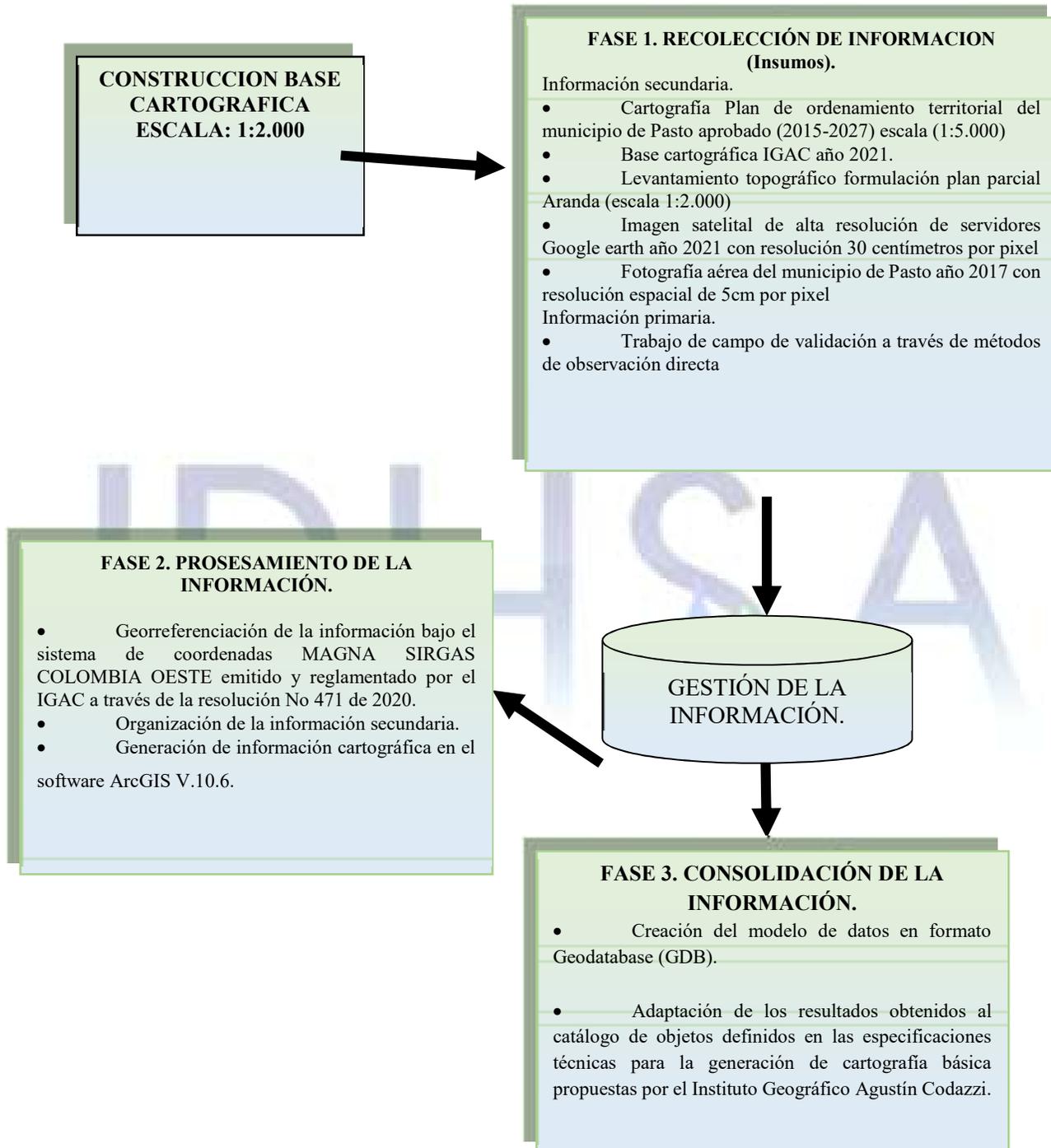
4.1.1. Metodología

La cartografía es considerada como la ciencia aplicada que se encarga de reunir, realizar y analizar medidas y datos de regiones de la tierra, para representarlas gráficamente con diferentes dimensiones lineales (Raisz, 2005). Siguiendo esta concepción es indispensable incluir en todos los estudios técnicos y científicos esta ciencia, pues de ella depende la adecuada representación de los elementos del territorio de tal manera que se puedan definir en un contexto más amplio incluso si están fuera de nuestro campo visual, a través de ello se pueden generar conocimientos precisos de lo que se quiere estudiar además de establecer parámetros y medidas que permitan realizar estudios óptimos apoyados en las nuevas tecnologías.

La sistematización de la cartografía tradicional a través de programas especiales ofrecen un sinnúmero de herramientas para realizar procesos, así mismo la teledetección juega un papel fundamental pues de esta depende la representación gráfica de la superficie terrestre por medio de imágenes satelitales permitiendo realizar actuaciones adecuadas sobre el territorio, sin embargo como todo proceso requiere un orden que nos lleve a un resultado esperado es por ello que es necesario realizar un proceso metodológico adecuado.



Figura 13. Esquema metodológico.



Para llevar a cabo un proceso exitoso de generación de cartografía se requiere ser minucioso en la obtención y generación de insumos de los cuales dependerá el resultado final, en este sentido es indispensable realizar actividades de reconocimiento a través de trabajo de campo, hacer contrastes de información con el fin de ejecutar análisis comparativos que lleven a determinar la veracidad y confiabilidad de la información a utilizar, el nivel de detalle para llegar a una escala 1:2.000 es riguroso por ende se requiere seguir unas fases las cuales para el presente estudio se han definido en tres y se presentan a través de la **Figura 13**.

4.1.2. Resultados

Los resultados obtenidos radican en la generación del insumo base para la elaboración del estudio, definiendo los detalles cartográficos ajustados y organizados de acuerdo a la metodología expuesta con los contenidos técnicos que se requieren para la escala 1:2.000, cabe resaltar que la cartografía es un factor fundamental de análisis del territorio es por ello que se debe manejar la mayor rigurosidad técnica pues de ésta depende la correcta delimitación de las áreas, que con la aplicación de los demás estudios van a tener un tratamiento especial, y determinar la viabilidad de las actuaciones urbanísticas.

4.1.2.1. Fase 1. Recolección de información.

- **Información secundaria.** En el proceso de búsqueda y recolección de información secundaria con la colaboración de todos los actores involucrados mediante la gestión de datos se obtuvieron los siguientes productos:
 - Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Pasto: Construido en el año 2015 y vigente hasta la fecha, de la información suministrada se tomó como referencia las capas que constituyen el plano base a escala 1:5000; con el fin de tener el punto de partida para construir la cartografía en escala 1:2.000.



- Base cartográfica IGAC: Con este referente se puede determinar la situación catastral con el fin de tener una determinación clara de los predios que se encuentran dentro del área de estudio, este insumo es fundamental porque permite la identificación de elementos ambientales y administrativos para una visión amplia del sector y todos sus componentes. La información se obtuvo a través del geo portal IGAC para el año 2021.
- Plan Parcial Aranda. En la formulación del plan parcial Aranda se realizó el levantamiento topográfico con un alto nivel de detalle, lo cual permite generar insumos de trabajo como la nube de puntos topográfica para la generación de curvas de nivel y modelos digitales de elevación de 1 metro de resolución aplicando métodos de triangulación.
- Imágenes satelitales de alta resolución. La resolución de una imagen satelital es directamente proporcional a la medida del pixel, es por ello que son consideradas imágenes de mayor resolución las que poseen un número inferior a diez metros por pixel, lo que permite procesar información con datos precisos, fiables y actualizados que ofrecen enormes ventajas para la detección, éstas imágenes permitirán el apoyo en la identificación de elementos naturales y artificiales y garantizarán la correcta referencia espacial, para el presente estudio se utilizó una imagen Google de resolución espacial de 30 cm por pixel.
- Fotografías aéreas. Las imágenes aéreas para el presente estudio se tomaron en el año 2017 y tienen en una resolución espacial de 5 centímetros por pixel.

La relación de la información obtenida se presenta en la siguiente tabla:



Tabla 30. Relación de información gestionada.

Producto	Contenido	Entidad facilitadora
Cartografía plan de ordenamiento territorial 2020—2027 municipio de Pasto.	Geodatabase con todas las capas temáticas urbanas y rurales de diagnóstico y formulación del instrumento de planificación territorial. Escala 1:5.000	ALCALDIA DE PASTO
Base cartográfica IGAC 2021.	Información geográfica y catastral base que incluye elementos de terreno drenajes, construcciones, vías.	INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI
Levantamiento topográfico formulación Plan parcial Aranda.	Cartera de puntos topográfica con intervalo promedio de 1 metro. Escala 1:2.000	ALCALDIA DE PASTO
Fotografía aérea.	Imagen del área de estudio y elementos de terreno con una resolución espacial de cinco centímetros por pixel escala: 1:1.000.	ALCALDIA DE PASTO

- **Información primaria.** En la primera fase se logró la construcción de insumos base para la generación de cartografía a escala 1:2.000, el trabajo de campo se realizó rigurosamente y se identificaron los elementos de terreno correspondientes, así mismo se identificaron elementos los cuales no estaban registrados en la información preliminar, se complementó información con topografía en campo. Se actualizó la información previamente obtenida y con ello se verificaron todos los componentes que se encuentran en el área de estudio realizando la respectiva validación de datos.

4.1.2.2. Fase 2. Procesamiento de la información.

- **Georreferenciación de la información.** Las capas temáticas se trabajaron bajo el sistema de referencia MAGNA SIRGAS COLOMBIA OESTE, bajo los siguientes parámetros:



Sistema de referencia:

- Sistema de referencia horizontal: El marco geocéntrico nacional de referencia es MAGNA SIRGAS:

Tabla 31. *Parámetros sistema de referencia espacial.*

Parámetro	Valor
Proyección	Transversa de Mercator
Origen: Latitud	4,5
Meridiano central	-77,07
Falso: Este	1000000,0
Falso: Norte	1000000,0
Unidades	Metros
Factor de escala	1,0 metros.

- Sistema de referencia vertical. El sistema de referencia vertical será el que tiene origen en el mareógrafo de Buenaventura.
- **Organización de la información.** En esta fase se toman los datos previamente almacenados tanto en campo como en información secundaria se los organiza por carpetas de acuerdo a la naturaleza de la Información. Posteriormente se crea una file Geodatabase que permita almacenar datos sin perder detalles para su posterior procesamiento y continuidad, se almaceno la información en diferentes datasets.
- **Generación de información.** El sistema de coordenadas manejado es el mismo en todas las capas y corresponde a MAGNA SIRGAS COLOMBIA OESTE de acuerdo a los lineamientos establecido por el IGAC se establece una relación y ajuste de capas para que no haya traslapes y todo tenga perfecta relación para la generación de nuevas capas temáticas.



El ajuste de la escala se hace a partir de los insumos que se generarán producto del proceso de recolección de información, cabe resaltar que el IGAC tiene una guía de especificaciones técnicas para la generación de cartografía básica a escala 1:2.000 la cual se aplicará en este estudio. En ella menciona todos los elementos que se deben digitalizar a esta escala o nivel de detalle, así mismo los intervalos en las curvas de nivel y la representación gráfica de los elementos.

Para la generación de capas temáticas se realizaron diversos procesos de digitalización (generación de información en geometrías punto, polilínea, polígono), rectificación (Corrección de trazos), y ajuste (acople de todos los elementos) que permitieron pasar a la fase de consolidación como resultado final. Las capas base para la generación de cartografía se relacionan a continuación

Tabla 32. Capas cartografía base.

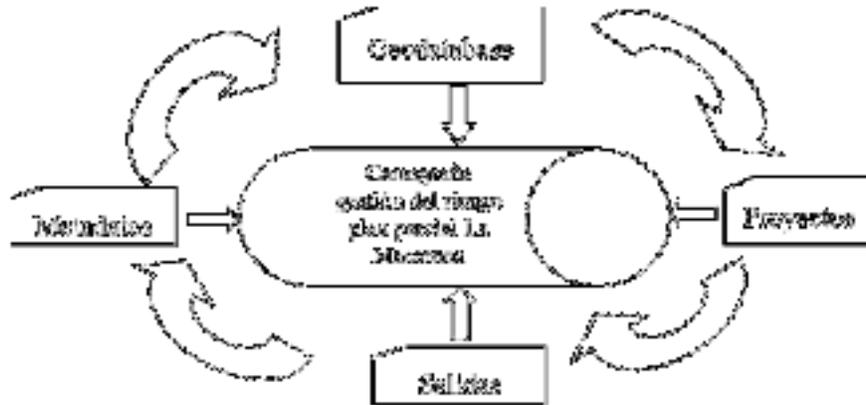
No.	Elemento	Proceso	Escala
2	Excentricidades	Digitalización punto	1:2000
3	Curvas de nivel	Digitalización punto	1:2000
4	Vías	Digitalización	1:2000
5	Urbano	Digitalización	1:2000
6	Topografía	Digitalización	1:2000
7	Escalas	Digitalización	1:2000

4.1.2.3. Fase 3. Consolidación de la información.

- **Creación del modelo de en una Geodatabase.** Se consolidó la información en una carpeta que contiene los resultados cartográficos del proyecto, en ella se encuentra la información en formato SHP y una file geodatabase en donde se agrupan y conectan todas las capas del proyecto, así mismo se organizó las salidas gráficas en formato PDF y JPG, con su respectiva información la cual corresponde a la elaboración misma del insumo (METADATOS), siguiendo los lineamientos brindados por la Alcaldía municipal de Pasto y la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO.



Figura 14. Esquema Geodatabase.



- **Adaptación de los resultados obtenidos al catálogo de objetos.** Una vez culminadas las fases preliminares se procede a unificar toda la información y generar un solo producto cartográfico denominado mapa base, siguiendo los lineamientos expuestos en las especificaciones técnicas para la elaboración de cartografía básica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi a escala 1:2.000, el cual en adelante será el insumo inicial para la generación de productos de los demás componentes. Las capas para la cartografía base se elaboraron de la siguiente manera:

Tabla 33. Construcciones.

0500011 4111-02	Hidrografía	Polígono		Área 1	
				Color	127,190,132 RGB
				Tamaño de línea	3 pt
				Color Solido 1	
				Color	711, 3, 4 RGB
				Tamaño	0,4 pt
				Angulo	15
				Fleco	1,0001 pt
				Área 2	
				Color	255,255,255 RGB
				Tamaño	3 pt
				Color Solido 2	
				Color	255,255,255 RGB

Tabla 34. Limite vial aproximado.

0500012-2-02	Limite vial Aproximado	Línea		Patrón	15-3
				Terminaciones	5 en verticales
				Posición	0 pt
				Tamaño	0,33 pt
				Color	150,150,150 RGB
				Color	0,255484 pt
				Color	59,120,153 RGB



Tabla 35. Vías.

Código del símbolo	Título	Geometría	Muestra Gráfica	Propiedad	Valor
C5810116-2-02	vía tipo 2	línea		Línea Interna	
				Patrón	G G
				Terminaciones	Con X Patrón
				Posición	+0,5 pt
C5810116-3-03	vía tipo 3	línea		Línea Interna	
				Patrón	G G
				Terminaciones	Con X Patrón
				Posición	+0,5 pt
C5810116-4-04	vía tipo 4	línea		Línea Principal	
				Patrón	G G
				Terminaciones	Con X Patrón
				Posición	+0,5 pt
				Línea Principal	
				Tamaño	1 pt
				Color	230,0,0 RGB

Tabla 36. Red de alta tensión.

Código del símbolo	Título	Geometría	Muestra Gráfica	Propiedad	Valor
C5241402-01	Red de Alta Tensión	Línea		Línea del símbolo cartográfico	
				Patrón	2 1 2 1 2 1 2 4
				Terminaciones	Sin Restricciones
				posición	0 pt
				Color	0,0,0 RGB
				Tamaño de línea	0,223161 pt
				Atenuación del símbolo cartográfico	
				Posición	1 pt
				posición	0,5 pt
				Terminaciones	Sin Restricciones
				Color	0,0,0 RGB
				Tamaño del punto	1,84 pt

Tabla 37. Curvas de nivel.

Código del símbolo	Título	Geometría	Muestra Gráfica	Propiedad	Valor
C5610119-1020-01	Indice	línea		Color	138,132,0 RGB
				Tamaño	0,71 pt
C5610119-1010-05	Información	Línea		Color	230,230,18 RGB
				Tamaño	0,85 pt

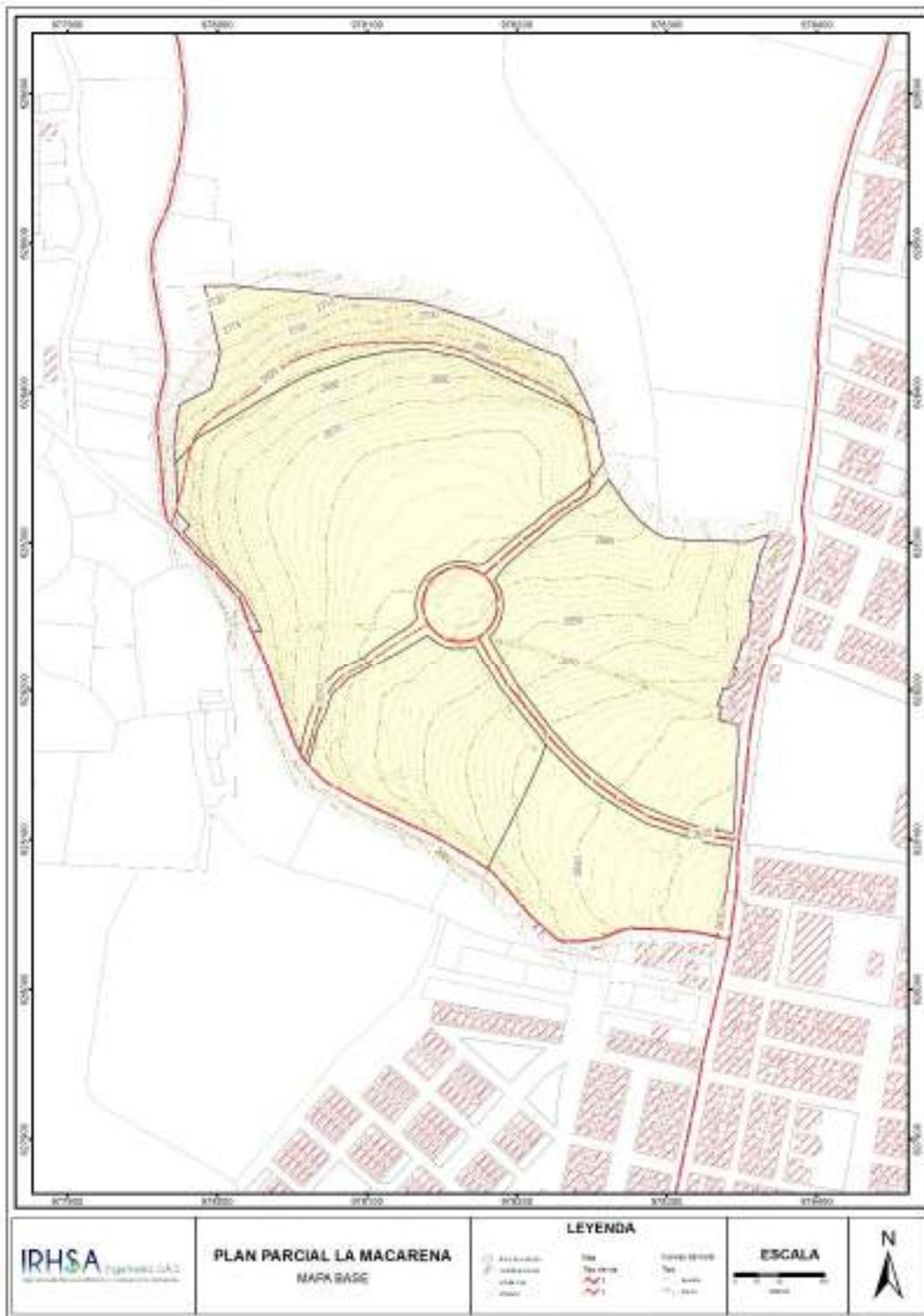
Tabla 38. Toponimia.

Código del símbolo	Título	Geometría	Muestra Gráfica	Propiedad	Valor
11850010-01	Nomenclatura	Punto		Tamaño	5 pt
				color Punto	Nul Color

Como resultado final del proceso se presenta el mapa base a escala 1:2.000 el cual guiará cartográficamente el desarrollo del proyecto en todas sus etapas. **Figura 15**



Figura 15. Mapa base.



4.1.3. Consolidación de la base cartográfica

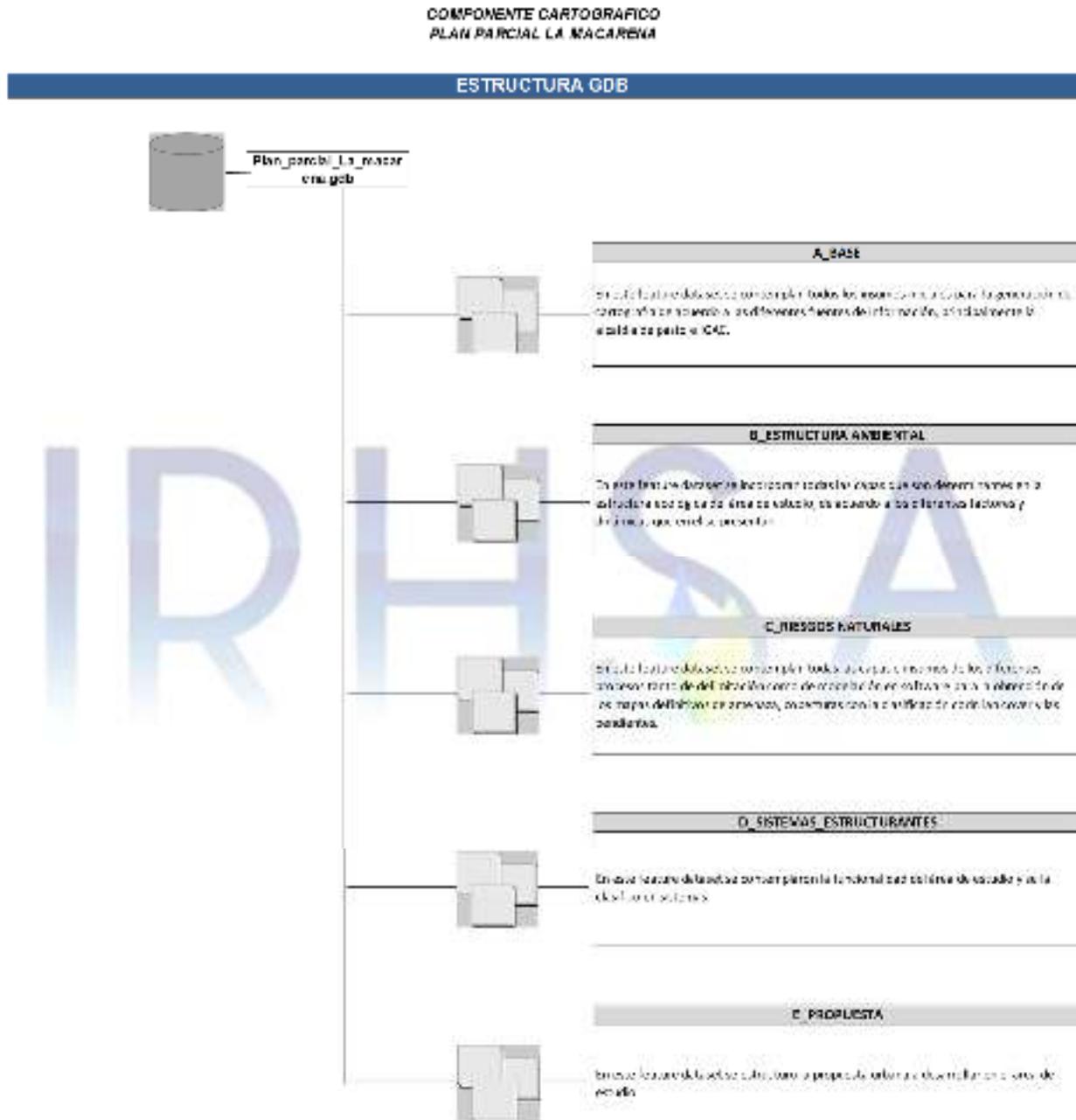
Para el desarrollo de la base cartográfica del plan parcial La Macarena se estructuraron cinco feature datasets listados alfabéticamente con sus correspondientes feature class, adicionalmente a ello se incorporaron los insumos utilizados para la generación cartográfica de productos.

- De forma general, el proceso de elaboración de la cartográfica temática se consideró lo siguiente:
- Verificación de la existencia de entidades espaciales dentro de las GDB y correspondencia con los objetos espaciales mínimos propuestos en el modelo de datos, para el contexto.
- Revisión de atributos de las entidades para adaptar el modelo de datos geográfico a la situación propia del estudio.
- Ajuste de geometría de las capas temáticas de acuerdo con el área de estudio.
- Validación topológica de todos los Features Class para verificar la consistencia lógica de los objetos geográficos.

La GDB se consolidó de la siguiente manera **Figura 16:**



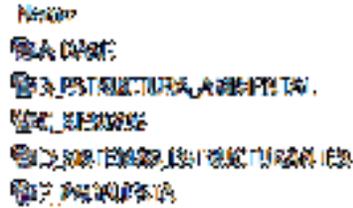
Figura 16. Consolidación GDB.



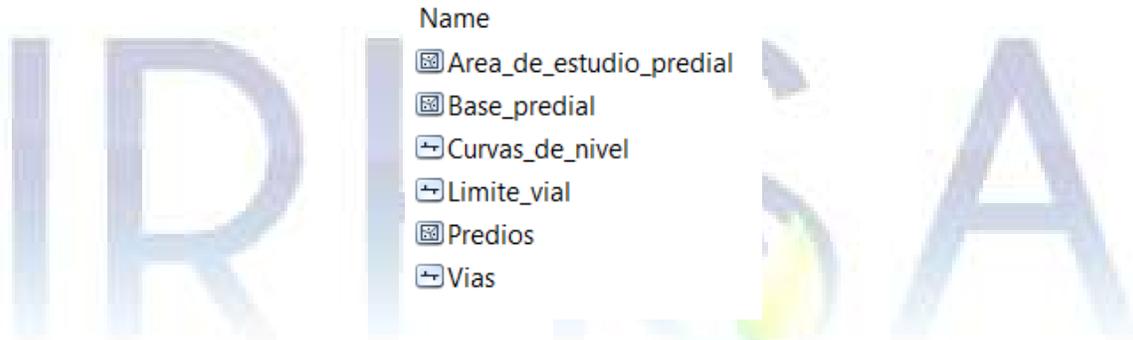
- **GEODATABASE (GDB)** es una estructura de datos nativa de ArcGIS, un almacenamiento físico para nuestra información geográfica al que podemos acceder mediante un sistema de



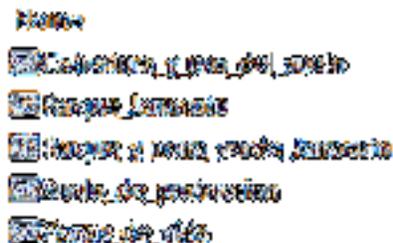
administración de bases de datos utilizando lenguaje SQL. Podemos decir que se trata de un “contenedor” para nuestros datos.



- **A_BASE.** En este feature dataset se contemplan todos los insumos iniciales para la generación de cartografía de acuerdo a las diferentes fuentes de información, principalmente la alcaldía de pasto e IGAC.



- **B_ESTRUCTURA AMBIENTAL.** En este feature dataset se incorporan todas las capas que son determinantes en la estructura ecológica del área de estudio, de acuerdo a los diferentes factores y dinámicas que en él se presentan.



- **C_RIESGOS NATURALES.** En este feature dataset se contemplan todas las capas e insumos de los diferentes procesos tanto de delimitación como de modelación en software



para la obtención de los mapas definitivos de amenaza, coberturas con la clasificación corin lan cover y las pendientes.

- Name
- Amenaza_FRM
 - Coberturas_CORINE
 - Geomorfologia
 - Pendientes
 - Suceptibilidad_FRM
 - UGS
 - urbanismo
 - Zonas_Homogeneas

- **D_SISTEMAS_ESTRUCTURANTES.** En este feature dataset se contemplaron la funcionalidad del área de estudio y se la clasifíco en sistemas.

- Name
- Areas_Industriales_Generales
 - Areas_Usos_Industriales_Estructurados_1_10_10
 - Areas_Usos_Industriales_Generales
 - Areas_Usos_Industriales
 - Areas_Usos_Industriales
 - Areas_Usos_Industriales
 - Areas_Usos_Industriales

- **E_PROPUESTA.** En este feature dataset se estructuró la propuesta urbana a desarrollar en el área de estudio.



Name

- Areas_de_control_ambiental
- Linderos
- Perfiles_viales
- Predios_Plan_Parcial_Aranda
- Propuesta_lineas_acueducto_y_alcantarillado
- Propuesta_urbanistica
- Propuesta_vial
- Zona_de_expansion

4.1.4. *Parámetros de calidad del dato geográfico*

Toda información geográfica y espacial debe cumplir con unos parámetros de calidad antes de ser presentados o incorporados en el SIG Municipal, permitiendo así:

- Dar cubrimiento al área de estudio para la totalidad de temáticas involucradas.
- Asegurar que el nivel de precisión geográfico de los datos se ajusta a los estándares definidos de acuerdo a la escala de trabajo establecida.
- Asegurar que los atributos que contiene la información geográfica describen las características del territorio estudiado conforme a la escala de trabajo definida.
- Garantizar que la información geográfica obtenida permite elaborar salidas gráficas y documentos de mapa de óptima calidad.
- Garantizar que los datos que se emplean como insumo para procesos de análisis geográfico (álgebra de mapas, cortes espaciales, sobre posiciones, buffer, análisis de redes, intersecciones, entre muchos otros) permiten generar nuevos datos de óptima calidad.

Estos parámetros son:

- a. **Tipo de información:** Hace referencia al tipo de archivo en que es entregada la información para establecer si es necesario realizar conversiones entre archivos para obtener entidades compatibles.
- b. **Cobertura geográfica:** Corresponde a la extensión geográfica que cubre cada una de las entidades la cual debe relacionarse con el área de estudio del proyecto.



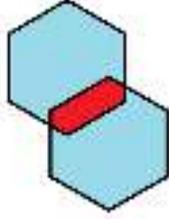
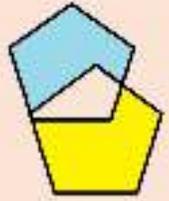
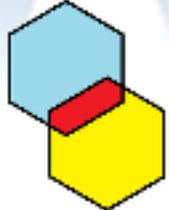
- c. **Complejidad temática y gráfica:** Verificar si la información geográfica entregada tiene cubrimiento total en el área en el área de estudio y si las tablas de atributos se encuentran correctamente diligenciadas.
- d. **Continuidad gráfica y temática:** Mantener constantemente los elementos gráficos y los atributos temáticos en las demás salidas gráficas.
- e. **Consistencia lógica:** Garantizar que la representación gráfica y la descripción de los elementos en el mapa corresponden con la representación lógica del paisaje en la realidad.
- f. **Revisión y validación topológica:** Este parámetro implica la identificación de errores topológicos (superposición de puntos, superposición de polígonos, polígonos repetidos, líneas no conectadas en entidades definidas como redes lineales, etc.) resultantes en el proceso de captura y generación de las coberturas geográficas de cada temática. Por lo tanto, para la revisión se recomienda tener en cuenta mínimamente las siguientes reglas topológicas.
- g. **Escala de captura de la información:** Permite establecer el nivel de detalle de la temática del área de estudio.
- h. **Exactitud temática (calidad de los atributos):** Identificación y revisión de los atributos que describen a cada entidad y de los dominios que puede tomar cada campo.
- i. **Exactitud posicional:** Revisión de la exactitud geográfica de los diferentes elementos de acuerdo a su geometría (puntos, líneas o polígonos) conforme a su posición en terreno. El primer nivel de revisión es validar que se encuentren en el área de influencia del proyecto. También se revisa la posición absoluta con respecto a otros elementos.

- **Reglas topológicas**

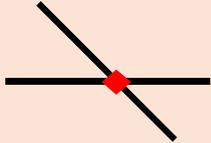
La topología nos permite encontrar errores en las capas de puntos, líneas y polígonos, así mismo ayuda a la hora de comprobar las integridades de la información y validación de las representaciones dentro de las *geodatabases*, especialmente en elementos hidrográficos, red vial, curvas de nivel, etc. A continuación, una pequeña descripción de las reglas topológicas.



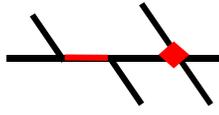
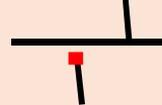
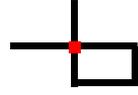
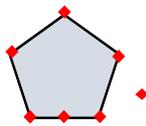
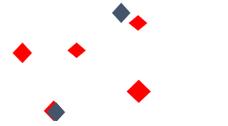
Tabla 39. Reglas Topológicas.

Reglas Topológicas Aplicadas a Polígonos		
Regla Topológica	Descripción	Ejemplo
No debe superponerse	Requiere que el interior de los polígonos no se superponga. Los polígonos pueden compartir ejes o vértices. Esta regla se utiliza cuando un área no puede pertenecer a dos o más polígonos. Resulta útil para modelar límites administrativos, como códigos postales o distritos electorales, y clasificaciones de área mutuamente exclusivas, como cobertura de suelo o tipo de forma de suelo.	
No debe haber huecos	Esta regla precisa que no haya vacíos dentro de un polígono simple o entre polígonos adyacentes. Todos los polígonos deben formar una superficie continua. Siempre existirá un error en el perímetro de la superficie. Puede ignorar este error o marcarlo como una excepción. Utilice esta regla en datos que deben cubrir completamente un área. Por ejemplo, los polígonos de vocación del suelo no pueden incluir espacios ni formar vacíos, deben cubrir un área completa.	
No debe superponerse con	Requiere que el interior de los polígonos en una clase (o subtipo) de entidad no se deba superponer con el interior de los polígonos en otra clase (o subtipo) de entidad. Los polígonos de las dos clases de entidad pueden compartir ejes o vértices o estar completamente inconexos. Esta regla se utiliza cuando un área no puede pertenecer a dos clases de entidad separadas. Resulta útil para combinar dos sistemas mutuamente exclusivos de clasificación de área, tales como zonificación y tipos de cuerpos de agua, en las que las áreas definidas en la clase de zonificación tampoco se pueden definir en la clase de cuerpos de agua y viceversa.	
Debe estar cubierto por la clase de entidad	Requiere que un polígono en una clase (o subtipo) de entidad comparta toda su área con los polígonos en otra clase (o subtipo) de entidad. Un área en la primera clase de entidad que no está cubierta por polígonos desde la otra clase de entidad es un error. Esta regla se utiliza cuando un área de un tipo, como un polígono departamental, debería estar completamente cubierto por áreas de otro tipo, tales como municipios.	



<p>Deben cubrirse entre sí</p>	<p>Requiere que los polígonos en una clase (o subtipo) de entidad compartan toda su área con los polígonos de otra clase (o subtipo) de entidad. Los polígonos pueden compartir ejes o vértices. Cualquier área definida en otra clase de entidad que no esté compartida con otra es un error. Esta regla se utiliza cuando dos sistemas deben cubrirse entre sí, la clasificación se utiliza para la misma área geográfica y cualquier punto dado definido en un sistema también debe estar definido en el otro. Uno de esos casos se produce con datasets jerárquicos anidados, como bloques censales y grupos de bloque o pequeñas cuencas hidrográficas o grandes cuencas hidrográficas. La regla que también se puede aplicar a las clases de entidad poligonales relacionadas no jerárquicas, tales como tipos de suelo y clases de pendiente.</p>	
<p>El límite debe estar cubierto Por</p>	<p>Requiere que los límites de entidades poligonales deban estar cubiertos por líneas en otras clases de entidad. Estas reglas se utilizan cuando las entidades de área necesitan tener entidades de línea que marquen los límites de las áreas. Esto es así, generalmente, cuando las áreas tienen un conjunto de atributos y sus límites tienen otros atributos. Por ejemplo, los límites de una entidad territorial podrían almacenarse en la Geodatabase junto con sus límites.</p>	
Reglas Topológicas Aplicadas a Líneas		
<p>Regla Topológica</p>	<p>Descripción</p>	<p>Ejemplo</p>
<p>No debe superponerse</p>	<p>Requiere que las líneas no se superpongan con las líneas en la misma clase (o subtipo) de entidad. Esta regla se utiliza en aquellos segmentos de línea que no se deberían duplicar, por ejemplo, en una clase de entidad de hidrografía. Las líneas se pueden cruzar o intersectar, pero no pueden compartir segmentos.</p>	
<p>No debe interceptarse</p>	<p>Requiere que las entidades de línea desde la misma clase (o subtipo) de entidad no se crucen ni se superpongan entre sí. Las líneas pueden compartir extremos. Estas reglas se utilizan para líneas de contorno que nunca se deben cruzar entre sí o en los casos en los que la intersección de las líneas se debe producir únicamente en extremos, tales como segmentos e intersecciones de calles.</p>	
<p>No debe intersectarse con</p>	<p>Requiere que las entidades de línea de una clase (o subtipo) de entidad no se crucen ni se superpongan</p>	



	las líneas de otra clase (o subtipo) de entidad con otras. Las líneas pueden compartir extremos. Estas reglas se utilizan cuando existen líneas de dos capas que nunca se deben cruzar entre sí o en los casos en los que la intersección de las líneas se debe producir únicamente en extremos, tales como calles y ferrocarriles.	
No deben quedar nodos colgados	Requiere que una entidad de línea deba tocar las líneas desde la misma clase (o subtipo) de entidad en ambos extremos. Un extremo que no esté conectado con otra línea se llama nodo colgado (<i>dangle</i>). Esta regla se utiliza cuando las entidades de línea deben formar bucles cerrados, como cuando definen los límites de las entidades poligonales. También se podría utilizar en los casos en los que las líneas se conectan generalmente con otras líneas, como con calles. En este caso, las excepciones se pueden utilizar allí donde la regla se viola ocasionalmente, como con segmentos cul-de-sac o de calle sin salida.	
No debe intersectarse con sí mismo	Requiere que las entidades de línea no se crucen ni se superpongan entre sí. Esta regla es útil para las líneas, tales como líneas de curvas de nivel, que no se puedan cruzar entre sí.	
Debe ser una sola parte	Requiere que las líneas tengan una única parte. Esta regla es útil allí donde las entidades de línea, como carreteras, no deben tener múltiples partes	
Reglas Topológicas Aplicadas a Puntos		
Regla Topológica	Descripción	Ejemplo
Debe estar cubierto por el límite de	Requiere que los puntos se encuentren en los límites de las entidades de área. Esto resulta útil cuando las entidades de punto facilitan un sistema de límites, tal como los puntos que hacen referencia a los vértices del perímetro urbano, o del área de expansión.	
Debe estar separado	Requiere que los puntos se encuentren separados espacialmente de otros puntos en la misma clase (o subtipo) de entidad. Los puntos que se superpongan son errores. Esto resulta útil para asegurarse de que los puntos no coincidan ni se dupliquen dentro de la misma clase de entidad, tal como en capas de ciudades, puntos de ID de lote de parcela, pozos o postes de luz.	 La superposición de un punto rojo y uno azul es un error.



4.1.5. Índice de objetos

En la Tabla 40 se presenta las características del índice de objetos utilizados para el componente cartográfico del Plan Parcial.

Tabla 40. Índice de objetos.

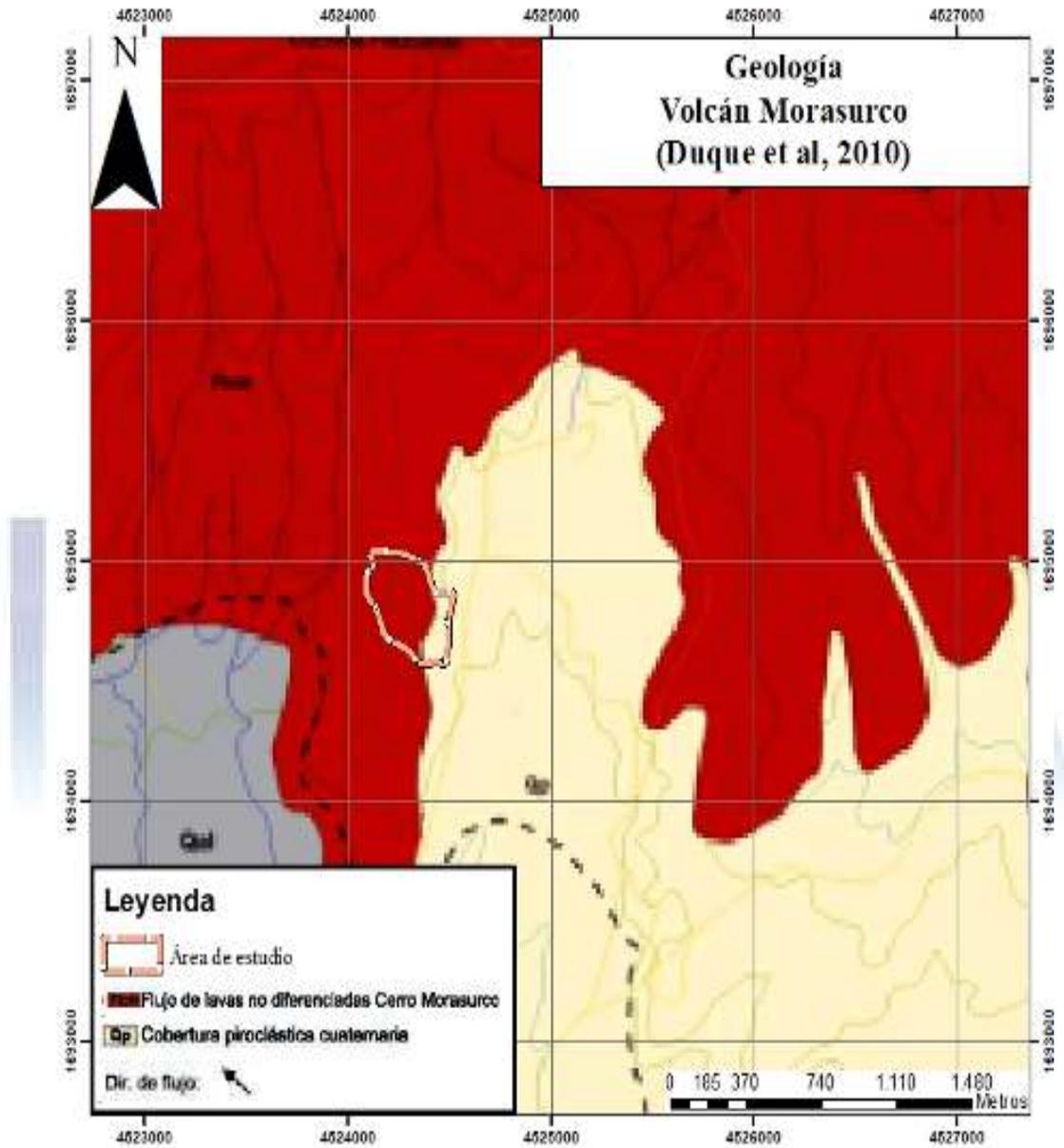
COMPONENTE CARTOGRAFICO PLAN PARCIAL LA MACARENA											
INDICE DE OBJETOS GDB											
GEODATABASE	CODIGO MUNICIPIO DANE (5 dígitos)	TIPO DE BASE DE DATOS (2 dígitos)	FEATURE DATASET (2 dígitos)	FEATURE CLASS	CODIGO FEATURE CLASS (2 dígitos)	GEOMETRÍA	ESCALA	FUENTE DE DATOS			
PASTO_URBANO	PASTO: 52001	URBANA: 01	01: A_BASE	Área de estudio predial	01	Polígono	1:2.000	IRHSA			
				Base predial		Polígono	1:2.000	IGAC			
				Curvas de nivel		Línea	1:2.000	IRHSA			
				Límite vial		Línea	1:2.000	IRHSA			
				Predios		Polígono	1:2.000	IGAC			
			Vías	Línea	1:2.000	SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPIO DE PASTO					
			02: B_ESTRUCTURA AMBIENTAL	Cobertura y uso del suelo	01	Polígono	1:2.000	IRHSA			
				Parque Janacatu	03	Polígono	1:2.000	SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPIO DE PASTO			
				Parque y zona verde Janacatu	04	Polígono	1:2.000	SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPIO DE PASTO			
				Suelo de proteccion	08	Polígono	1:2.000	SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPIO DE PASTO			
				Zonas de vida	09	Polígono	1:2.000	SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPIO DE PASTO			
			03: C_RIESGOS	Amenaza FRM	01	Polígono	1:2.000	IRHSA			
				Coberturas CORINE	02	Polígono	1:2.000	IRHSA			
				Geomorfología	04	Polígono	1:2.000	IRHSA			
				Pendientes	06	Polígono	1:2.000	IRHSA			
				Susceptibilidad FRM	07	Polígono	1:2.000	IRHSA			
			04: D_SISTEMAS ESTRUCTURANTES	UGS	08	Polígono	1:2.000	IRHSA			
Urbanismo	09	Polígono		1:2.000	IRHSA						
Zonas Homogeneas	10	Polígono		1:2.000	IRHSA						
Area industrial Aranda	01	Polígono		1:2.000	SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPIO DE PASTO						
Redes Energia Electrica 115 kv	02	Línea		1:2.000	SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPIO DE PASTO						
05: E_PROPUUESTA	SerPub Acometida existente	03	Punto	1:2.000	EMPOPASTO						
	SerPub Pozos	04	Punto	1:2.000	EMPOPASTO						
	SerPub Red Acueducto	05	Línea	1:2.000	EMPOPASTO						
	SerPub Alcantarillado	06	Línea	1:2.000	EMPOPASTO						
	SerPub Tanque de almacenamiento	07	Punto	1:2.000	EMPOPASTO						
05: E_PROPUUESTA	Áreas de control ambiental	08	Polígono	1:2.000	IRHSA						
	Linderos	11	Polígono	1:2.000	IRHSA						
	Perfiles viales	12	Polígono	1:2.000	IRHSA						
	Predios Plan Parcial Aranda	13	Polígono	1:2.000	IRHSA						
	Propuesta líneas acueducto y alcantarillado	14	Línea	1:2.000	IRHSA						
	Propuesta urbanística	15	Polígono	1:2.000	IRHSA						
	Propuesta vial	16	Línea	1:2.000	IRHSA						
Zona de expansión	17	Polígono	1:2.000	SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPIO DE PASTO							

4.2. GEOLOGÍA LOCAL

El Plan Parcial La Macarena se encuentra localizado sobre depósitos volcanoclasticos de edad Cuaternaria y depósitos de eventos gravitacionales producto de agentes erosivos como el viento y el agua. Según Murcia & Cepeda (1991) las unidades geológicas del área de estudio corresponden a lavas intercaladas o cubiertas por depósitos de caídas de ceniza con edades que podrían ir desde Plioceno hasta Cuaternario, está unidad es suprayacida por una unidad de depósitos de caída de ceniza asociados al vulcanismo del Complejo Volcánico Galeras en el Holoceno.



Figura 17. Geología del volcán Morasurco.

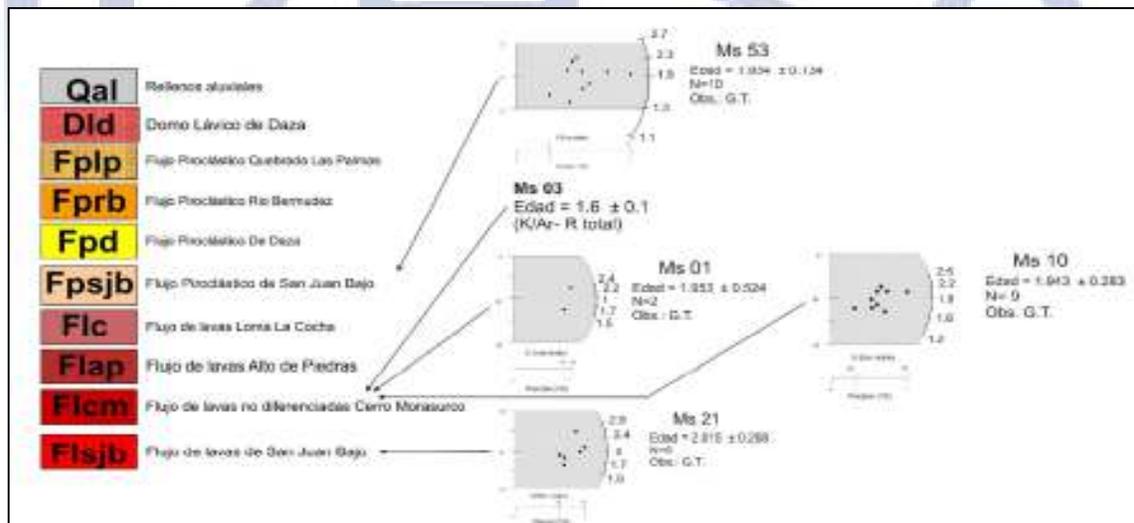


Fuente: Tomado y modificado de Duque et al (2010).



Posteriormente Duque et al (2010) cartografía los depósitos volcanoclásticos asociados al cerro Morasurco, donde propone una secuencia volcánica con origen en un antiguo anfiteatro volcánico erosionado con un posible epicentro en el sector de Daza. El vulcanismo del Volcán Morasurco se caracterizó por eventos efusivos y explosivos. Las unidades correspondientes al área de estudio son Flujos de lavas no diferenciables del Cerro Morasurco (Flcm) y Depósitos piroclásticos cuaternaria (Qp) (Ver **Figura 17**). La unidad Flcm corresponde a la unidad con mayor volumen del Volcan Morasurco, sin embargo, se encuentra suprayacida por depósitos volcanoclásticos asociados a la unidad, son lavas andesíticas con anfíbol y piroxenos de textura porfirítica, esta unidad tiene una edad radiométrica por trazas de fisión en circón entre 1.94 y 1.95 millones de años (m.a), en este trabajo también se describen otros eventos explosivos asociados al colapso de un edificio volcánico (lateral blast), domos y columnas eruptivas, lo cual es representado en depósitos de flujos piroclásticos como se indica en la **Figura 18**.

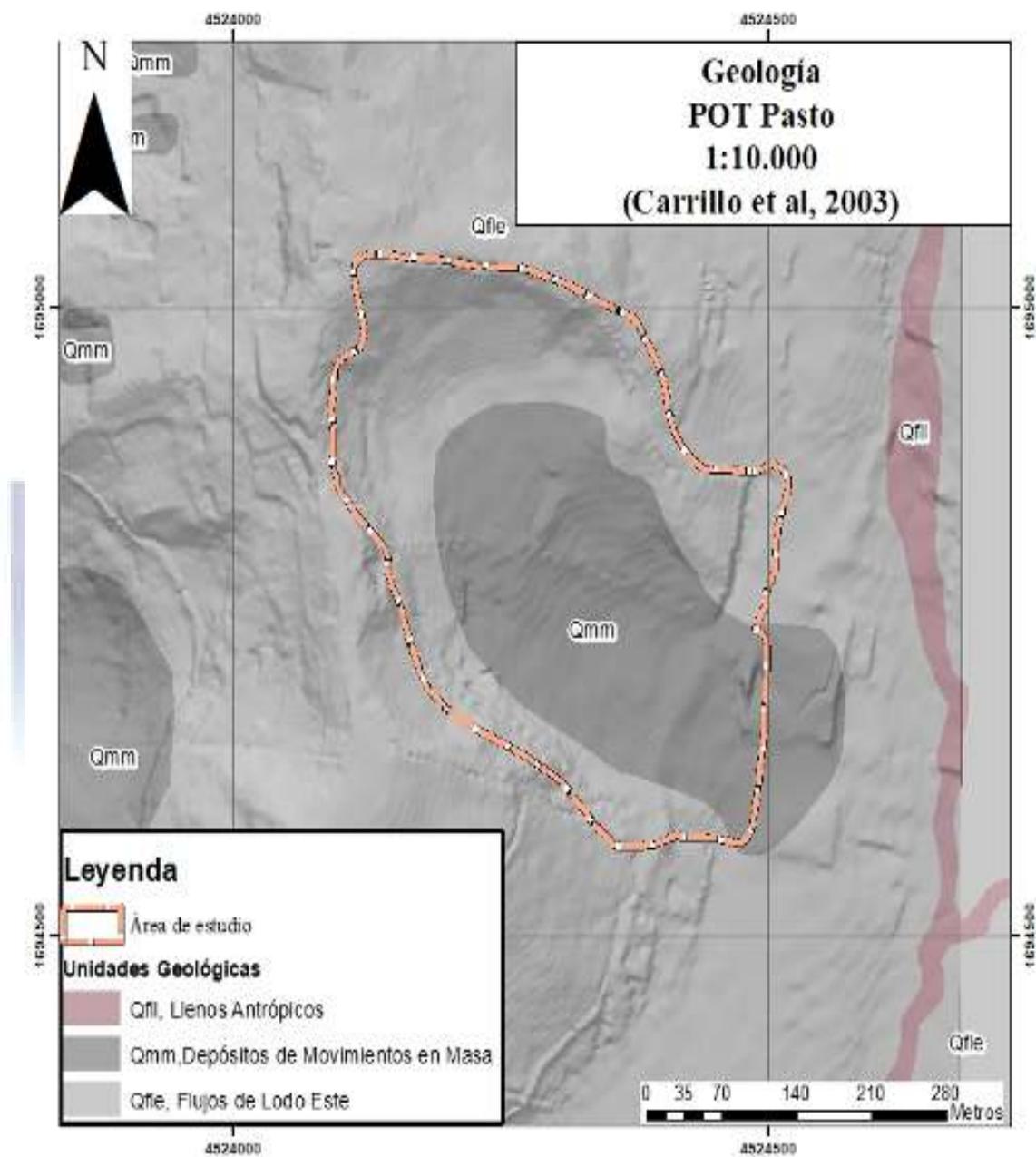
Figura 18. Columna estratigráfica del volcán Morasurco.



Fuente: Tomado de Duque et al (2010).

A nivel local Carrillo et al (2003) define dos unidades en el área de estudio siendo estas Flujos de lodo del Este (Qfle) y depósitos de movimientos en masa (Qmm) (Ver **Figura 19**). Sin embargo, no es clara la descripción sedimentológica y litológica de estas unidades ya que se toma como evidencia la interpretación fotogeológica.

Figura 19. Geología del casco urbano del municipio de Pasto.



Fuente: Tomado y modificado de Carrillo et al (2003).



4.2.1. Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI)

La geología para ingeniería se elaboró con base en la fotointerpretación del modelo digital de terreno (MDT) generado a partir de la topografía a detalle, y la identificación en campo de la litología, la estructura y geomecánica de los materiales en afloramientos presentes dentro del área de estudio, ver **ANEXO 1**. Para la identificación y caracterización de las Unidades Geológicas para Ingeniería, se cartografiaron las unidades litoestratigráficas más superficiales, a las cuales se describió su composición, textura y otras características geomecánicas siguiendo la propuesta de INGEOMINAS (2004), donde a partir de la geología de origen se clasifican los materiales más superficiales dividiéndolos en dos clases generales: roca y suelo, las cuales deben ser descritas según su grado de meteorización, dureza, grado de fracturamiento, y consistencia.

Como resultado se obtuvieron 5 unidades de suelo transportado y antrópico, de origen volcánico y de edad reciente a subrecientes. Sin estructura, y grados de meteorización bajos. Lo anterior se muestra en la **Tabla 41**.

Tabla 41. Unidades Geológicas para Ingeniería del Plan Parcial La Macarena.

UGI	Nombre	Área (m ²)	Área Total (%)
Salle	Suelo antrópico de llenos de escombros	8765,01	6,51
Stdcc	Suelo transportado de depósito de caída de ceniza media	7500,39	5,57
Stdccf	Suelo transportado de depósito de caída de ceniza fina	52137,20	38,73
Stdfp	Suelo transportado de depósito de flujo piroclástico	53335,97	39,62
StdI	Suelo transportado de depósito de ladera	12871,24	9,56

- **Suelo antrópico de llenos de escombros (Salle)**

Corresponde a depósitos de residuos de escombros, acopios de explanaciones antrópicas o basuras acumuladas por las comunidades residentes en el sector, los cuales corresponden a restos de construcciones demolidas o residuos sólidos. Estos pueden superar el metro de espesor. Se distribuyen hacia el SE del área de estudio, y representan el 6,5% del área de estudio.



- **Suelo transportado de depósito de ladera (StdI)**

Esta unidad se encuentra localizada en la parte media hacia el NW del área de estudio, y representa el 9,56% del área total de estudio. Su origen se da por los procesos gravitacionales asociados a la erosión de las laderas, estos corresponden a material retrabajado de los depósitos de flujo piroclástico, y depósitos de caída en la parte alta del área de estudio. Está compuesto por bloques de Andesita que pueden llegar a tener un metro de diámetro, su matriz es no consolidada, de tamaño fina, y suelo orgánico.

No se asocian procesos morfodinámicos recientes o activos a este material. No existen afloramientos debido a que la cobertura vegetal de pastizal cubre toda su área, sin embargo, se identifican bloques de andesita aflorantes distribuidos a lo largo (**Figura 20**)

Figura 20. Bloques andesíticos asociados a StdI. X: 4524277,74 E; Y: 1694932,54 N.



- **Suelo transportado de depósito de caída de ceniza fina (Stdccf)**

Esta unidad se distribuye en toda el área de estudio, y ocupa un 38 % del área total. Su espesor varío en toda el área siendo cartografiable donde es equivalente a 2 metros o más. Esta unidad suprayace a los depósitos de caída de ceniza media y los depósitos de flujos piroclásticos, además



es el material parental del suelo orgánico. Con lo anterior, este depósito relleno y suavizó la mayoría del área de estudio.

Corresponde a cenizas no consolidadas de tamaño fino, compuestas por anfíboles, líticos y plagioclasas. De grado de meteorización II, resistencia rígida, limoarcillosa. Presenta desarrollo de suelo orgánico.

Lo anterior se presenta en la a continuación.

Figura 21. Afloramiento de *Stdccf*. X: 4524251,76 E Y: 1694654,93 N.



- **Suelo transportado de depósito de caída de ceniza media (Stdcc)**

Esta unidad ocupa un área de 7500 m², y se distribuye principalmente en la ladera SW del área de estudio. Subyace los depósitos de caída de ceniza fina, y posiblemente suprayace los depósitos de flujos piroclásticos. Su espesor es de aproximadamente 4 metros, y corresponde a un depósito de



caída de tamaño arena media en menor medida limo, masiva, compuesta en su mayoría por cristales de plagioclasa, anfíboles y en menor medida por biotita, cuarzo y líticos. Esta unidad se asocia a la tefra descrita por Calvache et al (1997), la cual tiene una edad aproximada de 388 mil años antes del presente.

Esta unidad se encuentra levemente meteorizada con poca presencia de óxidos, estableciendo un grado de meteorización II, compacidad densa, y una densidad relativa suelta. Esta UGI no está asociada a eventos de inestabilidad en el área de estudio, y tampoco existe evidencia de explotación minera de este tipo de material en el área de estudio.

- **Suelo transportado de depósito de flujo piroclástico (Stdfp)**

Estratigráficamente esta unidad es la más antigua del área de estudio y aflora en las laderas abruptas, los cortes de carretera y en la colina residual ubicada al NE. Consiste de una intercalación de depósitos de flujos piroclásticos indiferenciados posiblemente asociados al vulcanismo del Volcán Morasurco. Se encuentran suprayacidos por los depósitos de caída de ceniza, y los depósitos de ladera. Su edad podría estar entre el Plioceno y el Pleistoceno.

Composicionalmente son depósitos volcanoclásticos de estructura masiva, matriz soportados con clastos desde tamaño guijarro a bloques subangulares a angulares de andesita, la matriz está compuestas por ceniza fina, líticos, cristales de anfíboles, plagioclasas y cuarzos. No de evidencia pómez, y algunos clastos de andesitas se encuentran alterados hidrotermalmente.

Geomecánicamente son suelos transportados con grado de meteorización entre II-IV, limoarcillosos con grava, secos, permeabilidad cualitativa baja, plasticidad relativa baja, y suelos rígidos a muy rígidos (S4-S5).

Esta unidad ocupa el 39.62% del área total del estudio, y sobre este material se genera el suelo orgánico que ha estado asociado a generación de movimientos en masa. (Ver **Figura 22**).

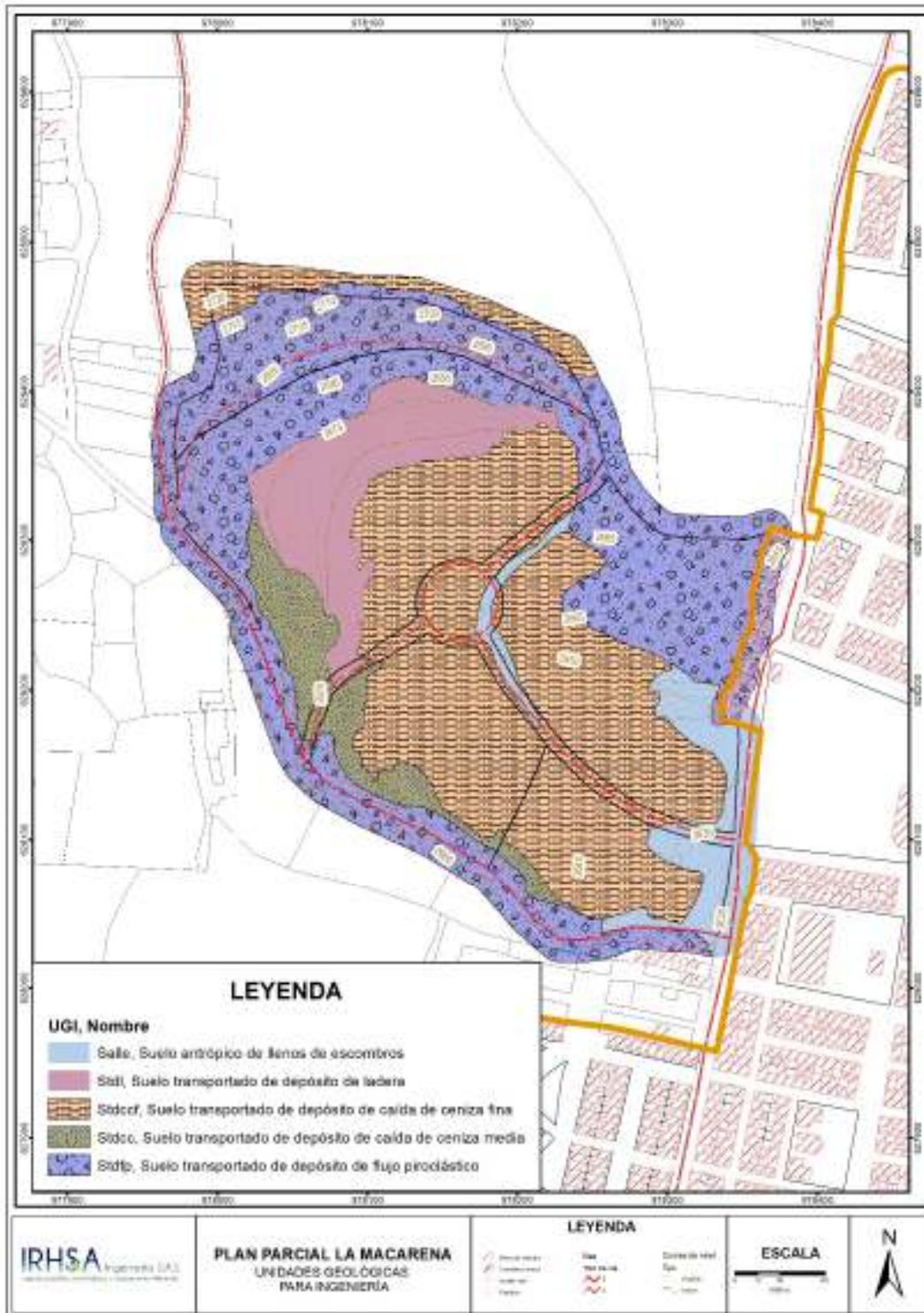
Figura 22. Depósitos de Flujos Piroclásticos.



El mapa detallado de las unidades geológicas en el área de estudio se presenta en la siguiente figura:



Figura 23. Mapa de Unidades Geológicas para Ingeniería del Plan Parcial La Macarena.

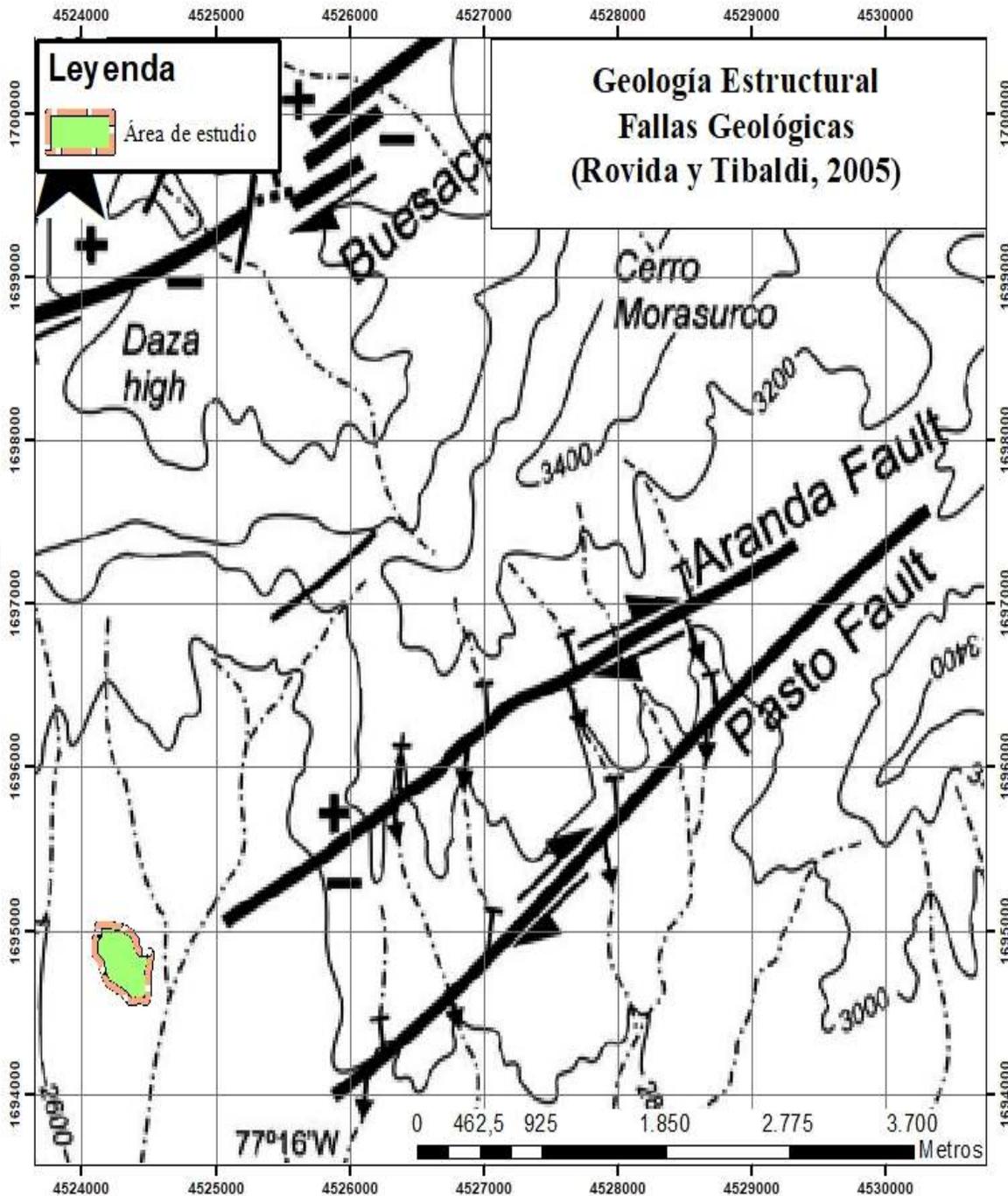


4.2.2. Geología Estructural

El margen noroccidental de Suramérica se origina por la interacción de los procesos tectónicos entre la placa Nazca y Sudamericana. Esto dio paso a la formación de varias Cordilleras en la zona de arco continental, las cuales difieren según su geología, su tiempo y tipo de formación, éstas se denominan en Colombia Cordillera Occidental, Central y Oriental. (Aspden & McCourt, 1986; Paris & Romero Leon, 1993). Las cordilleras como estructuras tectónicas regionales son separadas por fallas regionales, siendo el Sistema de Fallas Romeral el límite tectónico entre la Cordillera Occidental y Cordillera Central, el cual tiene un buzamiento general hacia el NW y un movimiento dextral con rumbo NE-SW. Este sistema se considera como una zona de sutura cenozoica entre bloques rocosos oceánicos acrecionados al margen continental. (Aspden & McCourt, 1986; Restrepo & Toussaint, 1988; Paris & Romero Leon, 1993).

El Sistema de Fallas Romeral está compuesto por una serie de fallas regionales paralelas entre sí que representan los límites de terrenos tectonoestratigráficos que se han acrecionado desde el mesozoico (Paris & Romero Leon, 1993). Dentro de estas se encuentra la falla Silvia – Pijao, la cual geográficamente a las alturas de Nariño se denomina falla Buesaco, esta falla se considera activa, se extiende desde el este del Volcán Galeras hasta el municipio de Buesaco, con una orientación de Sur a Norte de ENE a NE, esta falla es de rumbo con buzamiento vertical y un movimiento dextral. Paralelamente a esta, se encuentra las fallas Aranda y Pasto las cuales son similares a la anterior, entre otras fallas sintéticas secundarias. Su movimiento se ha identificado desde el Plioceno hasta el Cuaternario. (Tibaldi & Romero Leon, 2000; Rovida & Tibaldi, 2005). (Ver **Figura 24**).

Figura 24. Geología estructural en la zona de estudio. (Fault=Falla).



Fuente: Tomado y modificado de Rovida y Tibaldi (2005).



4.3. GEOMORFOLOGÍA A NIVEL DE ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS

La geomorfología del área de estudio se encuentra condicionada por un ambiente morfo genético denudacional el cual ha modelado los depósitos volcanoclásticos que se han depositado desde el Plioceno. Según Carrillo et al (2003) en el área de estudio se identifica un movimiento en masa antiguo el cual se caracteriza por su morfología en herradura, un escarpe de falla, y un depósito de movimientos en masa o cuerpo de movimiento en masa, además de otros elementos geomorfológicos como laderas denudativas modeladas en depósitos volcánicos o de flujos de lodos como se indica en la **Figura 25**. Con base en lo anterior y observaciones en campo este movimiento en masa es antiguo, y se considera relicto debido a la presencia de vegetación, la cobertura de depósitos de ceniza que suaviza sus laderas y el cuerpo del movimiento en masa.

4.3.1. Pendientes

Para la obtención de las Pendientes y su uso para la interpretación geomorfológica se utilizó el MDT a una resolución de 1 metro obtenido de la topografía a detalle. La clasificación se realizó con base en la propuesta de van Zuidam (1986).

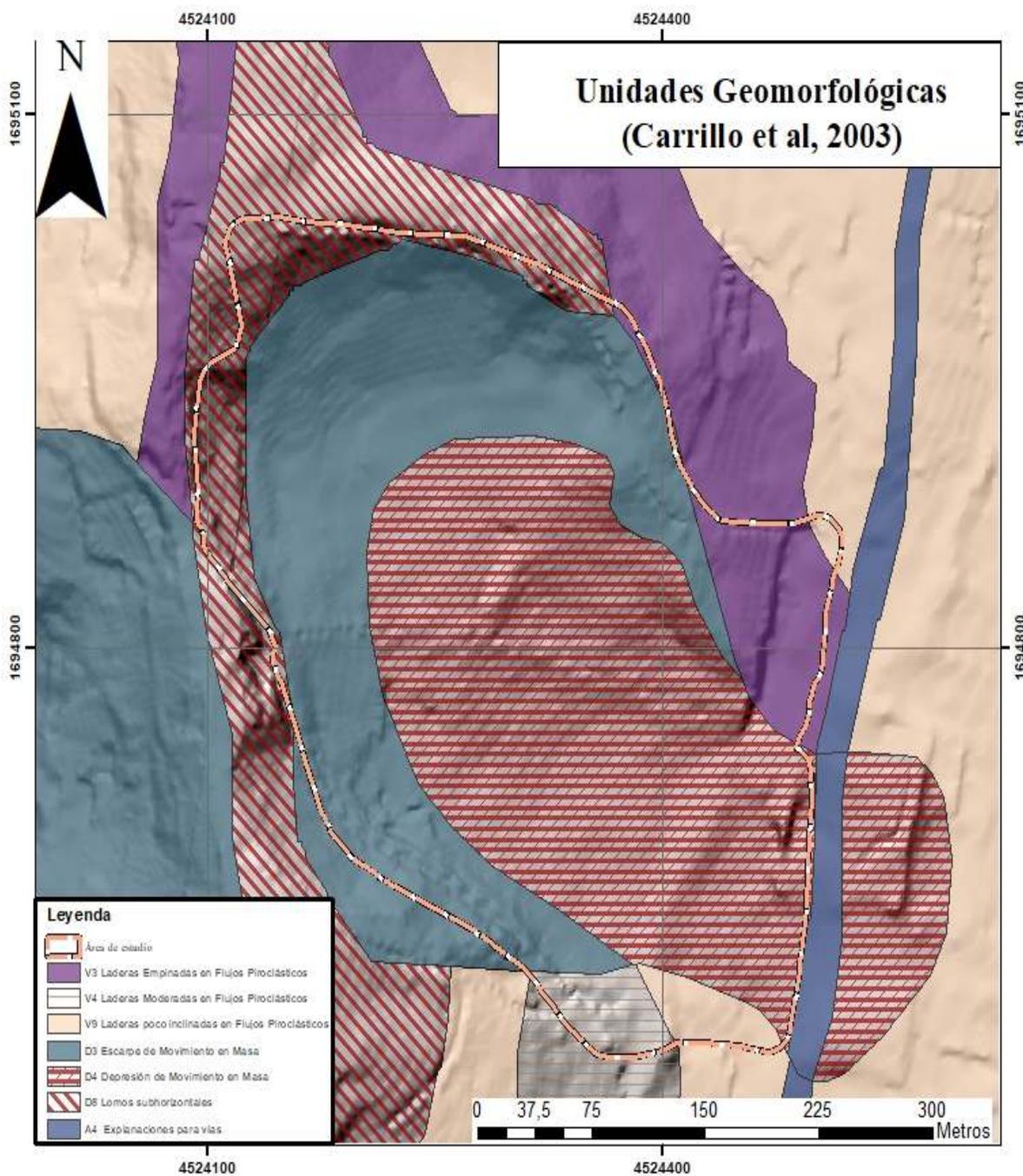
Tabla 42. Pendientes del Plan Parcial La Macarena.

Clase	Pendiente	Área (m2)	Área total (%)
Plano a Casi Plano	0 - 2°	1426,75	1,07
Suavemente inclinado	2 - 4°	9715,41	7,31
Inclinado	4 - 8°	30073,79	22,62
Moderadamente abrupto	8 - 16°	51808,33	38,96
Abrupto	16 - 35°	36411,14	27,38
Muy abrupto	>35°	3536,33	2,66

Fuente: Tomado y modificado de van Zuidam (1986).



Figura 25. Unidades geomorfológicas del casco urbano del municipio de Pasto.



Fuente: Tomado y modificado de Carrillo et al (2003).



Como resultado se obtiene que en el área de estudio predominan las pendientes mayores a 8° de inclinación siendo las superficies moderadamente abruptas la de mayor área (38.96%), y por siguiente las Abruptas (27.38%) las cuales presentan eventos morfodinámicos activos, estas tienen un origen antrópico debido a los taludes de carretera. En menor proporción predominan las superficies Inclinadas a Planas las cuales tienen pendientes entre 0 y 8°. Lo anterior se indica en la **Figura 26**

4.3.2. Elementos Geomorfológicos

La cartografía de elementos geomorfológicos se elaboró a partir de la fotointerpretación del modelo de sombras a resolución de 1 metro, las pendientes y trabajo de campo ver **ANEXO 1**. Los elementos geomorfológicos se definieron según su morfología, morfogénesis y morfometría, para ello se siguieron las recomendaciones de Carvajal Perico (2012) y Leiva et al., (2012).

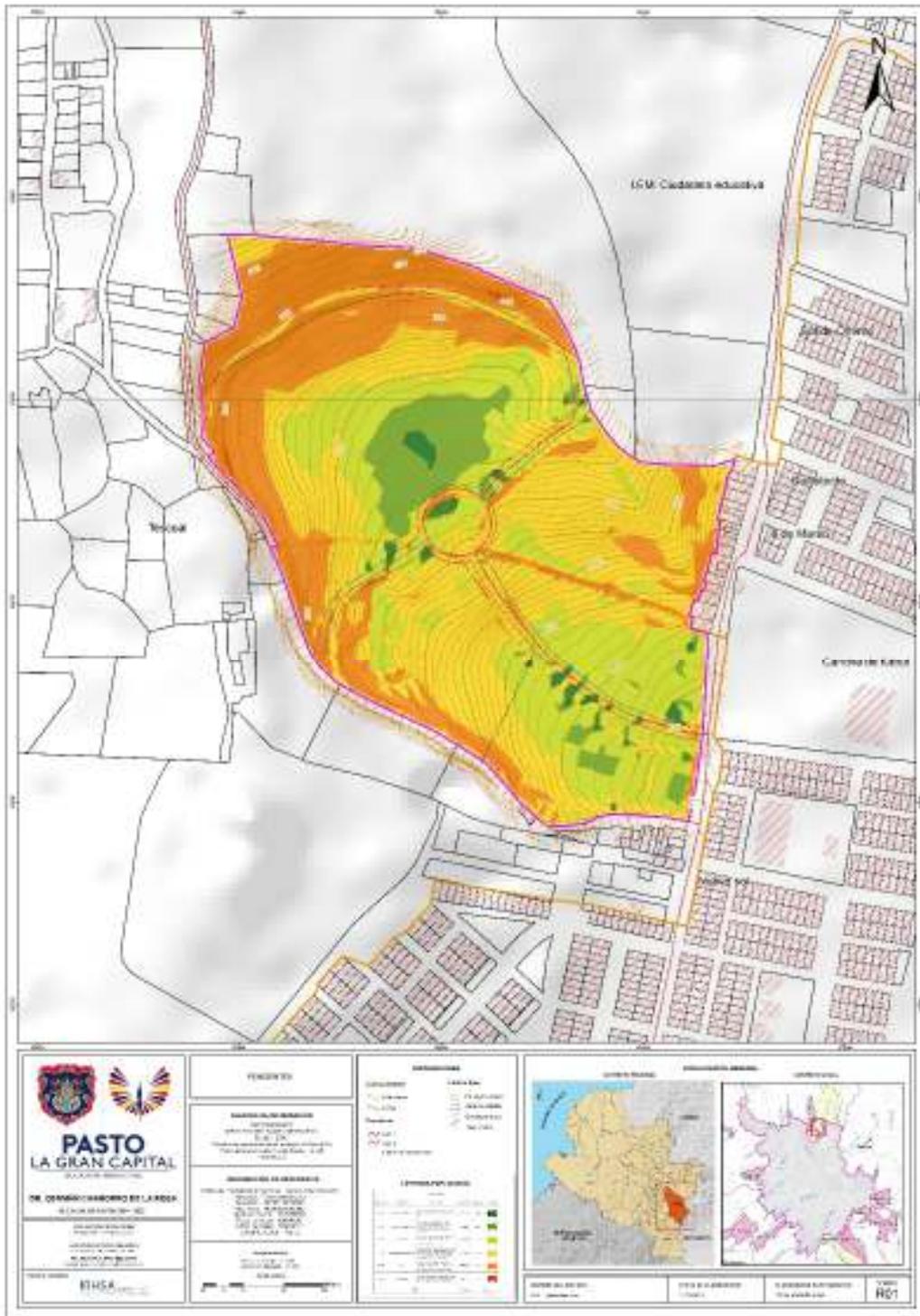
En total se caracterizaron 8 elementos geomorfológicos, en su mayoría generados por procesos denudacionales, a pesar de que el origen de la subunidad geomorfológica es un movimiento en masa, los procesos denudacionales y las depositación volcániclasticas han estabilizado la geofoma, y han suavizado el terreno. En la tabla a continuación se presentan los elementos identificados en el área:

Tabla 43. Elementos Geomorfológicos del Plan Parcial La Macarena.

Símbolo	Elemento Geomorfológico	Área (m2)	Área Total (%)
All	Lleno Antrópico	5893,70	4,38
Ale	Ladera Explanada	20441,13	15,19
Dcp	Cima plana	571,28	0,42
Dcr	Colina residual	12214,43	9,08
Dli	Ladera Inclinada	16608,06	12,34
Dlm	Ladera Moderada	20698,69	15,38
Dls	Ladera Suave	38734,29	28,78
Fpa	Plano anegadizo	19403,46	14,42



Figura 26. Mapa de pendientes del Plan Parcial La Macarena.



4.3.2.1. Ambiente antropogénico.

Este ambiente se da por la modificación del relieve debido a la acción humano, como depositación de residuos sólidos o la explanación de superficies inclinadas o con diferente relieve relativo.

- **Lleno Antrópico (All)**

Según SGC (2015; p.102) son “*planos hechos artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos para la construcción de viviendas. Técnicamente son de gravas, bloques y arena bien compactados, sin embargo, comúnmente son de escombros y desechos de construcción*” (Ver **Figura 27**)

Figura 27. Lleno de Escombros.



- **Ladera Explanada (Ale)**

Según SGC (2015; p.102) son “*planos de allanamiento hecho en laderas de sustrato rocoso y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terracedos que disminuyen la pendiente del terreno*” (Ver **Figura 28**)

Figura 28. Ladera explanada.



4.3.2.2. Ambiente denudacional.

Este ambiente moldea el relieve y deposita sedimentos generando nuevas geoformas. Se da por la acción de agentes morfodinámicos como el viento, el agua o la gravedad. En el área de estudio moldea materiales volcánoclasticos y genera sedimentos epiclasticos.

- **Cima plana (Dcp)**

Según SGC (2015; p.63) corresponde a *“Superficie amplia convexa a plana, dispuesta en franjas alargadas que bordean algunas divisorias de agua. Presentan pendientes planas a inclinadas con anchos entre 200 a 800 metros, limitadas por laderas cuya inclinación puede ser moderada a escarpada. Su origen se establece a partir de procesos meteorización, erosión intensa y actividad antrópica”*.

Este relieve se modela sobre depósitos de caída de ceniza fina, y no presenta eventos morfodinámicos activos.

- **Colina residual (Dcr)**

Según SGC (2015; p.64) son *“relieves sobresalientes entre 200 y 399 metros sobre su nivel de base local, que presenta una cima redondeada y amplia limitada por laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa a recta y pendiente inclinada a escarpada, con índice de relieve bajo a moderado. Su origen está asociado con procesos tectónicos y a la acción conjunta de periodos de meteorización y erosión asociados a factores litológicos locales. De manera generalizada, se localizan en zonas estructurales tabulares a suavemente inclinadas”*.

En el sitio presenta laderas cortas con una altitud menor a 100 metros, y no presenta procesos morfodinámicos activos, sin embargo, cualquier intervención antrópica de corte puede generar un relieve inestable.

- **Ladera Inclinada (Dli)**

Son superficies planas a convexas de pendiente abrupta a muy abruptas con pendientes entre 20 a 50° de inclinación, generalmente desarrolladas sobre material volcánoclastico por procesos erosivos detonados por agentes como el viento, el agua y la gravedad (Ver **Figura 29**).

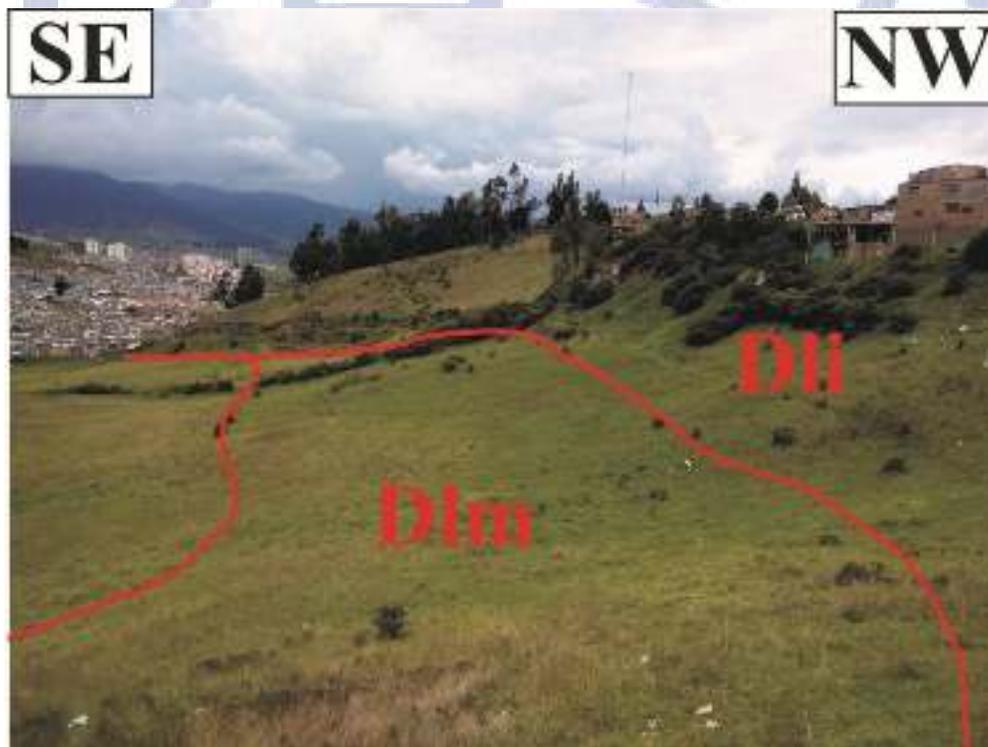


Los materiales que componen este elemento son de origen volcánico-lástico, principalmente los suelos transportados de depósitos de flujos piroclásticos levemente a moderadamente meteorizadas. Estos elementos se consideran con susceptibilidad a la generación de movimientos de tipo deslizamiento traslacional, detonados durante épocas invernales, o por intervención de obra civil.

- **Ladera Moderada (Dlm)**

Corresponde a las superficies planas a cóncavas, de longitud corta con pendientes entre 12° y 20° . Se encuentran asociadas a la depositación de sedimentos provenientes de la erosión de laderas inclinadas. Estas no presentan procesos morfodinámicos activos, sin embargo, pueden verse afectadas por ellos. (Ver **Figura 29**). Este elemento solo ocupa el 15.38% del área total de estudio, y se localiza hacia las márgenes del predio.

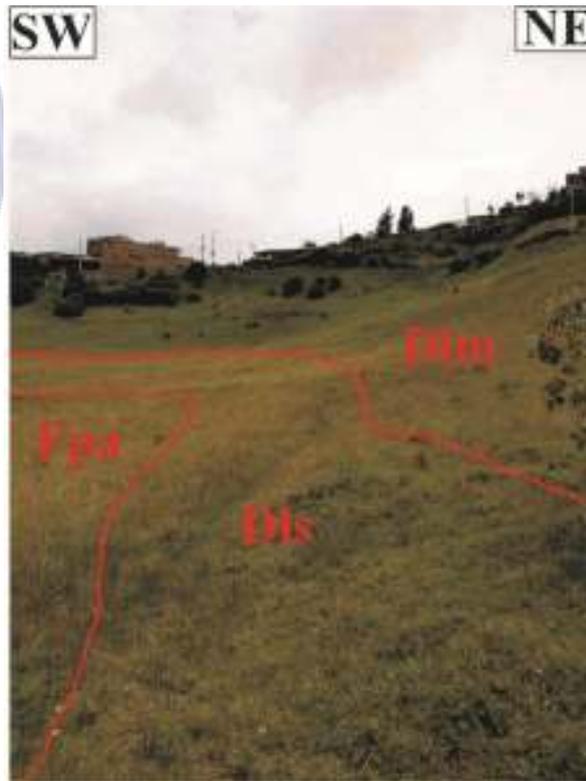
Figura 29. Ladera moderada y ladera inclinada.



- **Ladera Suave (Dls)**

Este elemento geomorfológico se distribuye en las partes bajas y ocupa el 28.78% del total del área del área de estudio. Son superficies con pendientes entre 5 y 12°, de longitud corta, cóncavas a planas, y se origina por una morfogénesis denudacional. Este elemento está compuesto por materiales de depósitos de caída de ceniza las cuales suavizan el relieve, y hacia las laderas de depósitos de ladera que se sedimentan gradualmente acumulándose entre las zonas planas y las laderas moderadas, estos materiales generan estas pendientes. Se consideran superficies con estabilidad estructural, y no están asociadas a eventos morfodinámicos activos en el área de estudio. En la siguiente figura se indica este tipo de ladera en el área de estudio:

Figura 30. *Ladera Suave (Dls).*



4.3.2.3. Ambiente fluvial.

Este ambiente no es muy evidente en el área de estudio, sin embargo, las geoformas presentes tienen un origen y una influencia hídrica debido a que según Carrillo et al (2003), la quebrada que



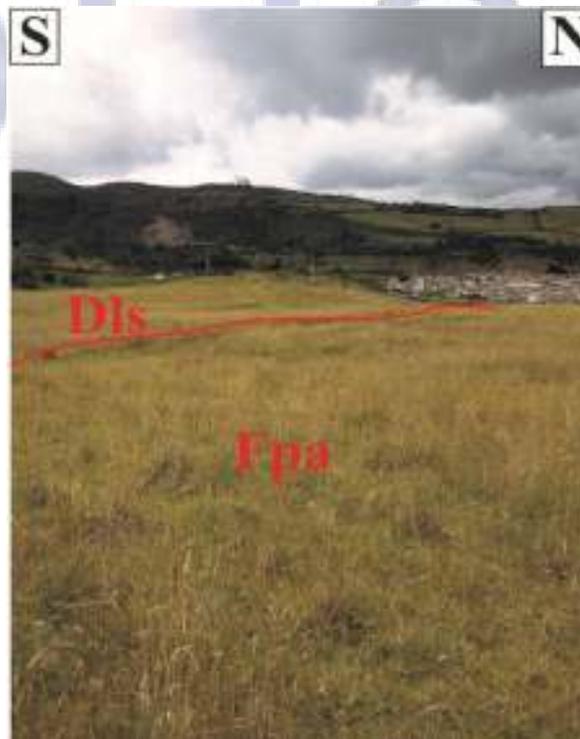
bordeaba el área de estudio fue rellenada artificialmente para desviar el cauce y modificar el relieve con fines civiles.

- **Plano anegadizo (Fpa)**

Según SGC (2015; p.72) *“Superficie en forma de artesa, casi plana e irregular, con pendiente suave. Se localiza en áreas planas mal drenadas. Su origen es relacionado a procesos de encharcamiento temporal, que de manera general bordean las cuencas de decantación”*.

Ocupa solo 14.42% del área de estudio, su morfología plana la hace susceptible de inundaciones pluviales ya que no hay cuerpos hídricos activos que influyan en el área de estudio. Lo anterior se indica en la siguiente figura:

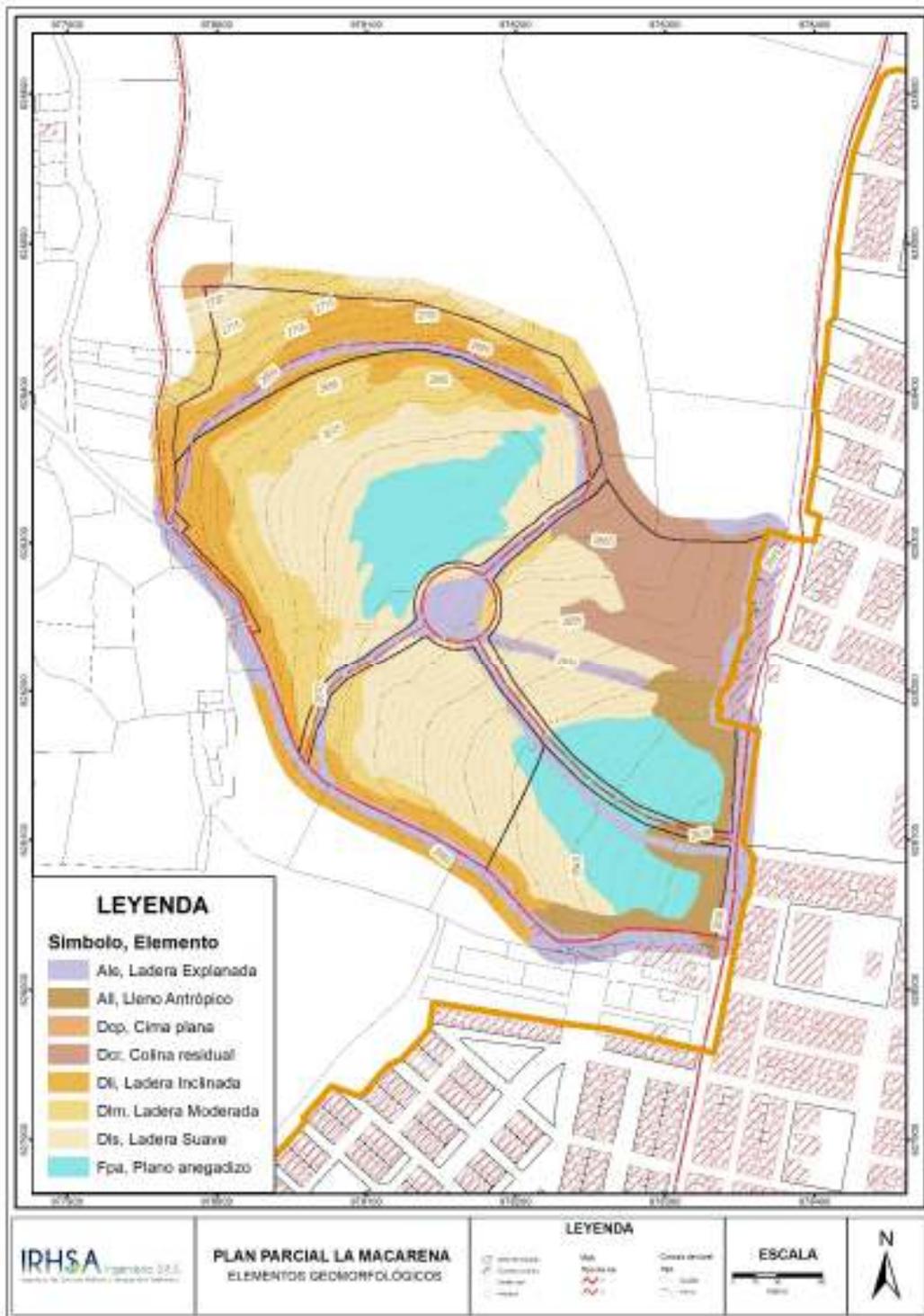
Figura 31. Plano anegadizo.



Finalmente en la **Figura 32** se indica los diferentes elementos geomorfológicos presentes en el área de estudio.



Figura 32. Mapa de Elementos Geomorfológicos.



4.3.3. Inventario de Movimientos en Masa

Para la clasificación de los movimientos en masa en el área de estudio se utilizó la cartografía de trabajo de campo a la escala 1:2000 ver ANEXO 1, bajo la propuesta de Cruden & Varnes (1996). Y se identificaron los movimientos en masa expuestos en la **Tabla 44**.

Tabla 44. Áreas de los movimientos en masa identificados.

Nombre	Tipo	Estado	Área (m ²)	Área Total (%)
ID-01	Deslizamiento Traslacional	Activo	318,16	15,87
ID-02	Deslizamiento Traslacional	Activo	133,53	6,66
ID-03	Deslizamiento Traslacional	Activo	202,26	10,09
ID-04	Deslizamiento Traslacional	Activo	242,53	12,10
ID-05	Deslizamiento Traslacional	Activo	175,74	8,77
ID-06	Deslizamiento Traslacional	Activo	258,66	12,91
ID-07	Deslizamiento Traslacional	Activo	114,43	5,71
ID-08	Deslizamiento Traslacional	Activo	238,11	11,98
ID-09	Deslizamiento Traslacional	Activo	320,90	16,01

Figura 33. Deslizamiento Traslacional.



*La línea roja representa la corona de escarpe. Id-04.

Como resultado se identificaron 9 movimientos en masa cartografiados al área mínima como se observa en la **Figura 33** y **Figura 34**, de los cuales todos se caracterizaron como de tipo Deslizamiento Traslacional, de material de suelo, de estado activos, estilo solos y retrogresivos, recientes, y con un origen asociados al corte de taludes de carreteras. Por lo general se observa que son detonados por lluvias, siendo el material que falla el suelo orgánico.



Figura 34. Mapa de movimientos en masa.



4.4. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO Y ANALISIS GEOTECNICO

La exploración del subsuelo se realizó con base en las áreas que se evaluará la amenaza en detalle por movimientos en masa y las recomendaciones de SGC (2016) con respecto a la densidad de muestreo necesario que a 1:2000 corresponde a un sondeo por cada 25.000 m². Las coordenadas de los Sondeos y su localización se pueden encontrar en la **Tabla 45** y **Figura 35**, respectivamente. Una primera etapa para la caracterización del subsuelo consiste en la realización de ensayos para la obtención de las propiedades índice y de clasificación, los cuales determinan los tamaños de partículas que conforman el suelo (análisis granulométrico por tamizado), el estado reológico del material que en este caso se concentran en las condiciones de plasticidad que presentan las partículas finas, las condiciones de humedad, límites de contracción de las partículas finas, la densidad y el peso específico.

Tabla 45. *Ubicación de los Sondeos de Exploración.*

Nombre	Coordenada X	Coordenada Y
Sondeo 1	978264,32	628258,92
Sondeo 2	978041,99	628412,21
Sondeo 3	978133,95	628129,32
Sondeo 4	978181,78	628097,57

Los cuatros sondeos se realizaron a una profundidad de 7 metros con el método de ensayo de penetración estandar (SPT). Y se caracterizó a cada metro la granulometría, peso específico, humedad, gravedad específica, estratigrafía, y la resistencia.

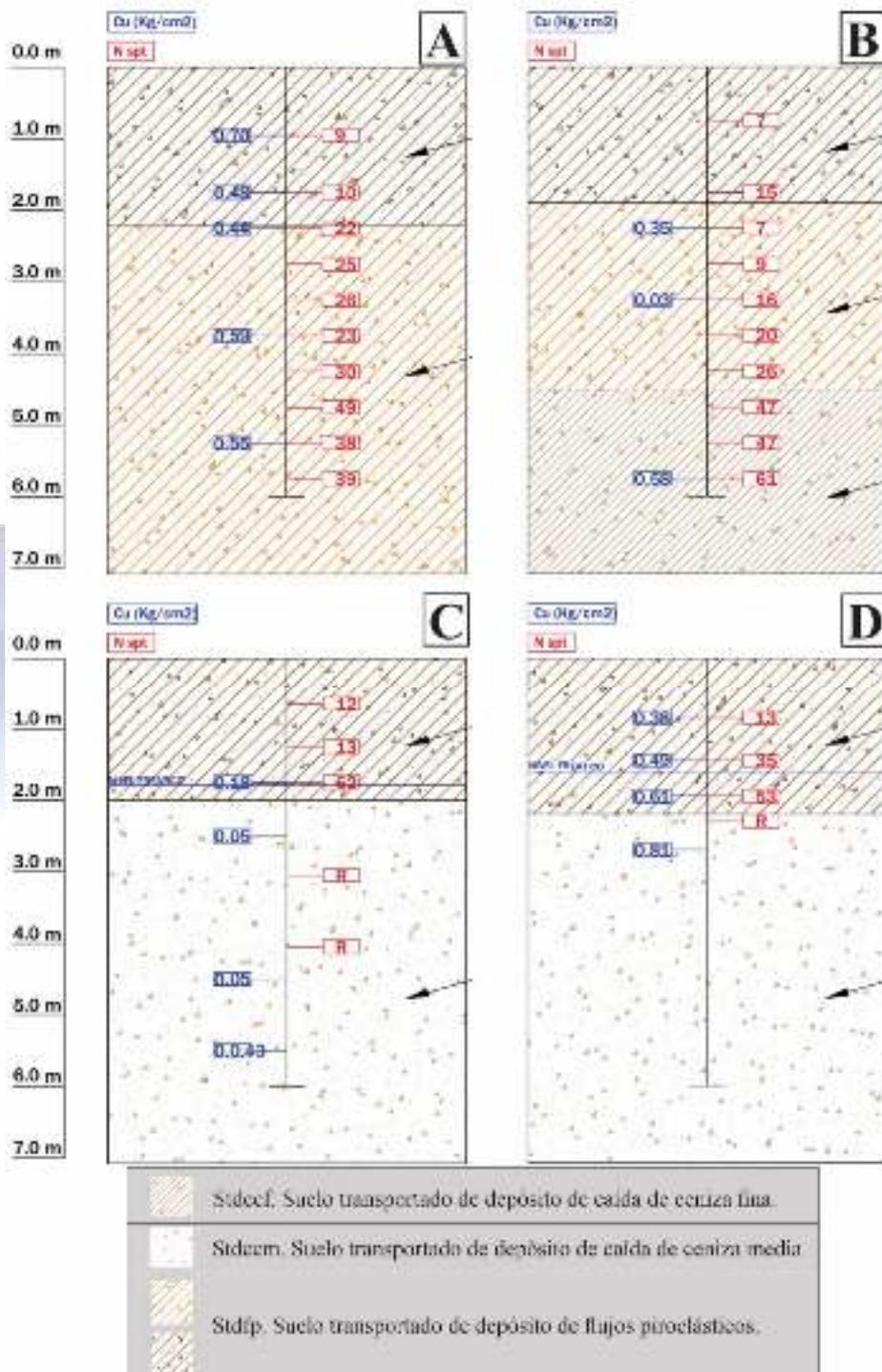
Como resultado se identificaron 4 materiales correspondientes a las Unidades Geológicas para Ingeniería identificadas en el área de estudio, estas se indican en la **Figura 36**.



Figura 35. Exploración subsuelo.



Figura 36. Perfiles estratigráficos.



La determinación de propiedades de resistencia se calcula por medio del ensayo de penetración estándar (SPT), usando las correlaciones establecidas por González (1999) ajustadas para Colombia guiándose de las normas ASTM D-1586. De acuerdo con González (1999), el valor normalizado de penetración N es para 12", correspondiente a la suma de los dos últimos valores registrados y se expresa en golpes/pie. El ensayo se dice que muestra "rechazo" si: (a) N es mayor de 50 golpes/6", (b) N es igual a 100 golpes/pie o (c) No hay avance luego de 10 golpes.

Los resultados de la evaluación de parámetros de resistencia a partir de las estimaciones por SPT, re evaluando la estratigrafía preséntese en la UGI **Stdccf** a partir de sus propiedades mecánicas, estableciendo 2 comportamientos en términos de morh Columnb como se ven resaltados por colores en la siguiente tabla:

Tabla 46. Evaluación de parámetros de resistencia.

Profundidades (m)		Ncampo	σ' (t/m ²)	C _N	η_1	η_2	η_3	η_4	(N ₁) ₆₀	ϕ	τ (t/m ²)	C _u (t/m ²)	E (t/m ²)	ks (t/m ³)	ϕ	C _u (t/m ²)
De	A															
0,5	1	22	1,35	1,5	0,5	1	1	1	16	33	0,88	0,74	73,5262697	196,07	34,8	2,11
1	1,5	95	2,25	1,5	0,5	1	2	1	139	35	1,58	1,29	129,054698	344,15		
2,5	3	159	4,95	1,2	0,5	1	3	1	295	35	3,47	2,84	283,920336	757,12		
0,5	1	22	1,35	1,5	0,5	1	4	1	64	35	0,95	0,77	77,4328189	206,49		
1	1,5	59	2,25	1,5	0,5	1	5	1	216	35	1,58	1,29	129,054698	344,15		
1,5	2	42	3,15	1,4	0,5	1	6	1	175	35	2,21	1,81	180,676577	481,80		
2	2,5	71	4,05	1,3	0,5	1	7	1	324	35	2,84	2,32	232,298457	619,46		
2,5	3	53	4,95	1,2	0,5	1	8	1	262	35	3,47	2,84	283,920336	757,12		
3	3,5	36	5,85	1,2	0,5	1	9	1	191	35	4,10	3,36	335,542215	894,78		
3,5	4	51	6,75	1,1	0,5	1	10	1	289	35	4,73	3,87	387,164095	1032,44		
4	4,5	36	7,65	1,1	0,5	1	11	1	216	35	5,36	4,39	438,785974	1170,10		
4,5	5	27	8,55	1,1	0,5	1	12	1	171	35	5,99	4,90	490,407853	1307,75		
5	5,5	31	9,45	1,0	0,5	1	13	1	206	35	6,62	5,42	542,029732	1445,41		
6,5	7	16	11,4	1,0	0,5	1	14	1	107	35	7,98	6,54	653,877137	1743,67		
7	7,5	34	11,8	0,9	0,5	1	15	1	241	35	8,26	6,77	676,820195	1804,85		
8	8,5	64	12,6	0,9	0,5	1	16	1	473	35	8,82	7,23	722,70631	1927,22		
9	10	63	13,6	0,9	0,5	1	17	1	481	35	9,52	7,80	780,063953	2080,17		
11	12	447	15,2	0,9	0,5	1	18	1	3467	35	10,64	8,72	871,836183	2324,90		
13	14	82	16,8	0,8	0,5	1	19	1	645	35	11,76	9,64	963,608413	2569,62		
14	15	104	17,6	0,8	0,5	1	20	1	845	35	12,32	10,09	1009,49453	2691,99		

Los resultados específicos se encuentran en el **ANEXO 2**.



4.5. HIDROLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.5.1. Hidrografía

De acuerdo con el estudio de zonificación y codificación de cuencas hidrográficas elaboradas por CORPONARIÑO (**Figura 37**), el área de estudio se encuentra localizada sobre la cuenca de Orden 4 La merced afluente a la cuenca del río Pasto. En la **Tabla 47** se indica la zonificación detallada.

Tabla 47. Zonificación Hídrica.

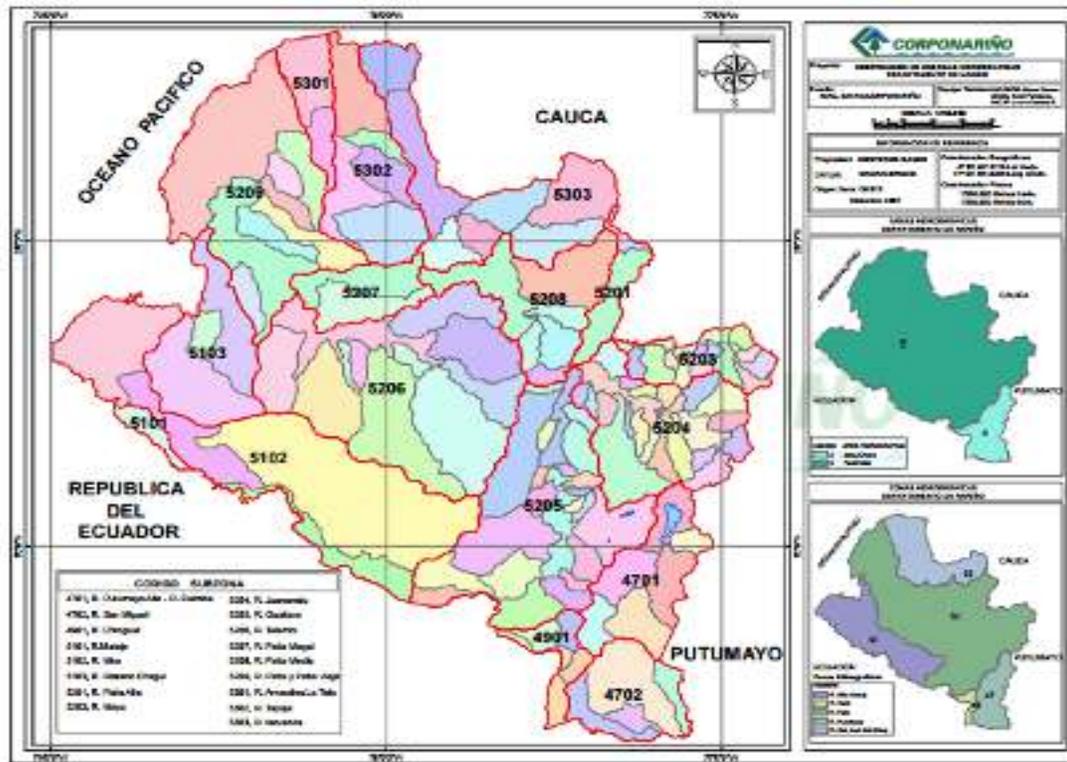
AREAS HIDROGRÁFICAS	ZONA HIDROGRÁFICA	SUBZONA HIDROGRÁFICA	CUENCAS ORDEN 3	MICROCUENCAS ORDEN 4
5. Pacífico	52. Río Patía	5204. Río Juanambú	5204071. Río Pasto	5204071001. La Merced

Fuente: Estudio de zonificación y codificación de cuencas hidrográficas de Nariño, 2007.

La cuenca del río Pasto es uno de los principales afluentes del río Juanambú, el cual hace parte de la gran cuenca del río Patía que nace en la vertiente occidental del sistema orográfico de Los Andes en el departamento de Nariño.



Figura 37. Mapa zonificación y codificación de cuencas del departamento de Nariño.



Fuente: Estudio de zonificación y codificación de cuencas hidrográficas de Nariño, 2007.

4.5.2. Hidrología superficial

Para el análisis de la hidrología superficial, considerando que no existen drenajes naturales susceptibles a desbordamiento, se procedió a realizar un análisis asociado a inundaciones pluviales “encharcamiento” por medio de la utilización del modelo FLO 2D.

- **Lluvia de proyecto.**

Para la definición de lluvia de proyecto se utilizó la curva IDF IDEAM ajustada de forma Lineal, de la estación Obonuco, cuyos coeficientes se presentan en la **Tabla 48**.

$$i = \frac{C1}{(D + X0)^{C2}}$$

Tabla 48. Coeficientes para diferentes tiempos de retorno, estación Obonuco.

TR (años)	C1	X0	C2
2	324.55	9.852	0.755
3	420.001	9.048	0.784
5	541.556	8.702	0.812
10	712.396	8.593	0.841
25	951.158	8.649	0.87
50	1141.572	8.741	0.888
100	1339.746	8.845	0.903

La discretización temporal interna de la lluvia fue realizada mediante la metodología de bloque alterno, la duración de la lluvia fue de 15 minutos considerando los diferentes tiempos de concentración estimados por los métodos presentados en la **Tabla 49**.

Tabla 49. Tiempos de concentración Predio la macarena.

Número	ID, Unidad Hidrológica	Kirpich	California Culverts Practice	Ramser - Kerby	Método Racional Generalizado	FAA	Carter	Dooge
1	La Macarena	5 min	5 min	12 min	8 min	19 min	6 min	7 min

El hietograma resultante de la aplicación de esta metodología para un tiempo de retorno de 100 años se presentan en la **Tabla 50** y

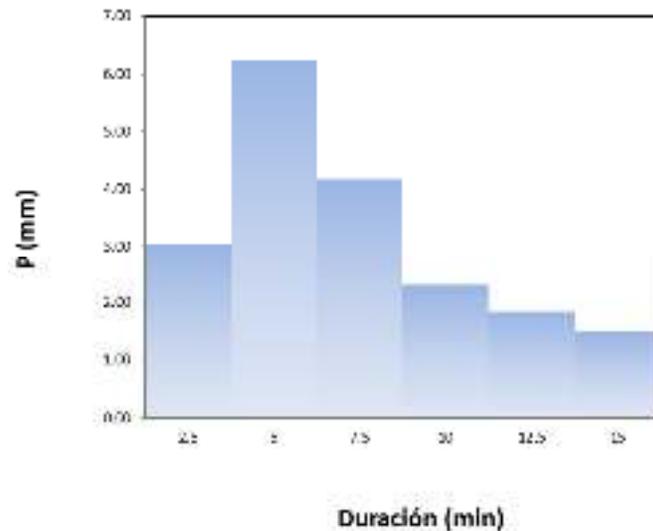
Figura 38.

Tabla 50. Hietograma de Proyecto cuenca predio La Macarena, Tiempo Retorno 100 años.

	1	2	3	4	5	6
Duración (min)	2.5	5	7.5	10	12.5	15
Intensidad(mm/hr)	149.52	124.90	107.51	94.54	84.48	76.44
Precipitación (mm)	6.23	10.41	13.44	15.76	17.60	19.11
δP (mm)	6.23	4.18	3.03	2.32	1.84	1.51
Arreglo (1/4)	3.03	6.23	4.18	2.32	1.84	1.51



Figura 38. Hietograma de Proyecto Cuenca predio la Macarena, TR 100 años.



- **Modelo de producción de escurrimiento.**

Para la generación de escurrimiento se utiliza dos modelos el de pérdidas e infiltración, el primero de ellos es el de la curva de escorrentía (CN) de SCS, el cual es una función de la profundidad de lluvia total y el parámetro del número de curva empírico que varía de 1 a 100.

La pérdida de lluvia de SCS es una función de la hidrología, tipo de suelo, uso y tratamiento de la tierra, condición de la superficie y condición de humedad antecedente. El método fue desarrollado con datos hidrográficos de 24 horas en cuencas rurales y de pendiente suaves en los Estados Unidos. Los números de la curva de escorrentía se han calibrado o estimado para una amplia gama de áreas urbanas, tierras agrícolas y pastizales semiáridos. El método SCS CN no tiene en cuenta la variación en la intensidad de la lluvia. Fue desarrollado para predecir la escorrentía de lluvia de cuencas hidrográficas no aforadas y su atractivo radica en su simplicidad. Para cuencas grandes



(especialmente cuencas semiáridas) que tienen características de infiltración únicas o variables, como canales, el método CN tiende a predecir en exceso la escorrentía (Ponce, 1989).

Los parámetros numéricos de la curva SCS se asignan gráficamente en el GDS para permitir una escorrentía de lluvia espacialmente variable. Los archivos de forma se usan para interpolar SCS-CN a partir de la cobertura del suelo y los atributos del suelo.

El método SCS-CN se combina con el método de infiltración Green-Ampt para calcular las pérdidas por transmisión de lluvia-escorrentía y de flujo superficial. Para este caso, el método SCS-CN se aplicará a los elementos de la cuadrícula con lluvia y el método Green-Ampt calculará la infiltración para los elementos de la cuadrícula que no tengan lluvia durante el período de tiempo.

El modelo de Green-Ampt (1911) fue el utilizado para calcular las pérdidas por infiltración debido a que es sensible a la intensidad de la lluvia. Cuando la lluvia excede la infiltración potencial, entonces se genera escorrentía. La infiltración continúa después de que ha cesado la lluvia hasta que toda el agua disponible ha escurrido o se ha infiltrado. La ecuación de Green-Ampt se basa en las siguientes suposiciones:

- El desplazamiento del aire del suelo tiene un efecto insignificante en el proceso de infiltración
- La infiltración es un proceso vertical representado por un frente de humectación de pistón distinto
- La compactación del suelo debido al impacto de las gotas de lluvia es insignificante
- Los efectos de histéresis del proceso de saturación y desaturación son insignificantes
- La profundidad del flujo tiene un efecto limitado en los procesos de infiltración.

La utilización del modelo de Green-Ampt, exige la especificación de parámetros tales como la conductividad hidráulica, la succión del suelo, la deficiencia de humedad volumétrica, la profundidad de almacenamiento del suelo y el porcentaje de área impermeable de acuerdo a la **Tabla 51, Tabla 52** y



Tabla 53. Los parámetros adoptados tanto para el modelo de perdidas como de infiltración se presentan en **Tabla 54** y **Tabla 55**.

Tabla 51. Conductividad hidráulica y porosidad modelo de infiltración de Green Ampt

Classification	$(in/hr)^2$	$(in/hr)^2$	$(in/hr)^2$	Porosity ⁴
sand and loamy sand	1.20	1.21 - 4.14	2.41 - 8.27	0.437
sandy loam	0.40	0.51	1.02	0.437
loam	0.25	0.26	0.52	0.463
silty loam	0.15	0.14	0.27	0.501
silt	0.10			
sandy clay loam	0.06	0.09	0.17	0.308
clay loam	0.04	0.05	0.09	0.464
silty clay loam	0.04	0.03	0.06	0.471
sandy clay	0.02	0.03	0.05	0.430
silty clay	0.02	0.02	0.04	0.479
clay	0.01	0.01	0.02	0.475
very slow			< 0.06 ³	
slow			0.06-20 ³	
moderately slow			0.20-0.63 ³	
moderate			0.63-2.0 ³	
rapid			2.0-6.3 ³	
very rapid			> 6.3 ³	

Fuente: (FLO 2D Manual reference, 2018).

Tabla 52. Profundidad de succión de suelo modelo de infiltración de Green Ampt.

Classification	h^2	h^2	h^2
----------------	-------	-------	-------



Loam	3.5	3.5	
silty loam	6.6	6.6	
Silt	7.5		
sandy clay loam	8.6	8.6	
clay loam	8.2	8.2	
silty clay loam	10.8	10.8	
sandy clay	9.4	9.4	
silty clay	11.5	11.5	
Clay	12.4	12.5	
Nickel gravel-sand loam			2.0 - 4.5
Ida silt loam			2.0 - 3.5
Poudre fine sand			2.0 4.5
Plainfield sand			3.5 - 5.0
Yolo light clay			5.5 - 10.0
Columbia sandy loam			8.0 9.5
Guelph loam			8.0 13.0
Muren fine clay			15.0 - 20.0

Fuente: (FLO 2D Manual reference, 2018).

Tabla 53. Deficiencia de humedad volumétrica modelo de infiltración de Green Ampt.

Classification	Dry (% Diff)	Normal (% Diff)
sand and loamy sand ¹	35	30
sandy loam	35	25
loam	35	25
silty loam	40	25
silt	35	15
sandy clay loam	25	15
clay loam	25	15
silty clay loam	30	15

Fuente: (FLO 2D Manual reference, 2018).

Tabla 54. Parámetros de perdidas adoptados modelo de encharcamiento La Macarena.

Cobertura	Suelos	Área	CN
-----------	--------	------	----



Pastos	B	89241	79
Zonas Urbanizadas	B	8229	92
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	B	526	76
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	B	2305	85
Áreas con vegetación, herbácea y/o arbustiva	B	1137	66
Bosques	B	10984	60

Tabla 55. *Parámetros de almacenamiento adoptados modelo de encharcamiento La Macarena.*

Parámetro	Unidad	Valor
Conductividad hidráulica	0.02	Pulgadas/hora
porosidad	0.48	-
Profundidad de succión	11.5	Pulgadas
Deficiencia humedad volumétrica	40 (húmedo)	porcentaje

- **Modelo de tránsito.**

El tránsito hidráulico propuesto por FLO-2D se basa en una ecuación cuadrática de pendiente de fricción. La velocidad estimada representa la velocidad de flujo calculada en cada límite de elemento de la zona de circulación de flujo, el n de Manning para el flujo en superficie adoptado estuvo entre un rango de 0.013 y 0.4, este se obtuvo a través del mapa de coberturas. En este orden de ideas, la esquematización del cómputo del coeficiente de Manning para cada celda definida con base en el modelo digital de terreno se presenta en la

Tabla 57 los cuales fueron seleccionados con base en los valores presentados en la **Tabla 56**Tabla 63.

Tabla 56. *Rugosidad n de Manning overland Flow.*



Surface	n-value
Dense turf	0.17 - 0.80
Bermuda and dense grass, dense vegetation	0.17 - 0.48
Shrubs and forest litter, pasture	0.30 - 0.40
Average grass cover	0.20 - 0.40
Poor grass cover on rough surface	0.20 - 0.30
Short prairie grass	0.10 - 0.20
Sparse vegetation	0.05 - 0.13
Sparse rangeland with debris	
0% cover	0.09 - 0.34
20 % cover	0.05 - 0.25
Plowed or tilled fields	
Fallow - no residue	0.008 - 0.012
Conventional tillage	0.06 - 0.22
Chisel plow	0.06 - 0.16
Fall disking	0.30 - 0.50
No till - no residue	0.04 - 0.10
No till (20 - 40% residue cover)	0.07 - 0.17
No till (60 - 100% residue cover)	0.17 - 0.47
Open ground with debris	0.10 - 0.20
Shallow glow on asphalt or concrete (0.25" to 1.0")	0.10 - 0.15
Fallow fields	0.08 - 0.12
Open ground, no debris	0.04 - 0.10
Asphalt or concrete	0.02 - 0.05

Fuente: (FLO 2D Manual reference, 2018).

Tabla 57. *Parámetros de rugosidad adoptados modelo de encharcamiento La Macarena*

Cobertura	n manning
Pastos	0.3
Zonas Urbanizadas	0.013
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	0.25
Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	0.013
Áreas con vegetación, herbácea y/o arbustiva	0.1



Bosques	0.4
---------	-----

Los resultados obtenidos producto del modelamiento del encharcamiento se presentan en la **Figura 39** y **Figura 40**.

Como consideraciones generales para una condición de lluvia crítica con tiempo de retorno de 100 años se puede concluir:

- Profundidad del flujo superficial de acumulación dentro del predio no superan los 20 centímetros de profundidad
- La velocidad de flujo superficial de acumulación dentro del predio no supera los 0.13 m/s.
- La acumulación de flujos es localizada en ciertos puntos del predio coincidentes con la geomorfología del mismo
- Los flujos por encharcamiento no presentan una amenaza al predio debido a sus bajas magnitudes.
- Los encharcamientos presentados se deben principalmente a la distribución de pendientes en el predio los cuales deber ser manejados con obras de drenaje propios del desarrollo urbano del predio en concordancia con la infraestructura hidráulica disponible en el sector

Figura 39. *Mapa acumulación flujos por encharcamiento predio La Macarena.*





Figura 40. Mapa de velocidad de acumulación flujos por encharcamiento predio La Macarena.





4.5.3. Oferta y demanda hídrica

La oferta hídrica neta es el volumen de agua que ofrece una fuente hídrica expresada en unidades de millones de metros cúbicos por año ($\text{mm}^3/\text{año}$), que resulta después de aplicar los factores de reducción para conservar fuentes frágiles y ecosistemas acuáticos y de ribera.

De acuerdo con el estudio de Índice de escasez de agua superficial de la cuenca del río Pasto realizado por CORPONARIÑO en el año 2008, la cuantificación de la oferta hídrica disponible se realizó teniendo en cuenta la metodología de factores de reducción dispuestos por el IDEAM para regiones Andina y Caribe, es decir, la reducción del 25 % por calidad de agua y del 25 % por caudal ecológico. Teniendo que para la cuenca alta del río Pasto en el sector alto y bajo oriente la oferta es de $9.68 \text{ mm}^3/\text{año}$.

De acuerdo con el estudio la demanda de agua para el desarrollo de las actividades socioeconómicas en el área de estudio representa principalmente mediante los siguientes usos: agrícola, doméstico, pecuario y servicios; el uso que presenta un mayor porcentaje es el Doméstico con el 65% del total del consumo, con el 25% el agrícola y con el 8% el sector servicios, en menor escala el pecuario y el agroindustrial con porcentajes del 1% cada uno de ellos.

4.5.4. Calidad del recurso hídrico para abastecimiento

De acuerdo con información del de Instituto Departamental de Salud de Nariño, correspondiente al Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA), se obtuvo como resultado un nivel de riesgo es alto para el consumo del agua no tratada, cruda o agua tomada directamente de la fuente, esto indica que el agua de la cuenca del río Pasto presentan niveles de contaminación que pueden causar problemas para la salud de las poblaciones que realizan uso de ella; por lo tanto se deben establecer medidas para realizar un mejor tratamiento a las aguas de consumo para la totalidad de la población del área de influencia de la cuenca, además revisar y establecer parámetros para controlar los vertimientos que se realizan.



4.5.4.1. Medidas para la gestión de la calidad del agua.

Con el propósito de garantizar la gestión de la calidad del agua es de carácter obligatorio en la ejecución de las obras el cumplimiento de los lineamientos establecidos en el capítulo 5 donde se establecen los requerimientos para el Plan de Manejo Ambiental.

El desarrollo del Plan Parcial La Macarena – Sector Aranda contempla que las redes de aguas residuales y pluviales sean operadas por EMPOPASTO S.A.E.S.P. S.A.E.S.P. Los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial del Plan Parcial, deberán proyectarse bajo los criterios de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS).

4.5.5. Hidrogeología

Los aspectos hidrogeológicos se centran en la obtención de los niveles freáticos como detonantes de movimientos en masa; sin embargo, es importante establecer un análisis cualitativo en las áreas de análisis de las condiciones de permeabilidad de las unidades litoestratigráficas que se definen (SGC, 2015).

- La unidad analizada presenta una humedad natural del 17-70 % para las muestras representativas, la cual se considera media a alta condiciones variantes de saturación en el terreno.
- Al ser suelos finos granulares su plasticidad tiende a ser alta y permeabilidad baja.
- En las perforaciones realizadas se encontró el nivel freático, a una profundidad media de 2 metros en las zonas bajas y de 7 metros en las zonas con pendientes altas siendo este último valor de regencia al momento del modelamiento determinístico en el análisis de movimientos en masa.



4.6. USO Y COBERTURA DEL SUELO

El análisis y determinación de los diversos usos del suelo que se presenta en el área objeto de estudio, se realiza sobre la base de los usos catastrales y los identificados en campo mediante recorridos técnicos.

El área total del predio es de 11.24 hectáreas, el uso predominante en el área de influencia es agropecuario con un 79.38% del total del área, seguido de un área de bosques áreas seminaturales con un 13.30% del total del área y finalmente territorios artificializados constituido por vías de 7.32% de ocupación, tal como se observa en la **Tabla 58** y en la **Figura 41**.

Tabla 58. Coberturas Plan Parcial La Macarena.

Tipo de Cobertura	Uso del Suelo	Área (m2)	% Ocupación
Territorios artificializados	Red vial	8,228.98	7.32
Bosques y áreas seminaturales	Protección	14,952.46	13.30
Territorios agrícolas	Agropecuario	89,241.05	79.38
TOTAL		112,422.49	100.00

Por su parte el área de influencia se caracteriza por edificaciones con máximo dos pisos de altura, que se han alcanzado en las áreas de vivienda de los predios vecinos como producto de autoconstrucción y mediante desarrollo progresivo.

Para el caso específico del área del Plan Parcial La Macarena, existen edificaciones de uno y dos pisos, construidas en mampostería y algunas en tapia, que es una pared conformada en tierra o barro amasado y con cubiertas en teja de barro, característica de las edificaciones existentes del área rural de la ciudad de Pasto.



Figura 41. Mapa de coberturas Plan Parcial La Macarena.



4.7. CARACTERIZACIÓN DE FLORA Y FAUNA

El predio se localiza en la zona de vida de Bosque seco montano Bajo (bs-MB), esta Zona se encuentra entre los 2.600 hasta los 2.770 msnm, la temperatura media es de 14 grados centígrados y un régimen de lluvias entre los 500 y 1000 mm anuales.

La zona evidencia la continua intervención humana que por centenares de años ha modificado profundamente la vegetación nativa y muy pocos árboles lograron sobrevivir, el clima es seco y los suelos, al no sufrir lavado excesivo, conservan su fertilidad por largo tiempo.

La vegetación nativa ha sido profundamente alterada por la actividad humana, actualmente la zona de estudio tiene un uso predominante agropecuario.

4.7.1. Diversidad y composición de fauna

La alteración de los ecosistemas como consecuencia de las actividades humanas es reconocida como una de las principales causas directas de la pérdida de la diversidad biológica (Escobar y Chacón, 2000). Actualmente, las ciudades experimentan procesos de rápido crecimiento espacial y demográfico, generando conflictos ambientales como la disminución de la biodiversidad, la cual aparece como una condición generalizada que afecta negativamente el funcionamiento de los ecosistemas naturales, ya que predomina como característica general, la poca cantidad y calidad de espacios verdes (Sierra, 2012).

La fauna de sitios urbanizados, cumple distintas funciones ecológicas y brinda servicios ambientales, tal es el caso de la entomofauna, la cual realiza funciones ecológicas como la polinización, descomposición de la materia orgánica, circulación de nutrientes y el flujo de energía dentro de los ecosistemas (González y Lozano, 2004. Sierra, 2012).

El estudio de la entomofauna permite evaluar el efecto de la fragmentación y reducción de los ambientes naturales ya que son considerados excelentes indicadores de diversidad y de procesos ecológicos, por esta razón, existen ciertos grupos dentro de la entomofauna que son usados para evaluar uso del suelo y contaminación de los cuerpos de agua (Álvarez et al. 2006).



La riqueza y abundancia de la entomofauna y sus respectivos procesos ecológicos se ven influenciados por la perturbación humana, es así como los patrones de composición y riqueza de especies tanto de insectos como de otros grupos de artrópodos, pueden explicarse en términos de alteración humana (Andrade, 1998).

Dentro de los insectos, las mariposas diurnas y los escarabajos coprófagos han sido reconocidos como bioindicadores útiles en trabajos de monitoreo y evaluación de impacto ambiental, principalmente por la sencillez y rapidez de su muestreo y por su taxonomía relativamente conocida con respecto a otros grupos de insectos (Arango et al. 2007).

Los escarabajos coprófagos utilizan el excremento como principal recurso alimenticio y para nidificación; los excrementos que los insectos almacenan bajo tierra contienen una gran cantidad de nutrientes y permite una mejoría en las condiciones físico-químicas del suelo, otras consecuencias de dicha actividad son el control de parásitos e insectos vectores de enfermedades y la dispersión secundaria de semillas, permitiendo la regeneración natural de los bosques (Escobar y Chacón 2000. Noriega, 2013).

Por el papel biológico que desempeñan los insectos en la naturaleza, por su sensibilidad a los cambios en el ecosistema y por la facilidad para estandarizar los métodos de captura, son utilizados como parámetro en la medida de la diversidad y son considerados un grupo importante para la evaluación de los cambios producidos por las actividades humanas (Álvarez et al. 2006).

El grupo de mariposas, por ejemplo, es importante por sus roles ecológicos (herbivoría y polinización). La riqueza de mariposas generalmente depende de la diversidad local de plantas y es afectada negativamente por la reducción y aislamiento de fragmentos de bosque, por lo cual son indicadoras del estado de conservación de un ecosistema (Blas et al. 2003).

La frecuencia y la intensidad de los disturbios humanos sobre los ecosistemas pueden modificar drásticamente la abundancia y la diversidad de la fauna y flora (Weins et al. 1993), dichos disturbios como la sustitución de pérdidas de bosque por zonas dedicadas a la ganadería y a la agricultura son las causas principales que modifican de forma indirecta la comunidad de



coprófagos, los cuales son relativamente intolerantes a las condiciones imperantes en zonas intervenidas debido a los cambios microclimáticos y de oferta de recursos (Klein 1989).

Los lepidópteros son relevantes dentro de la cadena trófica ya que juegan un papel importante en la transferencia de energía a niveles superiores, al servir de alimento a otros animales (Castillo, 2012). Además, cumplen el papel de polinizadores de diferentes especies vegetales (Tobar et al. 2001).

Estos organismos se ven afectados por la influencia de presiones humanas que generan un impacto negativo sobre la dinámica de las comunidades debido a la transformación de la flora nativa en zonas de pastizal, cultivos o construcciones, generando la desaparición total de las mariposas o la excesiva proliferación de una especie en particular (Guerrero y Ordoñez, 2013).

Las especies en el área de estudio corresponden a organismos generalistas propios de hábitats intervenidos, cuya riqueza y abundancia fueron bajas. Las familias registradas en este estudio, evidenciaron dominancia especialmente para la transición entre las coberturas de bosque-pastizal, donde la diversidad fue baja. No se registraron especies endémicas ni con algún grado de amenaza, pese a esto, la disminución de artrópodos producto de la urbanización podría afectar negativamente la presencia de otras especies de aves, mamíferos o herpetos insectívoros.

Con base en la descripción anterior es necesario al momento de llevar a cabo el desarrollo urbanístico del Plan Parcial, es conveniente conservar zonas verdes que actúen como corredores biológicos naturales que permitan mantener las poblaciones de mariposas, escarabajos coprófagos y otros organismos presentes en la zona. Se debe compensar la pérdida de cobertura vegetal producto de la construcción, con plantas nativas que favorezcan el establecimiento y permanencia de diferentes comunidades de artrópodos con roles ecológicos relevantes.

4.7.2. Diversidad y composición florística

La Vegetación se ha considerado como la representación integral de la interrelación entre los factores bióticos (intrínsecos y extrínsecos) y abióticos (suelo, clima, agua, entre otros). Por ello,



los estudios de la vegetación son uno de los principales soportes para la planificación, manejo y conservación de los ecosistemas tropicales, además de ecosistemas antropogénicamente intervenidos como son los sistemas agropastoriles, agroforestales y la flora de espacios urbanos, Torrado (2015).

Esto gracias a que la información proveniente de una caracterización o inventario florístico suministra información de base sobre la diversidad y estructura vegetal, lo cual permite determinar el estado de conservación de las áreas estudiadas (Villarreal et al.2004). En la actualidad, los ecosistemas boscosos cercanos a las áreas urbanas enfrentan una acelerada destrucción debido a la ampliación de la frontera agrícola, el crecimiento demográfico y en general, a la transformación del entorno natural por la demanda humana, cuyo resultado a mediano y largo plazo es la extinción local de las especies de flora que anteriormente ocupaban este territorio (Ponce, 2005).

En el área del Plan Parcial La Macarena – Sector Aranda, se pudo observar que claramente las especies predominantes son las especies comunes de entornos intervenidos por el hombre y la mayor área de la localidad evaluada corresponde a pastizales dedicados a la ganadería y en menor proporción pastos que son típicos de entornos en estado de abandono.

Finalmente con la descripción anterior es necesario recomendar que si bien se presentan especies muy comunes de vegetación además de los pastos de uso ganadero; se generen estrategias de conservación del hábitat de especies no humanas en entornos urbanos, que permitan a las especies de flora y fauna las cuales de manera directa o indirecta puedan desempeñar múltiples beneficios y servicios ambientales que contribuyen a la “salud” y equilibrio de la ciudad misma, que van desde la polinización y dispersión de semillas, hasta el aprovechamiento y degradación de los desechos urbanos. En el área de estudio no se evidencia presencia de Flora y Fauna endémica o de importancia ecosistémica que ameriten manejo especial.



4.8. ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL

De conformidad con lo delimitado en la zonificación ambiental del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Pasto 2015, La Estructura Ecológica está conformada por el conjunto de ecosistemas que garantizan la integridad de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, con el fin de satisfacer las necesidades básicas de la población, los cuales a su vez se constituyen en elementos estratégicos para el ordenamiento territorial.

Con dicha estructura se busca asegurar en el tiempo los espacios para el conocimiento, la conservación y la utilización de esa biodiversidad, su funcionalidad y la capacidad de soporte de prestación de los servicios para el desarrollo socioeconómico de la población en forma equitativa, segura y sostenible.

En el área del Plan Parcial La Macarena entre los elementos que hacen parte de la estructura ecológica municipal está el Corredor Ecológico de Transición rural Morasurco Cabrera, parque ambiental y zonas de protección denominada Janacatú, la cual se articula con el área del Plan Parcial La Macarena y la servidumbre por líneas de alta tensión.

Dentro de las áreas de protección se determinan las líneas de alta tensión, estas fajas de aislamiento configuran otra conexión y complementariedad con la estructura ecológica puesto que mantiene su función de servidumbre de la infraestructura de servicios públicos a la vez que cumple sus funciones dentro del corredor ecológico.

Se debe considerar que la estructura ecológica brinda una serie de bienes y servicios que proporcionan cada uno de los elementos que la conforman, estos ecosistemas son fundamentales para el bienestar y el desarrollo económico y social actual y futuro de la población.

Los servicios ecosistémicos se clasifican en:

- **Servicios de apoyo:** por ejemplo, formación del suelo, ciclo de los nutrientes, producción primaria.



- **Servicios de aprovisionamiento:** por ejemplo, alimentos, agua potable, leña, fibra, productos químicos biológicos, recursos genéticos.
- **Servicios de regulación:** por ejemplo, regulación climática, regulación de enfermedades, regulación hídrica, purificación del agua, polinización.
- **Servicios culturales,** por ejemplo, espiritual y religioso, recreación y ecoturismo, estética, inspiración, educación, ubicación, herencia cultural.

4.8.1. Corredores ecológicos

Los corredores ecológicos de transición rural son el conector de la biodiversidad hacia la ciudad y pacto social de borde. Son el espacio de restauración de la biodiversidad original, y la recreación de la biodiversidad urbana. Los servicios ecosistémicos que brinda son el uso público recreativo, uso científico y educativo, como se indica en la **Figura 42**.

El corredor ecológico de transición rural que atraviesa el área del Plan Parcial La Macarena permite la conexión de los ecosistemas de alta montaña, la Reserva Natural Janacatú, el Plan Parcial Ecotesual y el río Pasto, lo cual fomenta la conectividad ecológica de los elementos de la Estructura Ecológica Municipal y la prestación de servicios ambientales para la ciudad (Ver **Figura 43**).

El desarrollo del Plan Parcial La Macarena genera elementos importantes que hacen parte de la Estructura Ecológica del Municipio, en la actualidad únicamente se encuentra el corredor ecológico de transición rural y la servidumbre de las líneas de alta tensión, con el Plan Parcial se generan 3.9 hectáreas de Espacio Público Efectivo consolidado y cualificado, incorporando al espacio público efectivo del Plan el área del corredor ecológico que hace su paso por el polígono del Plan Parcial, para generar el Parque Ambiental La Macarena.

Actualmente el área definida como corredor ecológico de transición rural en el Plan Parcial La Macarena presenta una cobertura de Territorios Agrícolas – Pastos - Pastos enmalezados, la formulación del Plan Parcial tiene como propósito la consolidación del corredor ecológico para que brinde los servicios ecosistémicos y articule los diferentes elementos de la estructura ecológica



municipal, desde los ecosistemas de alta montaña, las áreas del corredor ecológico de transición rural estructurada en el Plan Parcial Eco-Tescual y el río Pasto.

Figura 42. *Corredor Ecológico de Transición rural Morasurco Cabrera en el área del Plan Parcial La Macarena.*

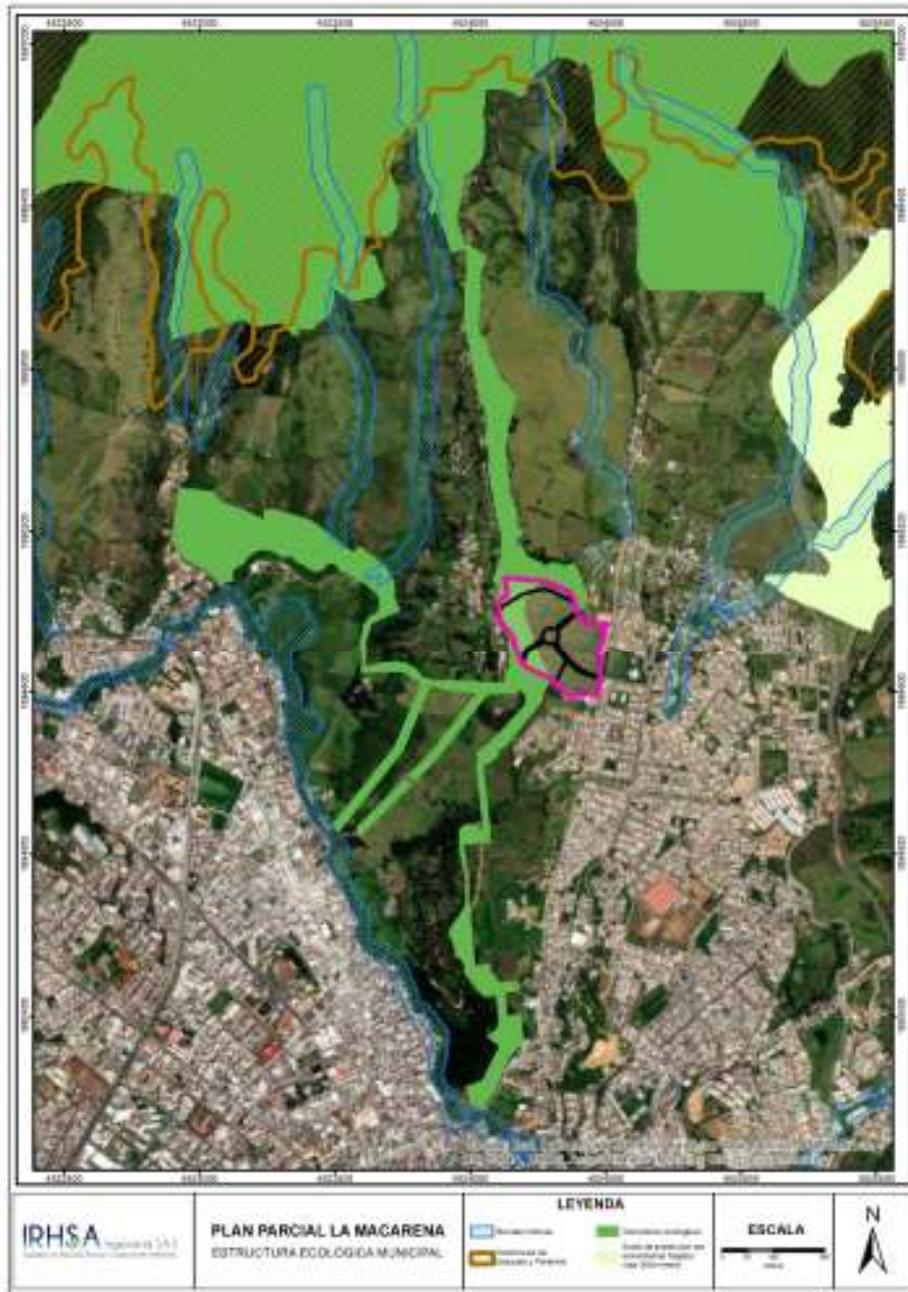
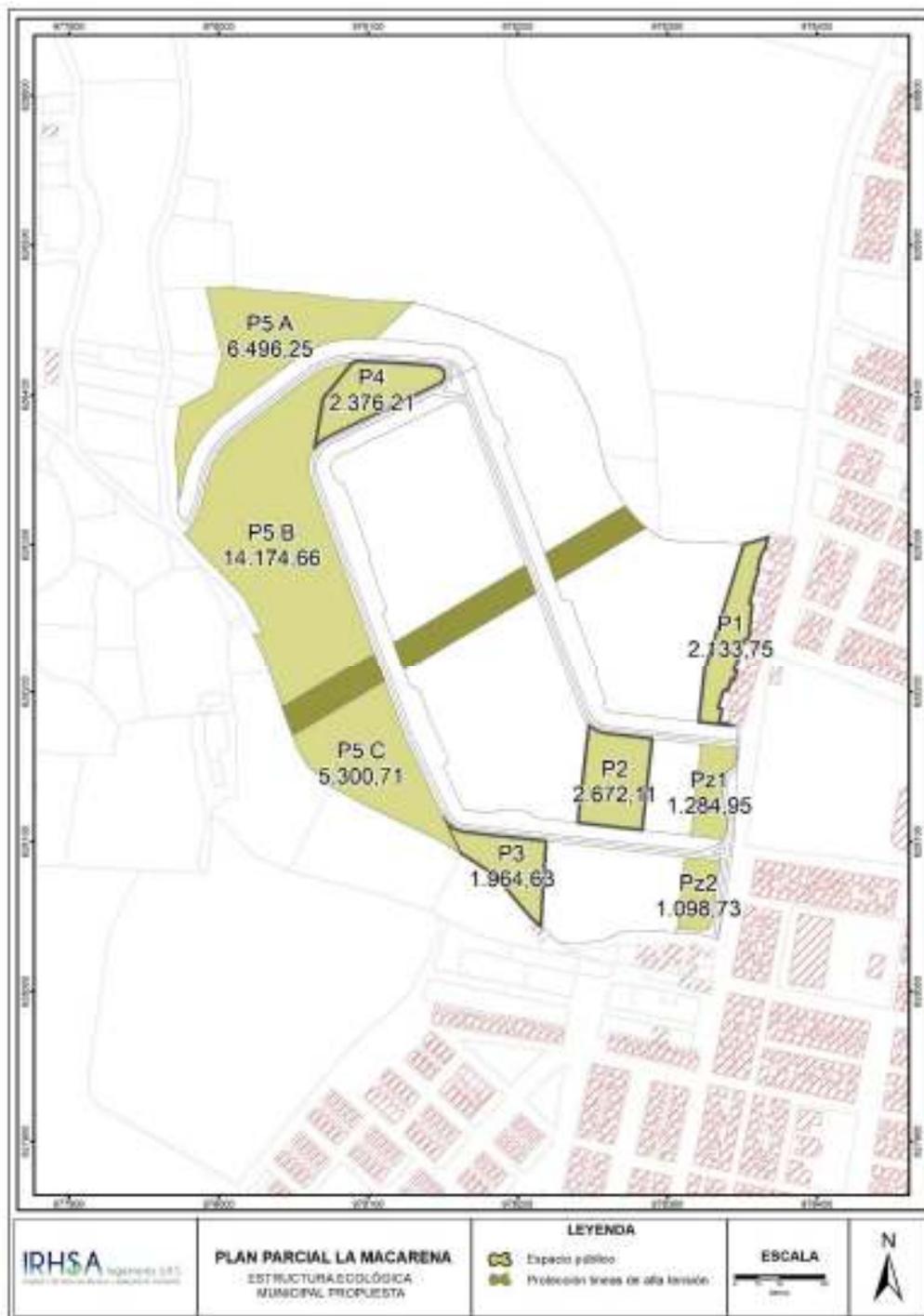


Figura 43. Estructura Ecológica Municipal Propuesta del Plan Parcial La Macarena.



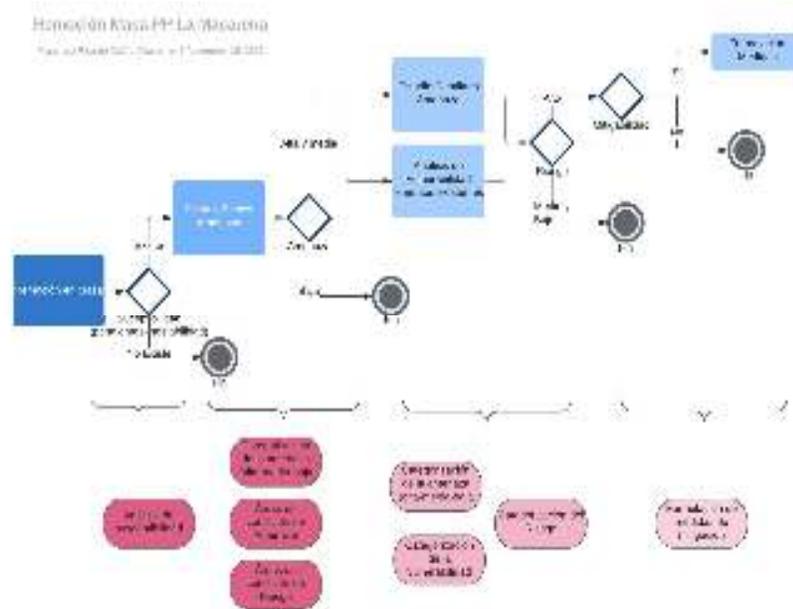
5. GESTION DEL RIESGO

5.1. ANÁLISIS DE AMENAZA Y RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA

Para la elaboración de los estudios de amenaza por movimiento en masa se siguió como eje fundamental el decreto 1077 de 2015 (Decreto 1077, 2015, Sección 3 – Subsección 2; Decreto 1077, 2015, Sección 4 – Subsección 3.), donde se exige la elaboración de los estudios básicos y detallados para la planificación de planes parciales, por ello se realizaron los insumos, el análisis y la evaluación asociados a movimientos en masa. Se realizó el análisis de amenaza a 1:5000 con la elaboración de los factores condicionantes y detonantes a 1:2000, con estos resultados y siguiendo las áreas en condición de amenaza y riesgo, se realizó el análisis a detalle por movimientos en masa de las áreas categorizadas en el estudio básico de amenaza alta y media por movimientos en masa. En la siguiente figura se indica el proceso llevado a cabo para la realización de los estudios de amenaza en la zona de estudio.



Figura 44. Esquema de *Estudios de Amenaza por movimientos en masa PP La Macarena.*



5.1.1. Amenaza por movimientos en masa-Estudio básico

5.1.1.1. Metodología

- **Susceptibilidad.**

Para el cálculo de la susceptibilidad por movimientos en masa se utilizaron los factores condicionantes de pendientes, UGI, elementos geomorfológicos, cobertura y usos del suelo, los cuales fueron identificados como variables independientes, y el inventario de movimientos en masa como variable dependiente. Para el cálculo de la probabilidad espacial a generar movimientos en masa se utilizó el método estadístico de regresión logística, la cual relaciona la probabilidad de ocurrencia de la variable dependiente (movimientos en masa) con las variables independientes, en valores que van de 0 a 1 (1= ocurrencia de un deslizamiento), la relación se describe a través de la función “logit” L donde si $L < 0$ significa una probabilidad de no ocurrencia, siendo $Z > 0$ una probabilidad de ocurrencia. La probabilidad a que un movimiento en masa ocurra se expresa por:

$$Pr = \frac{e^L}{1 + e^L} = \frac{1}{1 + e^{-L}}$$



La función logit (L) se asume que contiene las variables independientes de las cuales la ocurrencia por movimientos en masa o variable dependiente ocurra. Estas variables son geoespaciales y se proyectan en ráster. El término L se puede expresar de la forma lineal:

$$L = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i$$

Donde β_0 es el intercepto del modelo, β_i son los n coeficientes de pendiente del modelo y x_i son los n factores condicionantes o variables independientes. El modelo lineal formado es una regresión logística para la presencia o no de movimientos en masa (condiciones presentes) según las variables independientes (factores condicionantes). A través de la anterior fórmula se calculó el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa.

Para el procesamiento de los factores condicionantes y el inventario de movimientos en masa se utilizó Quantum GIS 3.4 y el software estadístico R studio.

La validación de los resultados es importante para calificar el modelo de predicción y así tenga una significancia científica. Para el actual modelo se validó con el área bajo la curva del método estadístico ROC el cual se calculó a través del software estadístico R studio.

Posteriormente los resultados fueron convertidos a probabilidad a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{1 + e^{-S}}$$

Donde ℓ es exponente y S la susceptibilidad en valores de regresión logística.

- **Factores Detonantes.**

Para el cálculo de los factores detonantes (lluvia, sismo), se considera que el factor sismo es homogéneo en toda el área generando se un sismo afectará toda el área de estudio. Y el factor de lluvia se realizó una relación estadística entre las precipitaciones y la ocurrencia de movimientos en masa en el área de estudio. Por lo último la temporalidad de ocurrencia de movimientos en masa en la susceptibilidad del área la dará la detonante lluvia.



– Lluvia.

Este detonante se analizó calculando la precipitación máxima diaria anual a diferentes periodos de retorno de estaciones cercanas al área de estudio como son Wilquipamba, Udenar y Obonuco.

A partir de estos datos se realizó el mapa de precipitación con un período de retorno de 25 años mediante el método de Distancia Inversa Ponderada o IDW por sus siglas en inglés, posteriormente se siguió las recomendaciones de Dahal et al., (2008) donde se relaciona espacialmente la ocurrencia de movimientos en masa y las isopletas de las precipitaciones a través del método de regresión logística para predecir más ocurrencia de estos con respecto a las lluvias. Esos resultados se expresan en probabilidad.

● **Amenaza.**

La amenaza se calculó siguiendo la metodología de CORANTIOQUÍA & Eafit, (2015) donde se pondera la susceptibilidad y la detonante lluvia en términos de probabilidad, esto se realizó con el período de retorno de 25 año por selección técnica. La ecuación utilizada se da a continuación.

$$\text{Amenaza por movimientos en masa} = (Wis \times 0.8) + (WiTr \times 0.2)$$

Donde:

Wis = Ponderado de Susceptibilidad.

WiTr = Ponderado de cada período de retorno del detonante lluvia (Tr= 25 años).

5.1.1.2. Resultados

A partir de los resultados de probabilidad se zonifica el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, en el cual se categorizó en baja, media y alta susceptibilidad ver **Figura 46**.

Los ajustes estadísticos de bonanza del modelo de regresión logística indican que dentro de la desvianza, los factores condicionantes que menos incertidumbre generan al momento de la predicción son Coberturas y geomorfología, en menor proporción pendientes y geología para ingeniería (Ver **Tabla 59**).



Tabla 59. Análisis de Desvianza.

```

Coefficients:
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -6.88168    0.18067  -38.09  <2e-16 ***
Coberturas   0.16965    0.01421   11.94  <2e-16 ***
Gmf          -0.37955    0.01429  -26.55  <2e-16 ***
Slope_2      0.23721    0.01991   11.91  <2e-16 ***
UGI          0.88541    0.03793   23.34  <2e-16 ***
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
    
```

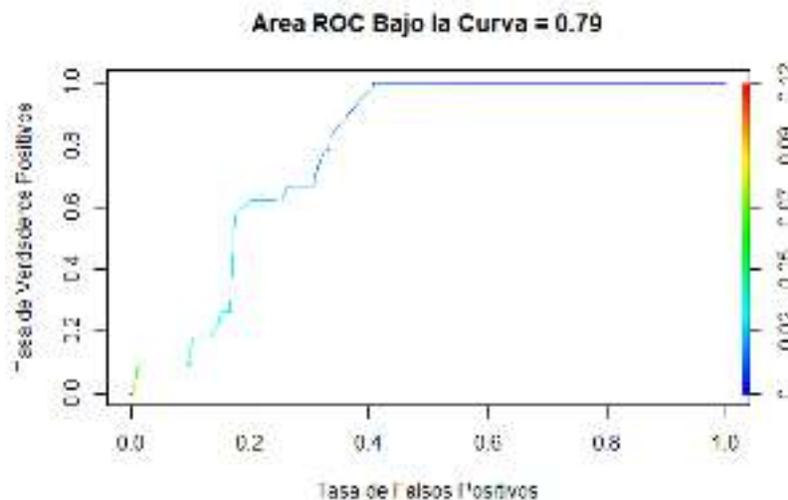
En la **Tabla 60**, se observa que la bondad de ajuste según McFadden es de 0.00981 por lo cual tiene un ajuste excelente.

Tabla 60. Ajuste del modelo por pseudo-r2.

	11h	11hNu11	G2	McFadden	r2ML	r2CU
	-9.302442e+03	-1.031475e+04	2.024618e+03	9.814187e-02	1.505775e-02	1.051239e-01

La validación del modelo de susceptibilidad se estimó con el área bajo la curva ROC, el modelo tiene buen ajuste y desvianza. El área bajo la curva es de 0.79 (Ver **Figura 45**).

Figura 45. Tasa de positivos.



- **Lluvia.**

Los resultados de las precipitaciones máxima anual diaria se presentan en la **Figura 47**.



Figura 46. Mapa de susceptibilidad por Movimientos en Masa.

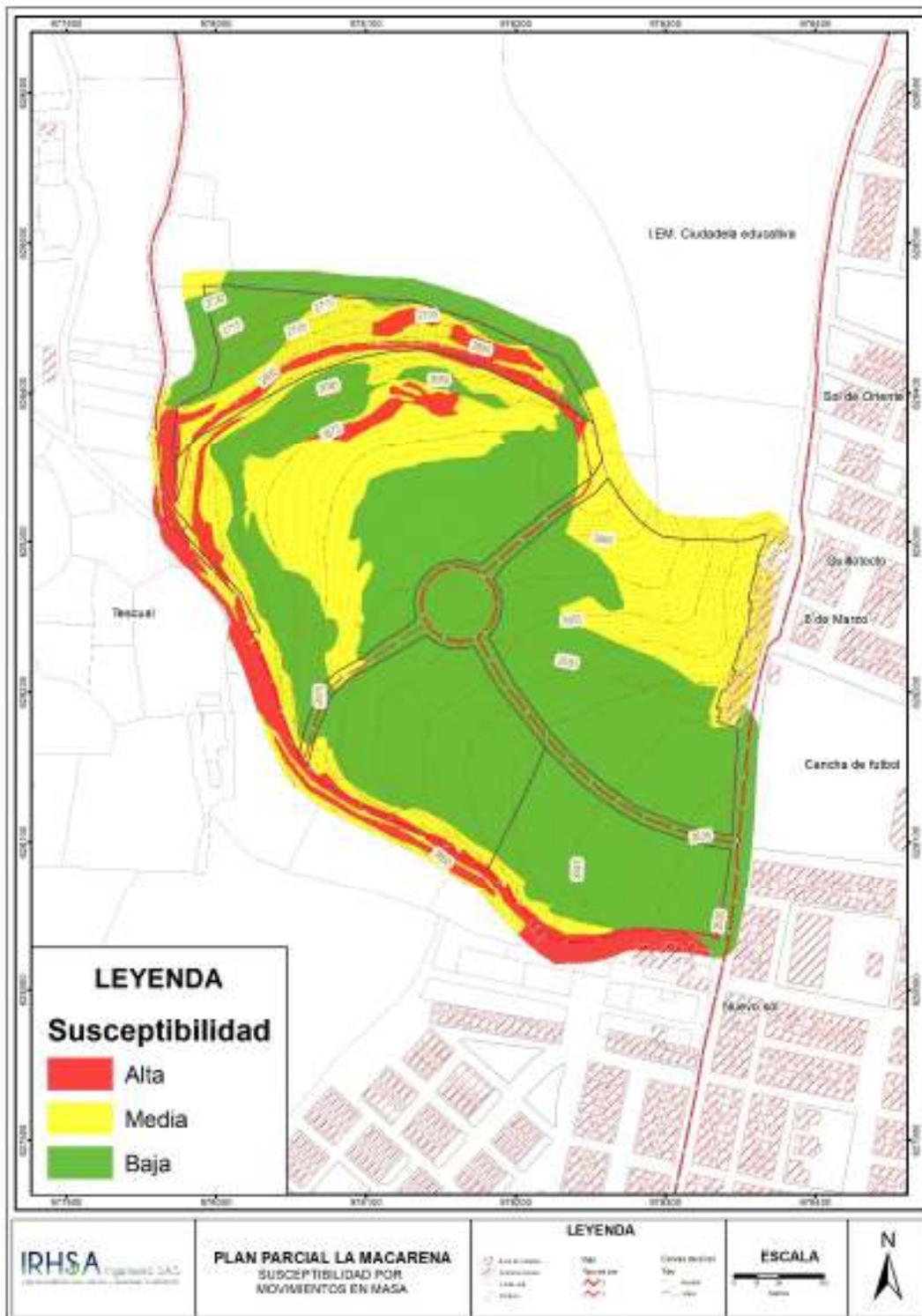
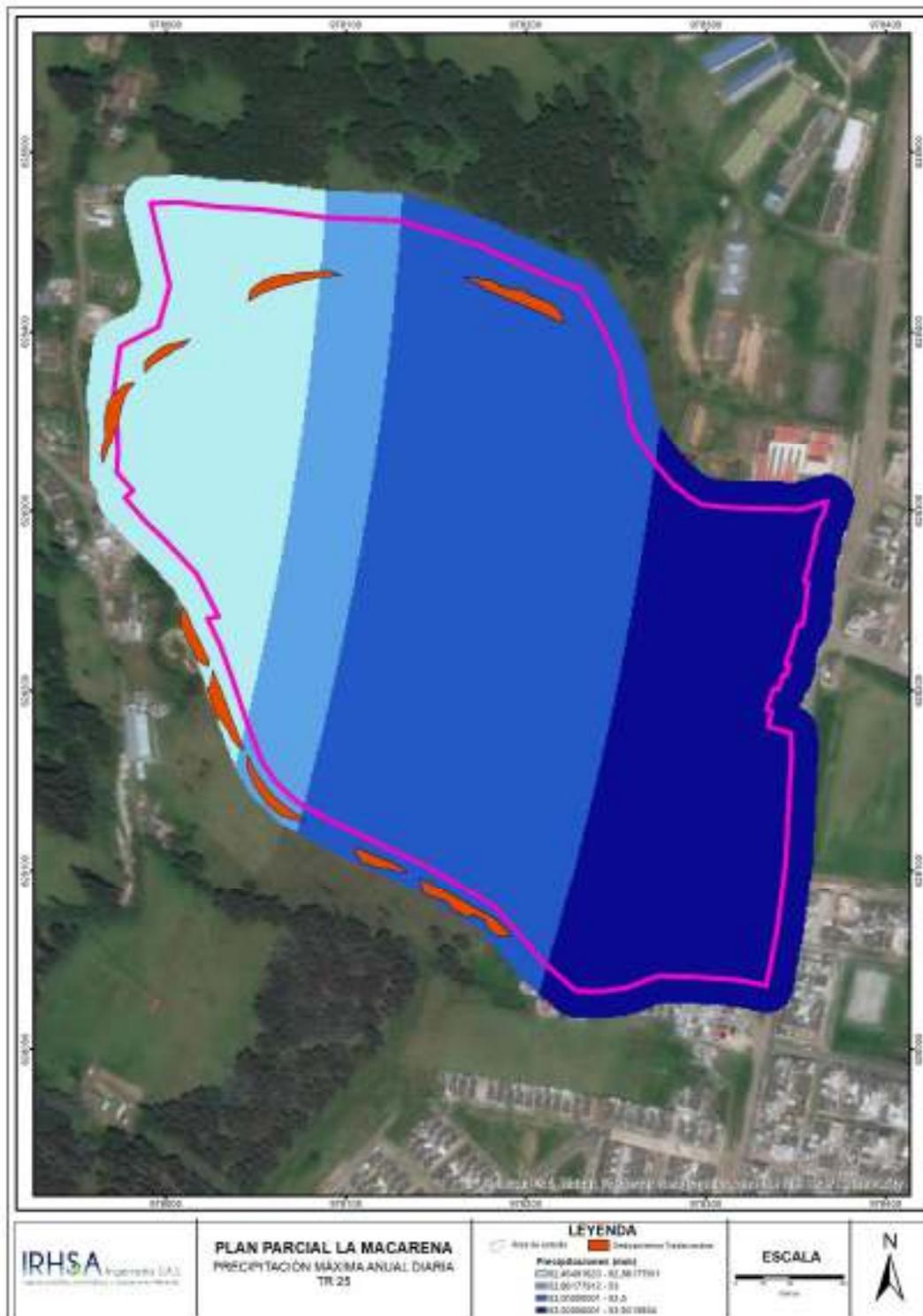


Figura 47. Precipitación máxima anual diaria.



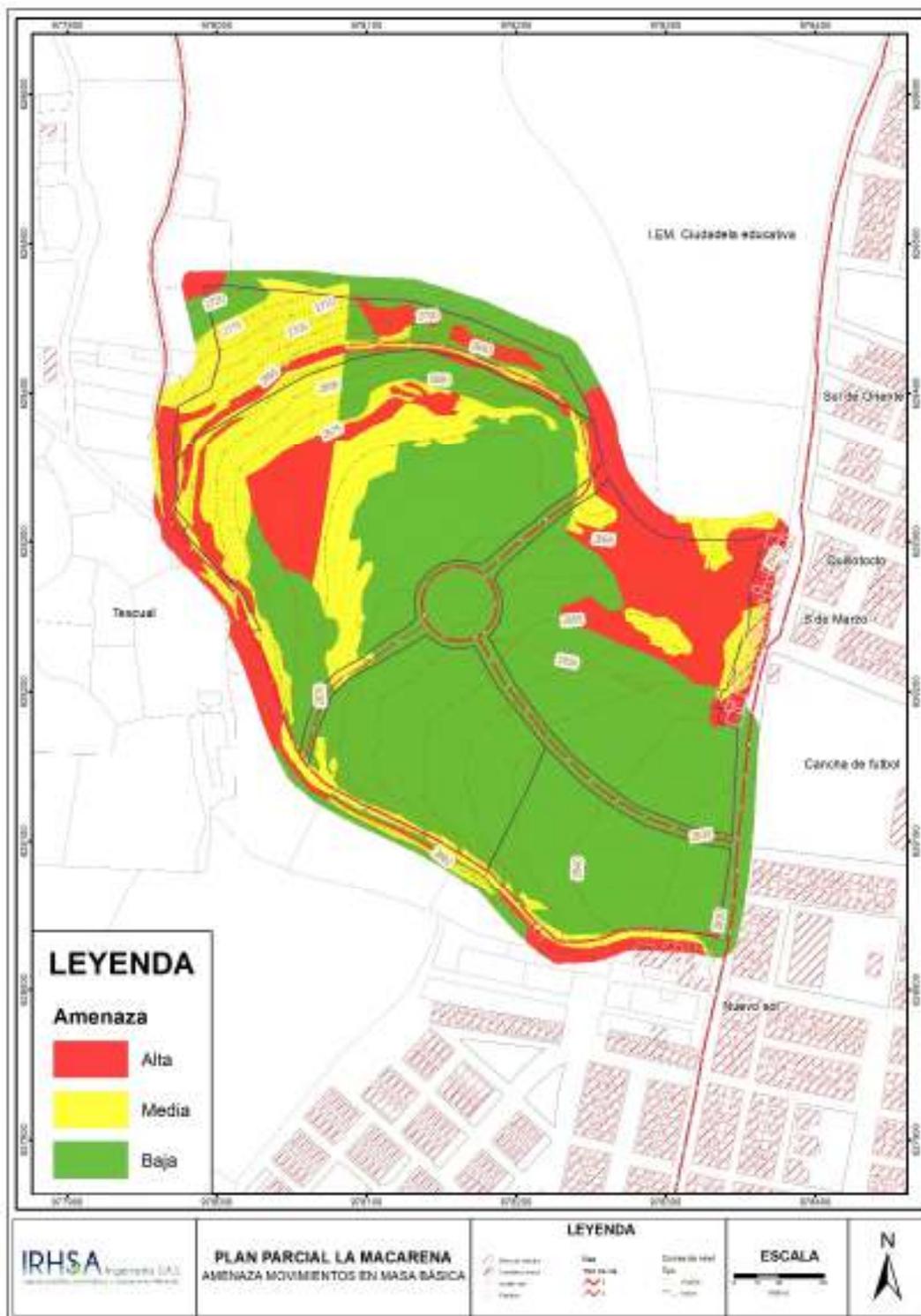
5.1.1.3. Análisis de la amenaza.

Como resultado se zonificaron tres zonas de amenaza (baja, media y alta) según la presencia de movimientos en masa. Se observa que la amenaza por movimientos en masa ocurre hacia las laderas o geformas denudacionales con altas pendientes alteradas antrópicamente por cortes de talud, esto se ajusta con lo observado en campo. Lo anterior se observa en la **Figura 48**.

IRHSA



Figura 48. Mapa de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5000.



5.1.2. Amenaza por movimientos en masa-Estudio Detallado

5.1.2.1. Metodología.

Para la obtención de la amenaza detalladas por movimientos en masa se realizó un modelo determinístico utilizando la información geotécnica obtenida, y la topografía en detalle. A continuación, se presenta metodológicamente la obtención de la amenaza.

• Unidad de zonificación del Terreno y Análisis del Terreno

La discretización de la zona de estudio se realizó con una malla definida a partir de SIG, utilizando la unidad de zonificación del terreno (UZT) (SGC, 2017), donde se generan columnas de suelo o roca representativas, para las cuales se debe conocer su estratificación, profundidad y nivel de agua. El tamaño de celda debe estar de acuerdo con los criterios presentados de unidad mínima cartografiable para escalas detalladas que en este caso es un UZT de 400m² es decir una cuadrícula de 20m x 20m (**Figura 49**). Para cada una de las unidades geotécnicas definidas se establece un modelo geológico - geotécnico con base en la información geológica, geomorfológica y el reconocimiento geotécnico, para esto los elementos que se deben definir son:

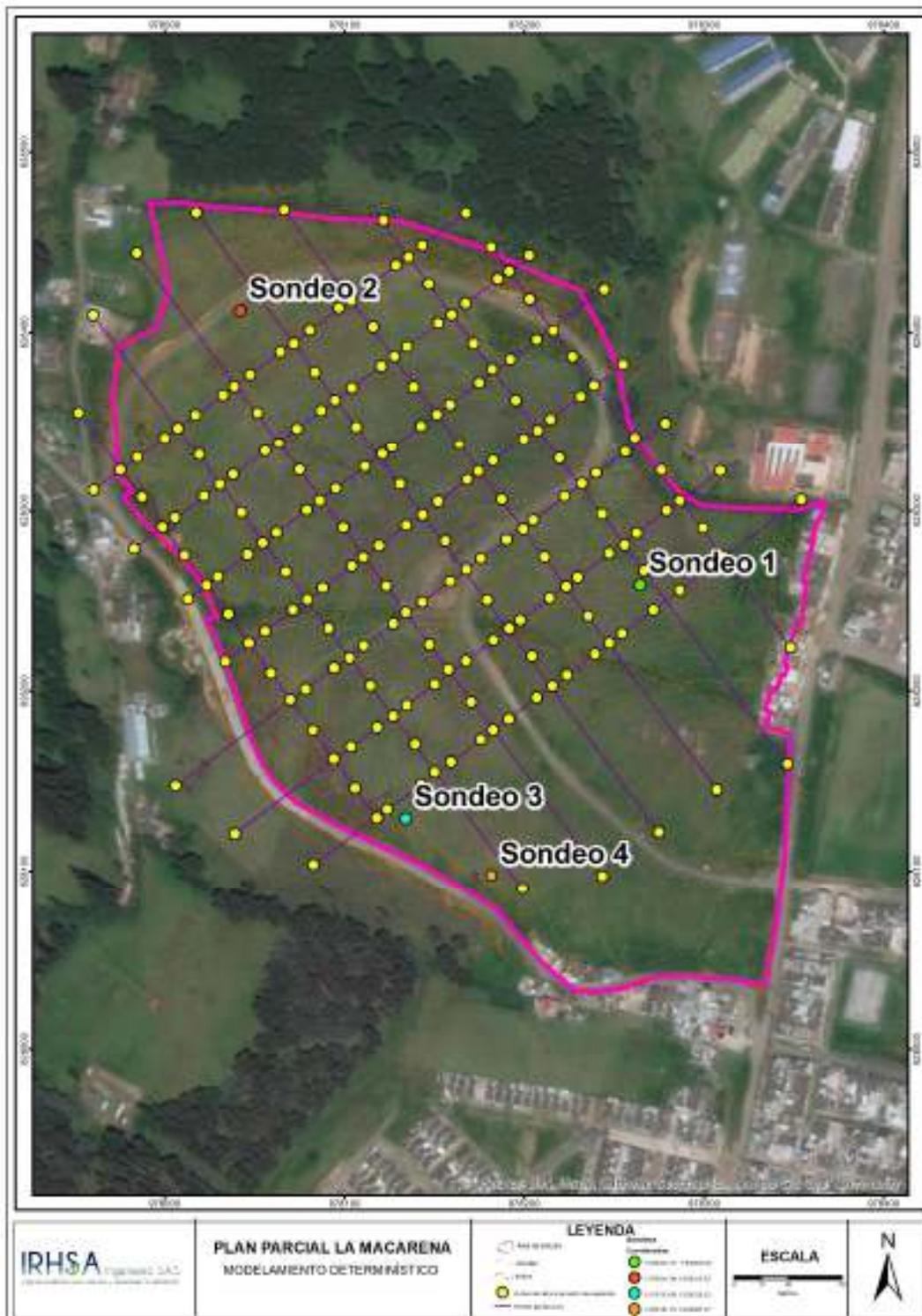
- Pendiente del terreno, a partir del MDT.
- Espesor del suelo y su variación dentro de la unidad geotécnica.
- Litoestratigráfica.
- Posición del nivel freático.
- Propiedades mecánicas de la estratigrafía.

• Modelo Geológico-Geotécnico

Para el cálculo del Factor de Seguridad (FS) se define una malla de perfiles que cubren toda el área de interés como se menciona en la guía metodológica, distribuidos por cada unidad de zonificación del terreno (UZT) es de 400m², este es el valor mínimo para análisis a escala 1:2000; por lo cual se generan la cantidad de secciones topográficas, litológicas y comportamientos de geomecánicas representativos para su posterior modelamiento.



Figura 49. Modelamiento Determinístico para la Amenaza Detallada de Movimientos en Masa.



Se realiza cada perfil topográfico se crea escala 1:1 y junto a la estratigrafía se establece la distribución lógica de los niveles de suelo según las columnas construidas en cada sondeo SPT. En el proceso de perforación no se identificó la presencia del nivel freático.

El factor de seguridad es empleado para identificar de manera cuantitativa el factor de amenaza sobre toda la superficie de análisis en cada perfil; para este estudio, se dividió cada masa deslizante modelada sobre cada perfil en 50 dovelas, con el fin de hallar la mejor distribución de momentos sobre la sección analizada.

Según Gonzales, (2009) El concepto de Factor de Seguridad nace de la necesidad tanto de proveer seguridad a las obras y elementos diseñados y construidos, como de optimizar los mismos (González, 1974, 1992, 1999, 2006). Mientras para Braja Das, (2015) el factor de seguridad se define el factor de seguridad como una relación dependiente de la resistencia del suelo al corte donde:

$$F_s = T_f / T_d$$

Donde:

FS: Factor de seguridad respecto a la resistencia.

Tf: Resistencia media del suelo al corte

Td: Esfuerzo promedio a lo largo de una superficie potencial de falla

Estableciendo que la resistencia del suelo depende de dos factores principal relacionados con Morh Columb como es la cohesión y ángulo de fricción.

$$T_f = C_u + \sigma \tan(\varphi)$$

C_u = Cohesión

φ = ángulo de fricción

σ = esfuerzo normal efectivo en la superficie de falla potencial

Cuando esta relación de fuerzas tienda a ser equivalente, es tiende a ser 1 se dan las condiciones propicias para el desarrollo de inestabilidades, ya que las fuerzas resistentes del material empiezan a ser superadas por las fuerzas movilizantes.

Para el caso en particular se tomará como referencia el método equilibrio límite para rupturas circulares, calculado a partir de dovelas para materiales con comportamiento de suelo (**Figura 50**). En la



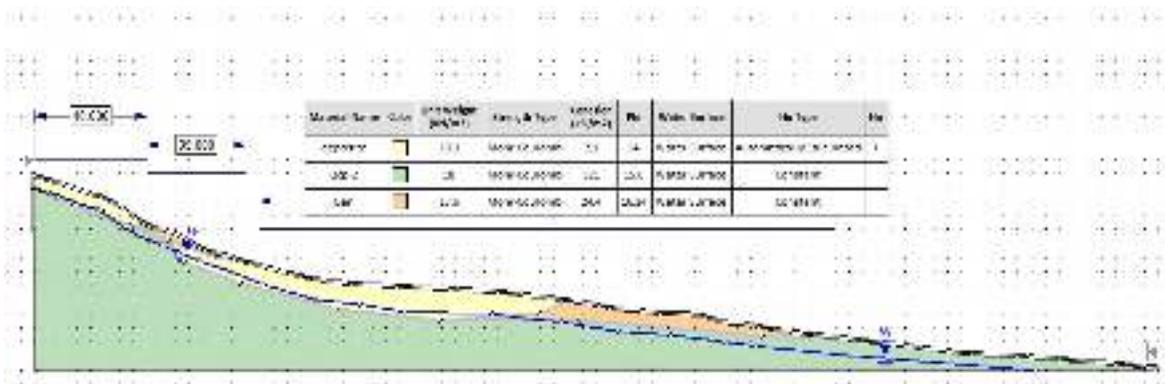
clasificación de métodos bidimensionales (Suárez-Burgoa, 2016) corresponde al método inexacto aproximando, que toma las teorías establecidas por Jambu, Fellenius, Bishop y concertado por métodos exactos como el de Spencer. Los cuales se describen de forma general en la siguiente tabla:

Tabla 61. Clasificación métodos bidimensionales.

Métodos	Características
Método de Spencer (Spencer, 1967). satisface por completo las fuerzas de equilibrio	Es válido para cualquier curva de rotura Satisface todas las condiciones de equilibrio
Método de Bishop Riguroso (Bishop, 1955): Elementos despejados de las fuerzas verticales del diagrama de fuerzas.	Solo es válido para roturas circulares Satisface todas las condiciones de equilibrio Supone una determinada distribución de fuerzas horizontales E entre rebanadas que cumpla el equilibrio.
Jambu Simplificado (Jambu, 1957). Basa en satisfacer el equilibrio horizontal y el vertical, junto con las tangenciales entre las dovelas, que para su cálculo se dice que actúan a 1/3 de la altura.	Es válido para cualquier curva de rotura No satisface equilibrio de momentos Obliga a que se cumpla el equilibrio de fuerzas horizontales. Emplea un factor de corrección para mejorar resultados.

Fuente: Suárez-Burgoa, 2016.

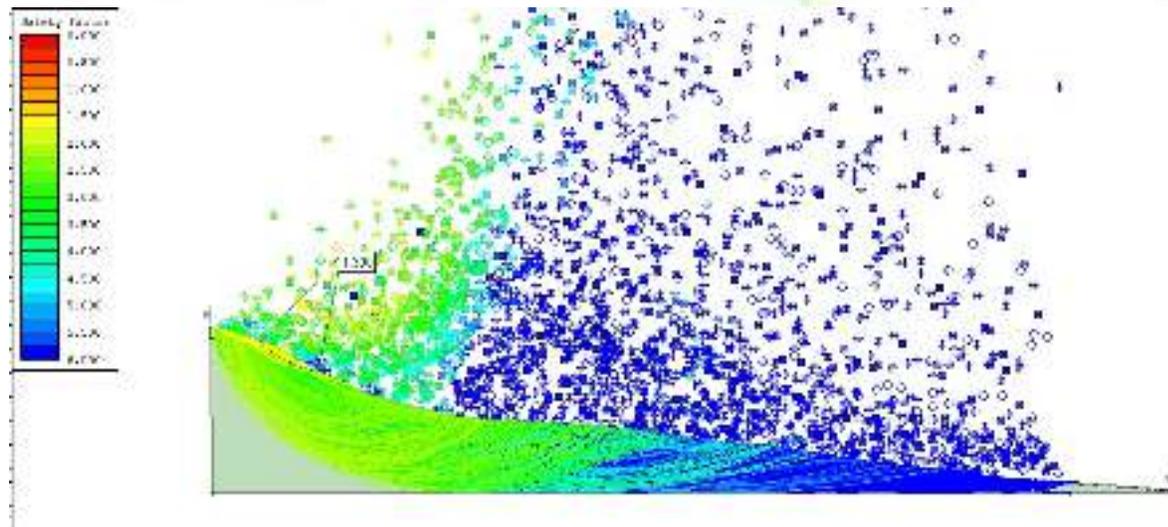
Figura 50. Esquematación grafica del Método de dovelas.



El modelamiento geológico-geotécnico y el posterior cálculo de cada FS se realizó utilizando el Software Slide 6.0 que usa fundamentos de la mecánica de suelos como los establecidos por Mohr Columb o Barton-Bandis. Por lo que en el proceso de modelamiento cada nivel estratigráfico cuenta con sus respectivos parámetros geomecánicos, que representan su comportamiento mecánico, estas propiedades se hallaron por medio de los ensayos de resistencia en laboratorio (corte directo), finalmente se da la adición de la carga sísmica calculada anteriormente con los parámetros de la norma NSR-10 obteniendo coeficientes de aceleración vertical y horizontal.

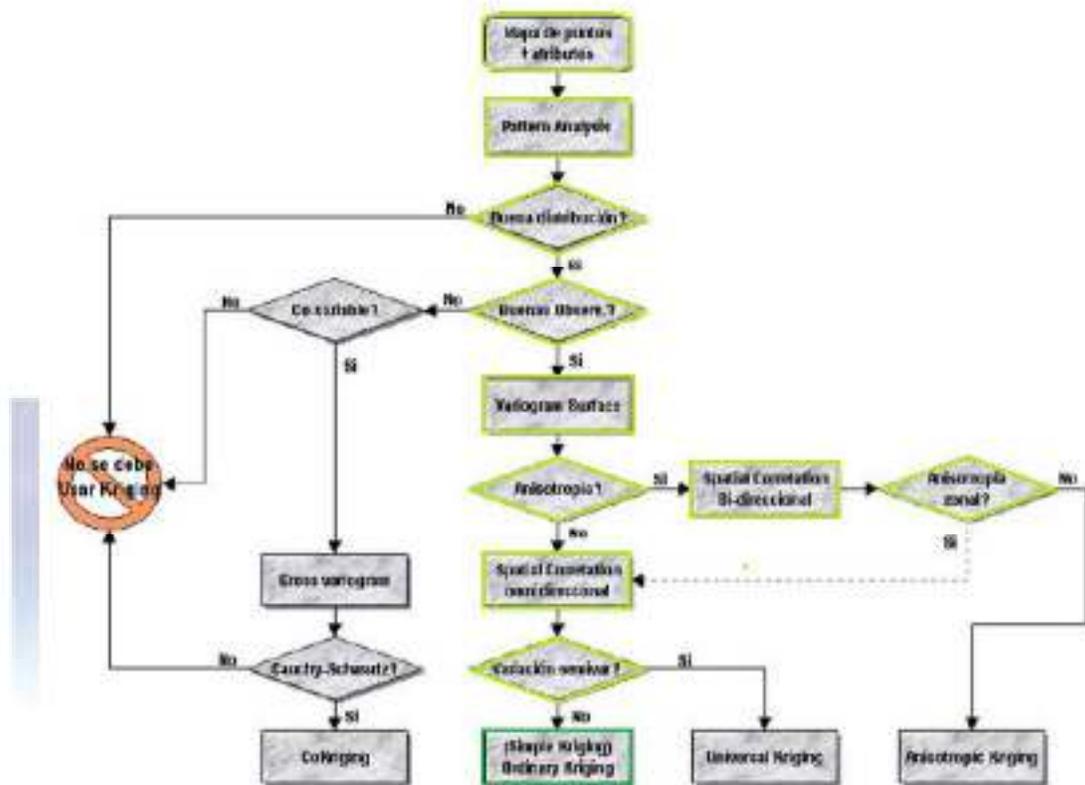
Para la generación del mapa de amenaza se realiza la interpolación de los datos “Fs” hallados en el terreno de interés sobre la malla de perfiles ya descrita, para esto se usa el método de interpolación Kriging Ordinario. Este es un método geoestadístico utilizado para interpolación de datos en eventos naturales, teniendo como objetivo generar superficies que incorporen propiedades estadísticas de los datos muestrales y proporcionando una medida de error de los mismos, siendo este último un indicador de una buena o mala predicción. Lo anterior se indica en la siguiente figura:

Figura 51. Perfil de factor de seguridad.



Ya que existen varios subtipos de análisis dentro del análisis Kriging, se utilizó la siguiente metodología (**Figura 52**) de discriminación para seleccionar el método Kriging Ordinario.

Figura 52. Método de selección de Kriging.



Fuente: Geo-Estadístico y de Exposición Solar. Por Xander Bakker. 2002, Bogotá.

Este método asume que la variable es estacionaria y que no tiene tendencia, su ecuación es: $Z(s)=u(s)+e(s)$, siendo $Z(s)$ la variable de interés; $u(s)$ una constante (media) desconocida, $e(s)$ los errores aleatorios, (s) simplemente indica el lugar con unas determinadas coordenadas espaciales X (Longitud), Y (Latitud).

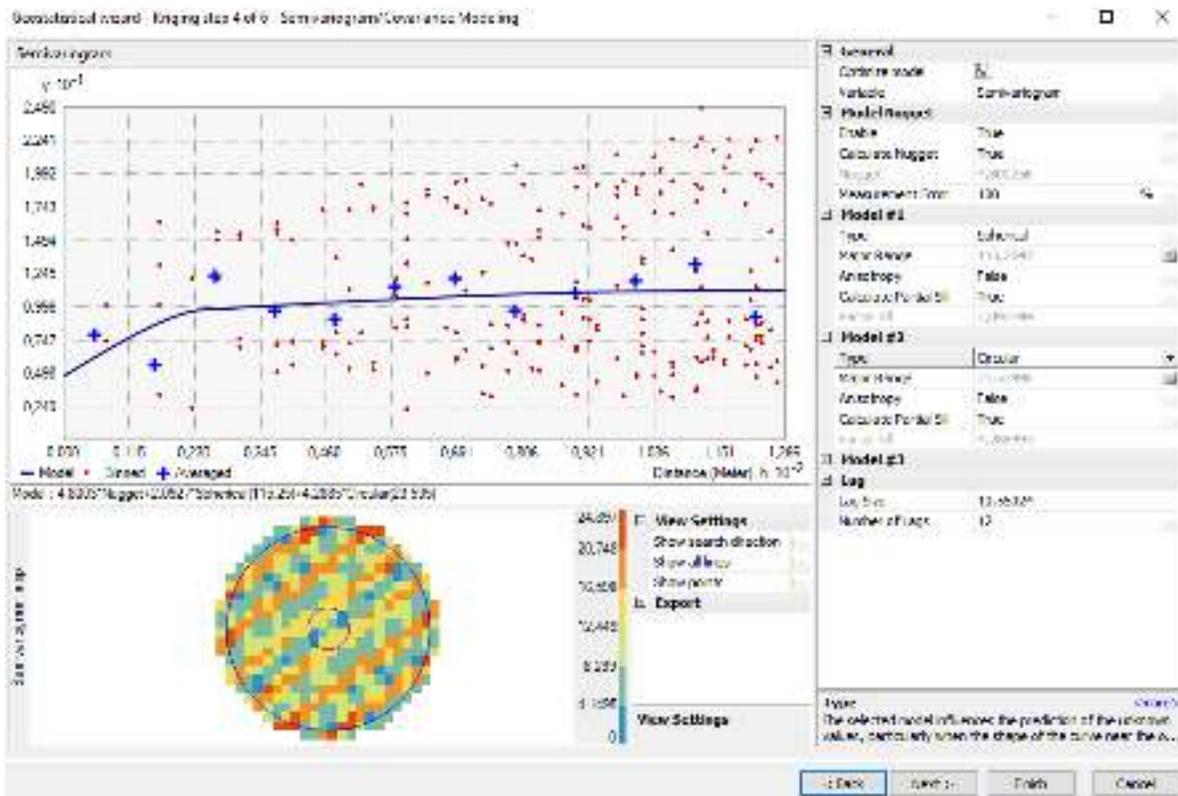
El método Kriging se basa en el concepto de semivariograma cuyo objetivo es explorar y cuantificar la dependencia espacial de una variable, es decir, su autocorrección espacial; esta asume el principio de estacionariedad, que consiste en que si dos lugares están a una distancia y dirección



similar tendrán similares diferencias al cuadrado entre sus valores. Es de tener en cuenta que semivariograma puede variar no solo con la distancia sino también con la dirección.

El modelo isotrópico es aquel que es igual en todas las direcciones, mientras que el modelo anisótropo (evidenciando por la tendencia de los datos en este caso) alcanza la meseta más rápidamente y direcciones de tendencia como se ve en la gráfica superior de la **Figura 53**. Cuando los datos tienen anisotropía es decir diferencias en los valores, los datos tienden a cambiar bastante más con la distancia en una dirección que en otra.

Figura 53. Semivariograma de Kriging.



Cuando se ajusta un modelo al semivariograma hay que especificar la búsqueda de vecindad que limita la geometría de muestreos que en este caso fue una esfera y la configuración secciones de análisis de los puntos que se van a utilizar en la predicción que fue de 8. Por lo que se puede decir



que hay dos mecanismos de control para limitar los puntos usados, que son la forma de vecindad y el establecimiento de restricciones de los puntos dentro de la forma.

La forma de la búsqueda de vecindad estará dictada por los datos de entrada; entonces para este caso específico como los datos muestrales se observa influencia direccional, se descarta la tendencia isotrópica. Los puntos utilizados para predecir se eligen como datos representativos de la variabilidad numérica en la superficie geoespacial netamente correlacionado con los valores de factor de seguridad, esta variabilidad se desarrolla en las márgenes laterales con pendientes que pasan a llanuras de planicie.

Ya definida la forma, el segundo mecanismo de control de la vecindad es establecer restricciones dentro de la forma. Primero se elige el número de puntos que se van a ser usados para la predicción, oscilando entre el máximo deseable y un mínimo. En segundo lugar, para evitar tendencias en una determinada dirección, el círculo o la elipse son divididos en 8 sectores para un mayor detalle en los cuales se elige el número de puntos de muestreo por sección.

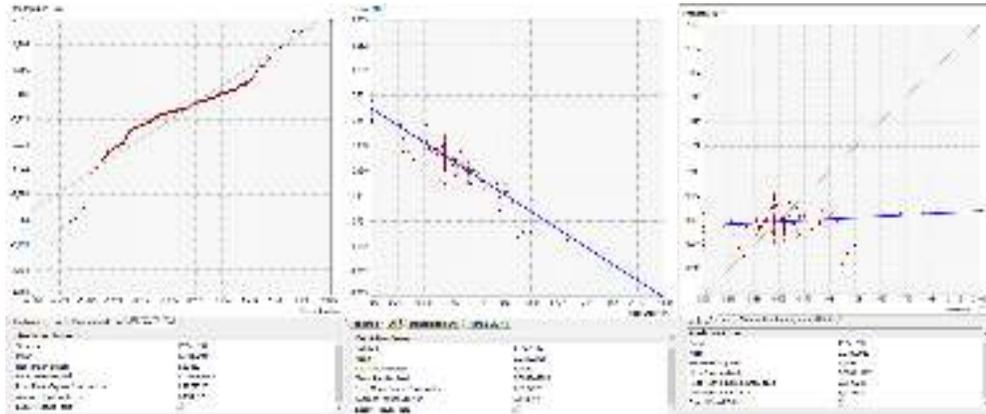
El último paso es la validación cruzada, técnica que permite comparar las estimaciones de diferentes métodos de interpolación y elegir aquel que menos errores proporcione. Se basa en la eliminación de un dato muestral, la cual se predice con el resto de datos, después compara el valor de ese punto con el valor observado. Este procedimiento se repite con cada uno de los puntos muestrales y al final la validación cruzada compara los valores observados con los calculados como se observa en la **Figura 54**.

Para esta validación se dispone de un cuadro resumen estadístico y de diversos gráficos para valorar los valores pronosticados. Los datos estadísticos más representativos son la media estandarizada de los errores que debe estar muy cercana a cero registrando para estos datos 0.089%, el error cuadrático medio estandarizado que su valor debe estar muy próximo a 1 (3.10%).

Por lo que se concluye que después de identificada la tendencia anisotrópica de los datos y realizando un muestreo de 197 puntos aleatorios por cada sección de la elipse de semivariograma, el modelo predictivo es acertado ya que cuenta con una media estándar de error del 0.0062 %.



Figura 54. Validación de los datos obtenidos de Factor de seguridad.



- **Categorías de amenaza y recomendaciones**

El anterior proceso de interpolación se utilizó para cada uno de los escenarios obteniendo su respectivo mapa de superficies, los cuales se utiliza para clasificar la amenaza según los valores de “Fs” establecidos en el *Manual Operativo de Gestión del Riesgo de Desastres, 2018*. Esta clasificación se resume en la **Tabla 62**, con la cual se clasifican los “*raster*” generados después de la interpolación, estos mismos rangos son los recomendados por la *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por movimientos en masa (2017)*.

Tabla 62. Categorías de factores de seguridad.

Amenaza	FS
Alta	1.1
Media	1.1 y 1.5
Baja	>1.5

Fuente: A) anual Operativo de Gestión del Riesgo de Desastres, 2018 y B) Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa a escala en detalle, (2017).



5.1.2.2. Resultados.

- **Agentes detonantes**

Se consideran como agentes detonantes a escalas detalladas (1:2000) las la posición del agua en la columna estratigráfica, el sismo y los factores antrópicos, planteando como mínimo realizar hacer alguno de los siguientes tipos de análisis: estadísticos, determinísticos o probabilísticos (SGC, 2017).

Los factores de agua y sismo pueden modificar las condiciones de estabilidad de ladera, por lo que se consideran como detonantes. Se evalúan en términos determinísticos (método físico) al ser adicionados al análisis de equilibrio limite, usando condicionantes se establecen el estado más crítico para cada talud en términos del Factor de Seguridad, con el cual se define las condiciones de los escenarios actuantes y la zonificación de amenaza-riesgo.

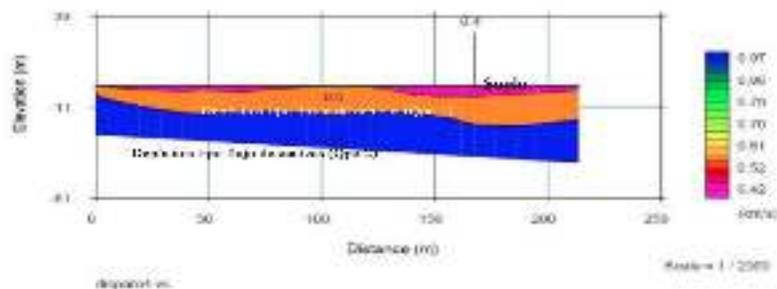
- **Componente sísmico**

El cálculo de la carga sísmica según lo definido en el titulo A y H de la norma NSR-10 definiendo el valor de las velocidades horizontales y verticales de onda para la región (SGC,2017).

- **Perfiles sísmicos:**

De acuerdo a la información arrojada por la exploración indirecta del Documento técnico de diagnóstico 2017, se construye un perfil sísmico típico para la zona en cuestión (Predio La Macarena) como se ve en la **Figura 55**. Los datos allí representados indican la presencia de 3 litologías con diferentes propiedades mecánicas como se observa en la **Tabla 63**.

Figura 55. *Perfiles Sísmicos.*



Fuente: PP Aranda, 2017.



Tabla 63. Litologías identificadas.

Capa	Velocidad		Espesor	Módulo de Póreas	Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	Módulo de onda (kg/cm ²)	Frecuencia (perd)	Módulo Cortante (kg/cm ²)	Gama (Covall)	Terminación Litológica
	Vs (m/s)	Vs (cm/s)								
1	438	211.8	1.23	9.38	3.250.000	1.980.000	1.90	179.285.71	0.98234	Sedimento
2	538	266.1	11.38	9.21	5.000.000	2.750.000	1.90	485.733.77	0.98423	Deposición de lavas (zona P-1)
3	1.000	603.8	5.10	9.21	28.000.000	2.500.000.00	2.90	2.720.000.00	0.93813	Deposición de lavas (zona P-2)

Fuente: Documento Técnico de Diagnóstico, 2017.

- **Coefficientes de importancia, tipo de suelo, velocidad de onda, coeficientes sísmicos de diseño para ondas verticales y horizontales.**

Los parámetros sísmicos de diseño y modelamiento se ajustan a lo establecido en la Norma sismo resistente colombiana (Nsr-10) para cada región y ajustado con los valores de exploración indirecta obtenidos en este estudio junto a los datos preliminares de la microzonificación sísmica.

Para el análisis de la carga sísmica en el terreno se utilizan los datos establecidos en el análisis de laboratorio, definidos según la norma estableciendo lo siguiente:

Tabla 64. Parámetros sísmicos Nsr-10 para Lote la Macarena.

Clasificación Sísmica según la norma NSR-10	Valores
Coefficiente de importancia grupo I	I
Vs (velocidad de la onda cortante m/s)	350
Aa (coeficiente de velocidad pico efectiva)	0.25
Coefficiente sísmico de diseño ondas horizontales (Vh)	0.17
Coefficiente sísmico de diseño ondas verticales (Vv)	0.085

5.1.2.3. Zonificación de la amenaza

- **Escenarios de Modelación:**

Se modelaron 4 escenarios los cuales representan la inestabilidad en las condiciones hipotéticamente planteadas para el terreno. Los escenarios calculados se indican en la **Figura 56**, estos fueron:

- **Cálculo de Fs en condiciones secas:** El modelo se plantea tomando como hipótesis un escenario árido donde no existe el nivel freático en el perfil (e.g. **Figura 57**).
- **Cálculo de Fs en condiciones saturadas:** se toma en cuenta la posibilidad de un ambiente con intensas lluvias, en este caso el nivel freático crece y llega a estar al mismo nivel de la superficie del terreno.



Figura 56. Escenarios de amenaza por movimientos en masa.

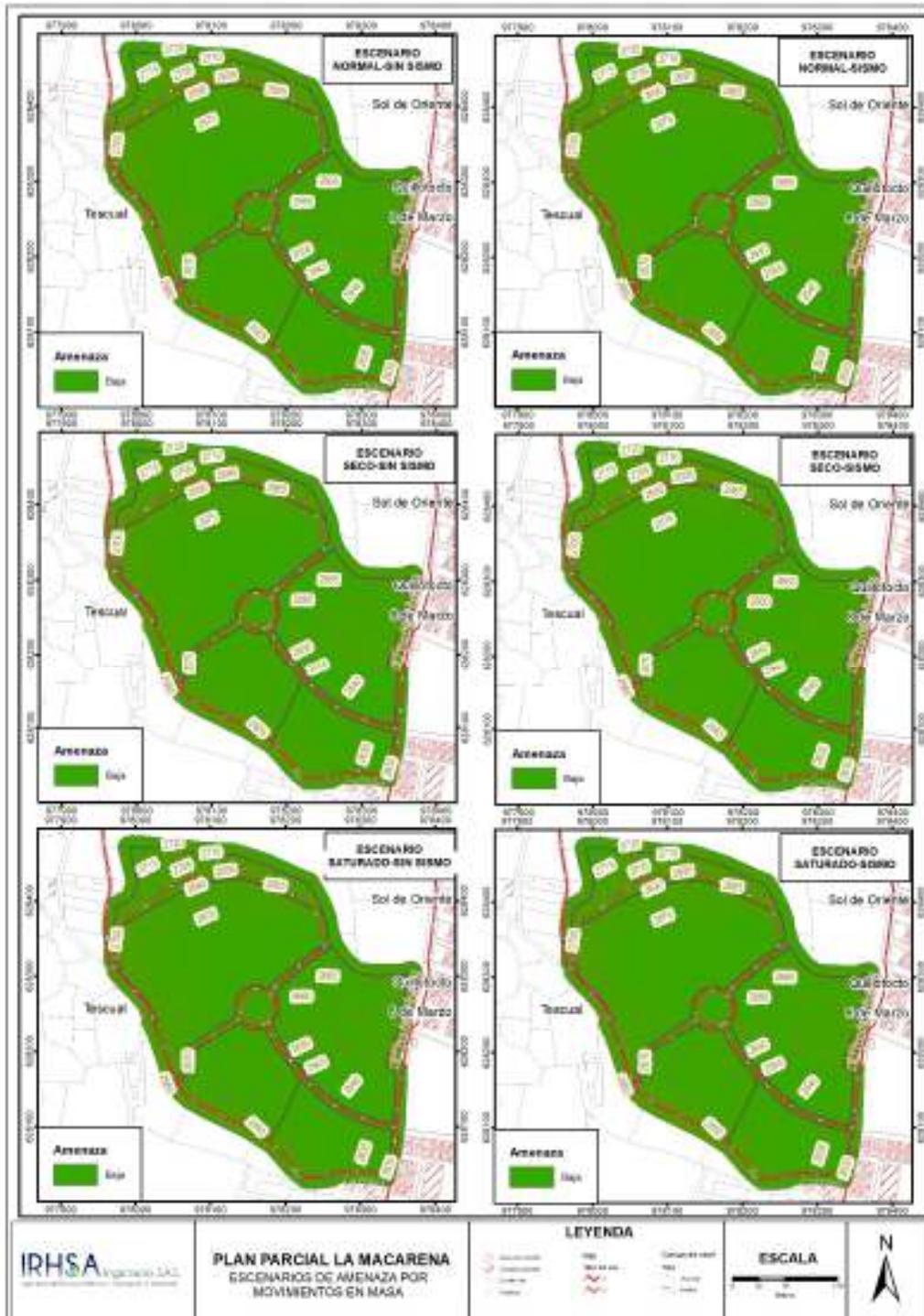


Figura 57. Mapa final de amenaza por movimientos en masa.



Como resultado de los modelamientos, se logró obtener que tres de los cuatro escenarios generales presentan una amenaza baja de acuerdo con los parámetros de clasificación.

- **Amenaza Baja**

Se define como una zona con baja potencialidad para la ocurrencia de procesos de remoción en masa; en los escenarios Saturado, Drenado y Drenado pseudoestático corresponde a aproximadamente el 100% de la superficie, indicando que en este terreno de suelo antrópico no hay potencialidad para la ocurrencia de movimientos en masa para estos casos en el contexto actual.

5.1.3. Evaluación de vulnerabilidad

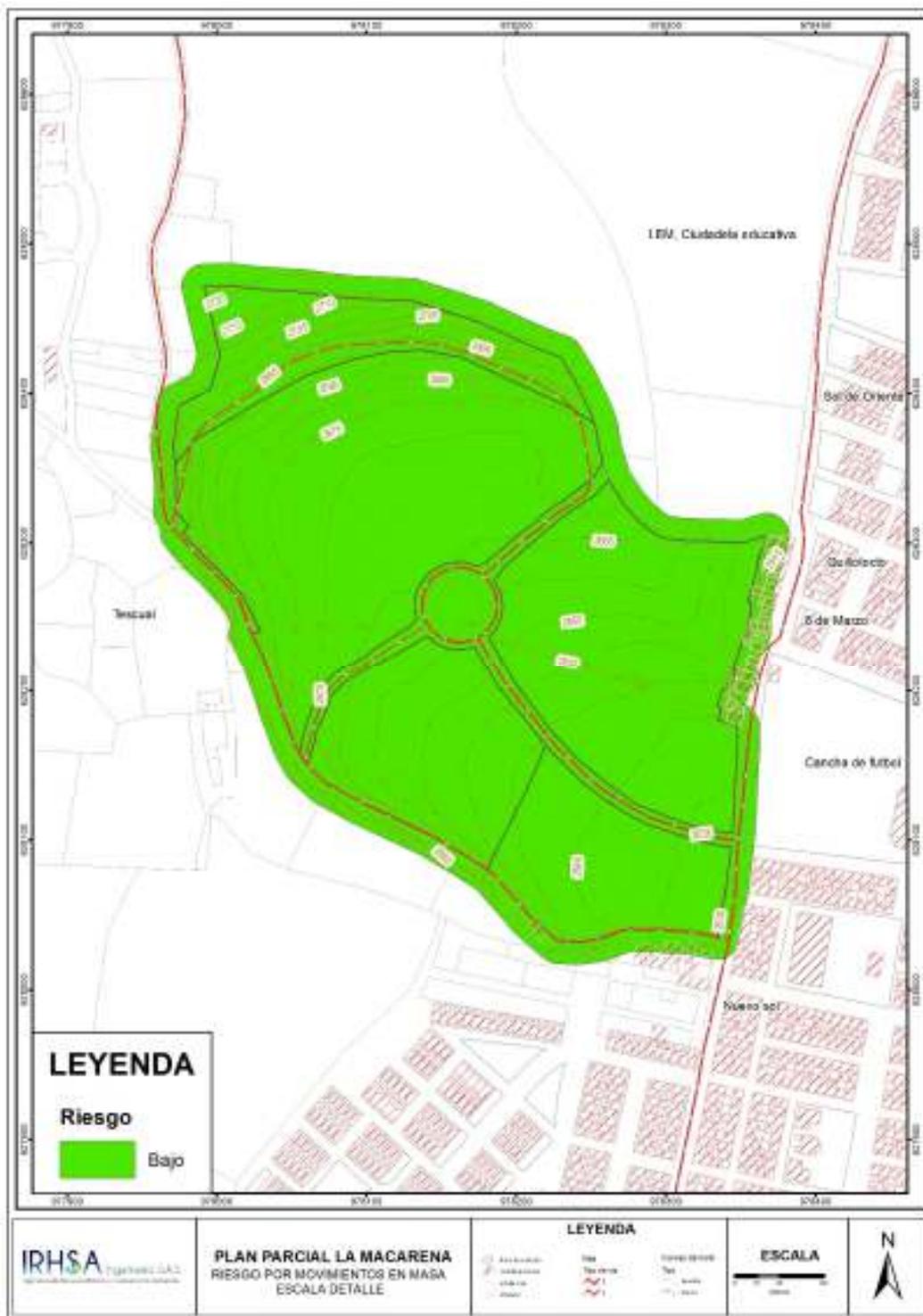
Según el Decreto 1077 (2015, art. 2.2.2.1.3.2.2.4) la evaluación de la vulnerabilidad se evalúa con base en el estudio detallado de amenaza por movimientos en masa y los elementos expuestos, donde se analiza la incidencia de los elementos expuestos a las amenazas identificadas”. Los estudios detallados de movimientos en masa categorizaron al predio como de amenaza baja con la condición más crítica, por tal razón, se considera que los posibles elementos expuestos presentan una exposición caracterizada en la zona 4 (fuera del alcance de evento probable) por lo cual no se esperan daños debido al fenómeno.

5.1.4. Evaluación del riesgo

Según el Decreto 1077 (2015, art. 2.2.2.1.3.2.2.5) la evaluación del riesgo es el “*resultado de relacionar la zonificación detallada de amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad. Con base en ello, se categorizará el riesgo en alto, medio y bajo, en función del nivel de afectación esperada*”. Debido a que la amenaza del estudio a detalle es baja en toda el área considerada y los elementos expuestos se encuentran en zona 4, el riesgo se categoriza como bajo, sin embargo, se deben realizar medidas estructurales y no estructurales considerando las obras a desarrollarse en el sitio que permitan que cualquier modificación a la condición original pueda ser mitigada en pro del proyecto urbano. El mapa de riesgo en el área de estudio se indica en la siguiente figura:



Figura 58. Mapa de Riesgo a detalle Plan Parcial La Macarena.



5.1.4.1. Medidas de Intervención

Para la prevención, mitigación del riesgo y/o reducción de la amenaza de conformidad con lo previsto en los resultados anteriores, el estudio de evaluación de riesgo plantea medidas que podrán ser estructurales y no estructurales.

- **Medidas no estructurales** van orientadas a regular el uso, la ocupación y el aprovechamiento del suelo mediante la determinación de normas urbanísticas:
 - Muy cerca de las zonas de pendiente alta, estas deben ser monitoreadas para detectar cualquier intervención o proceso erosivo natural que pueda contribuir en detrimento de la magnitud condición de amenaza y riesgo por movimientos en masa.
 - Las intervenciones que impliquen reconformación de laderas deben obedecer a diseños específicos de las obras que tengan en cuenta este estudio.
- **Medidas estructurales:** son medidas físicas encaminadas a la realización de acciones y obras para atender las condiciones de riesgo por lo que se debe considerar lo siguiente:
 - Como se mencionó en las recomendaciones de los escenarios de amenaza, es imprescindible asegurar la condición seca en el terreno tanto en la etapa constructiva como posterior a ella. consecuente a lo anterior se debe tener un sistema de drenaje eficiente de las laderas cercanas a las obras implantadas sobre la pendiente y en la etapa de operación se debe contar con drenes que lleguen específicamente a los alrededores de los tanques de combustible, con el fin de prevenir saturación del suelo por fuga de hidrocarburos.
 - El diseño de un sistema de impermeabilización para la ladera NE con amenaza alta, ya sea cubriendo pendiente con geotextiles, mallas y drenes sub horizontales o con concreto lanzado y drenes. Pues el agua es su principal detonante, esto se ve en la condición de amenaza saturada pseudoestática.



- Realizar siempre análisis de consolidación teórica donde no debe ser > 15 cm, si las estructuras se ven proyectadas sobre la ladera y lleguen a mostrar algún signo de inestabilidad por asentamiento realizar el ensayo de consolidación.
- En los elementos constructivos tener en cuenta que los procesos que puedan generar mayor perturbación al suelo estén en lo posible a en las zonas de riesgo medio y bajo, ver **ANEXO 2**.

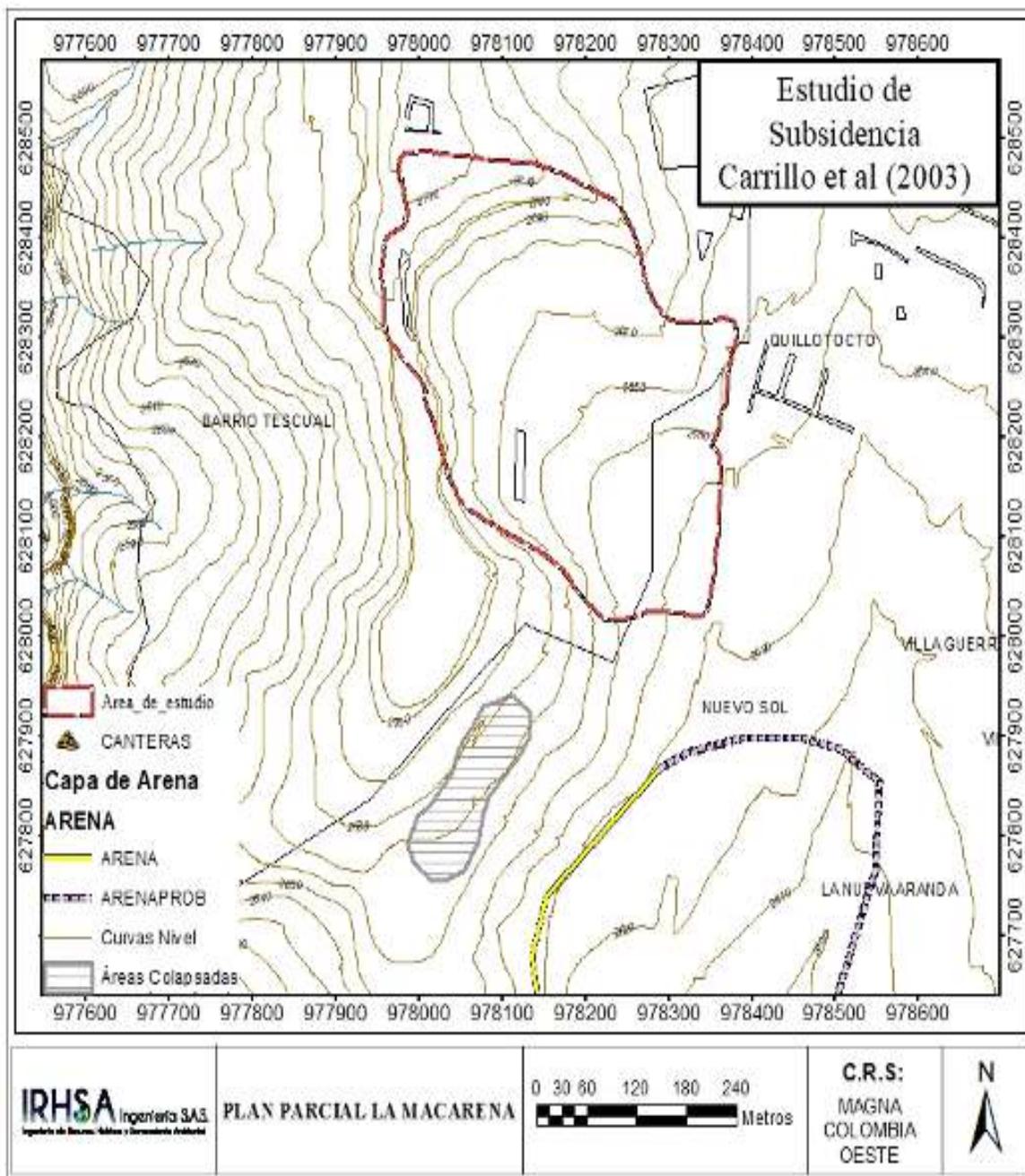
5.2. ANÁLISIS DE AMENAZA POR SUBSIDENCIA

Con respecto al análisis del fenómeno de subsidencia se realizó la recopilación de la información secundaria y el análisis de la información primaria recolectada en la geología y geomorfología del presente estudio.

Según el estudio de subsidencia de Carrillo et al (2003) no ha existido explotación subterránea o evidencia de colapsos por socavones en el área de estudio, siendo la razón principal la falta de afloramientos de la “capa de arena” considerables para explotación rentable, ver siguiente figura:



Figura 59. Mapa de eventos de minería y subsidencia en el área.



Fuente: Tomado y modificado de Carrillo et al (2003).

5.3. ANÁLISIS DE AMENAZA Y RIESGO POR INUNDACIONES Y FLUJO TORRENCIAL

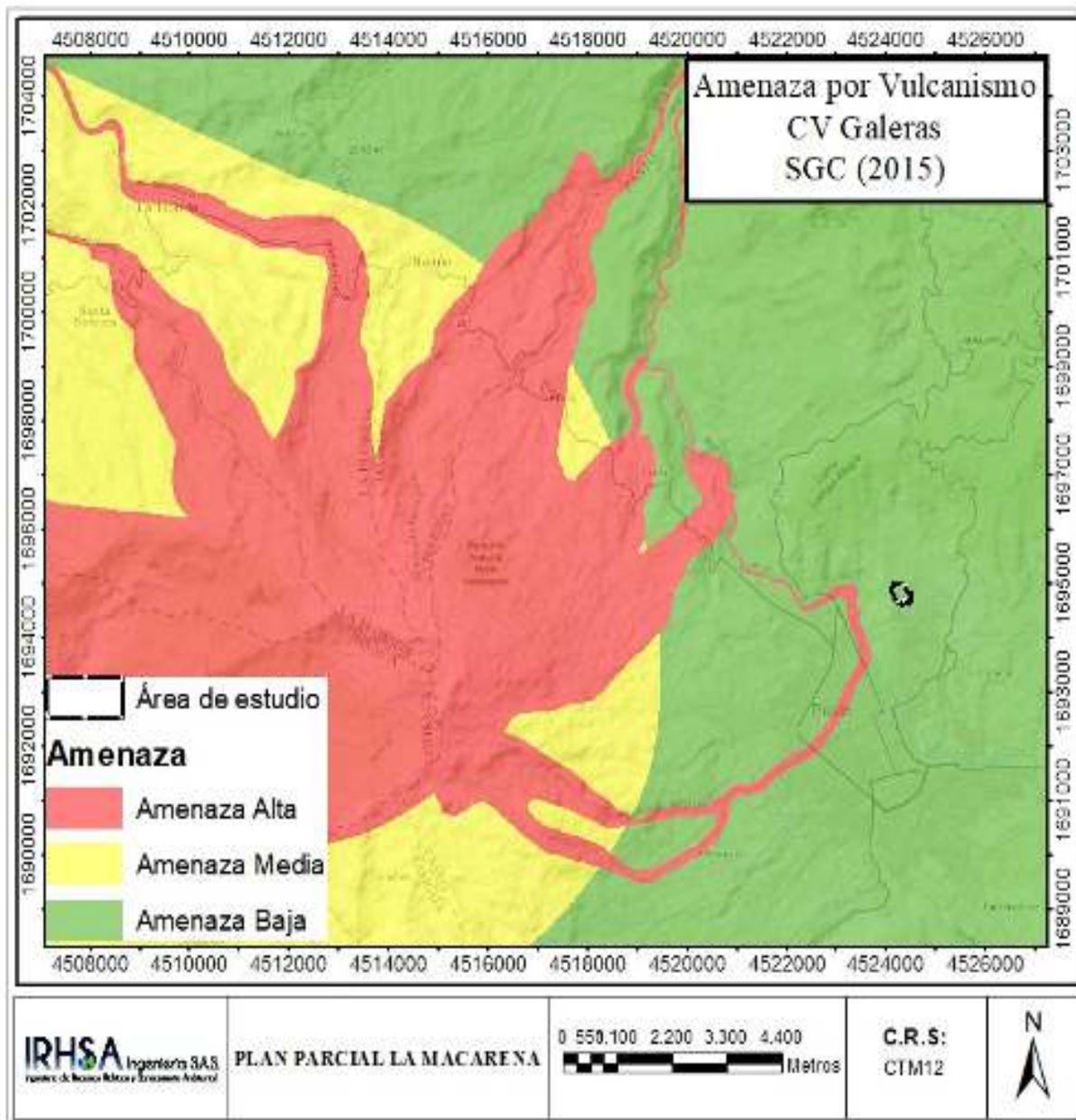
El predio en estudio se encuentra en un área categorizada como baja tanto por inundaciones como por flujo torrencial de acuerdo al POMCA del río Juanambú del año 2017 y considerando que el drenaje del predio es en superficie la presencia de los fenómenos es descartada, lo cual es corroborado con el análisis de elementos geomorfológicos, en donde no se encuentran geoformas asociadas a este tipo de eventos en el área de estudio tales como conos de deyección, planicies de inundación o terrazas bajas (ver geomorfología del área de estudio) y evidencia litológica de este tipo de eventos en el pasado (ver geología del área de estudio).

5.4 . ANÁLISIS DE AMENAZA Y RIESGO VOLCÁNICO

Según el mapa de amenaza volcánica del volcán galeras (SGC,2015) el área de estudio no se encuentra en zona de amenaza por Flujos piroclásticos, onda de choque, proyectiles balísticos y lahares, razón por la cual no se incorpora su análisis en el presente estudio. Lo anterior se indica en la figura a continuación:



Figura 60. Mapa de amenaza volcánica Galeras



6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.

Las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, y que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines, como se declara en la Constitución Política Colombiana en su artículo 79.

Con el presente Plan Parcial se busca contribuir a la protección de todos los elementos de la Estructura Ecológica Principal (EEP) y/o municipal, implementando las buenas prácticas de manejo ambiental como manejo del recurso agua; manejo integral de residuos de la construcción y demolición, manejo de suelos de excavación (lineamientos para adecuación de suelos – nivelaciones); utilización de asfaltos modificados con Grano de Caucho Reciclado (GCR) provenientes de llantas, neumáticos usados y productos no conformes; compensación por endurecimiento de zonas verdes; alternativas de manejo del paisaje para mejorar la oferta de biodiversidad (techos verdes, jardines verticales, Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible); con el objeto de convertirse en ejemplo al armonizar el crecimiento urbano con los recursos naturales y la diversidad de ecosistemas.

Se debe dar cumplimiento a la siguiente normatividad:

Reglamentación general.

- Constitución Política de 1991 (Artículos 1, 2, 7, 8, 79, 80, 84, 95, 209, 332 Principios fundamentales sobre normas constitucionales, que da el soporte a la normativa legal que aplica para la ejecución del presente documento y su alcance.
- Ley 9 de 1979, Código sanitario nacional.
- Decreto-Ley 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Parte IX: Protección y conservación de fauna silvestre.



- Ley 99 De 1993 Por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.
- Ley 388 De 1997 Por la cual se modifica la Ley 9a de 1989, y la Ley 3a de 1991 y se dictan otras disposiciones sobre ordenamiento territorial. El objeto de esta Ley es armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la Ley 9ª de 1989 con las nuevas normas establecidas en la Constitución Política, la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas y la Ley por la que se crea el Sistema Nacional Ambiental.
- Decreto 2820 De 2010 Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.
- Ley 491 de 1999 Define los delitos contra los recursos naturales y el ambiente y se modifica el Código Penal.

Recurso Hídrico

- Decreto 1541 de 1978. Reglamentar las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados.
- Ley 373 de 1997, Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
- Decreto 475 de 1998. Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.
- Decreto 155 de 2004. Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.
- Decreto 1575 de 2007. Por el cual se establece el Sistema para la protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Decreto 1323 de 2007. Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH).



Ruido

- Resolución 627 de 2006. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.

Aire

- Decreto 948 de 1995. Reglamento de protección y control de calidad del aire.
- Resolución 601 de 2006. Establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para el territorio nacional en condiciones de referencia.
- Decreto 2107 de 1995. Se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire.
- Resolución 910 de 2008. Niveles permisibles de emisiones de contaminación por fuentes móviles terrestres.
- Ley 769 de 2002. Código nacional de tránsito terrestre, establece la revisión técnica mecánica de los vehículos.
- Ley 1383 de 2010
- Reforma la Ley 769 de 2002 – Código Nacional de tránsito

Vertimientos

- Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Resolución 631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI –Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Modificado.



- Decreto 4728 de 2010. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.

Residuos Sólidos

- Decreto 1715 de 1978. Se reglamenta parcialmente el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto-Ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje.
- Resolución 2309 de 1986 Por la cual se dictan normas para la gestión de residuos especiales.
- Ley 142 de 1994. Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
- Decreto 1713 de 2002. Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Decreto 838 de 2005 Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
- Resolución 1362 de 2007. Tiene por objeto establecer los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos originados por las diferentes actividades productivas y sectoriales del país.
- Ley 1252 de 2008. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1259 de 2008. Se insta en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 3695 de 2009. Se reglamenta la Ley 1259 de 2008 y se dictan otras disposiciones: comparendo ambiental para las infracciones sobre aseo, limpieza y recolección de residuos sólidos, que adelante se codifican.
- Resolución 472 de 2017. Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición -RCD y se dictan otras disposiciones.



- Decreto 1784 de 2017. Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo.

Flora

- Resolución 438 de 2001. Salvoconducto Único Nacional para la movilización de especímenes de la diversidad biológica.
- Resolución 619 de 2002. Se establece el Salvoconducto Nacional para la movilización de productos primarios provenientes de plantaciones forestales, se modifican las Resoluciones números 0438 y 1029 de 2001.
- Resolución 182 de 2008. Se fija el procedimiento y los requisitos para el registro de los sistemas agroforestales o cultivos forestales con fines comerciales, y se adopta el formato para la movilización.

Fauna

- Decreto-Ley 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Parte IX: Protección y conservación de fauna silvestre.
- Decreto-Ley 1608 de 1978. Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre. Regula la preservación, conservación, restauración y fomento de la fauna silvestre.
- Ley 84 de 1989, Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Protección de los Animales y se crean unas contravenciones y se regula lo referente a su procedimiento y competencia.

Señalización y manejo de tráfico

- Ley 769 de 2002 (Código Nacional de Transito).
- Resolución 1937 de 1994 INVIAS.



- Manual de INVIAS sobre dispositivos para el control del tráfico en calles y carreteras.

Seguridad y salud en el trabajo.

- Código Sustantivo Del Trabajo: ART. 205, ART. 206, ART.207, Obligación del empleador de prestar los P.A Asistencia médica y farmacéutica inmediata. Posibilidad de contratar la asistencia médica. ART. 349, ART. 350, ART. 351. Elaboración, Contenido, Ubicación del reglamento de higiene y seguridad industrial. ART. 56, ART. 58, ART.60, Observar medidas y órdenes preventivas, Prohibiciones: presentarse al trabajo bajo el efecto de alcohol o drogas, conservar armas en el sitio de trabajo. ART. 56, ART. 57, ART. 348 Obligaciones específicas del empleador, suministrar y acondicionar sitios de trabajo que garanticen seguridad y salud de los trabajadores.
- Ley 9 de 1979. Norma Para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones
- Resolución 2400 de 1979. Disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad industrial en establecimiento de trabajo.
- Resolución 2013 de 1986. Reglamenta la Organización y funcionamiento de los comités de medicina, higiene y seguridad industrial. Empresas con más de 10 trabajadores a su servicio están obligadas a conformar el comité de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial.
- Ley 100 de 1993. Sistema de seguridad social integral.
- Decreto 1295 de 1994. Organización y administración del SGRP.
- Decreto 2644 de 1994. Tabla de indemnización por pérdida de capacidad laboral entre el 5% y 49,99%.
- Decreto 1772 de 1994. Por el cual se reglamenta la afiliación y las cotizaciones al Sistema General de Riesgos Profesionales.
- GTC 45 de 2012, ICONTEC. Guía para la identificación y evaluación de riesgos.
- Decreto 1703 de 2002. Medidas para promover y controlar la afiliación y pago al sistema de seguridad social en salud.



- Ley 1010 de 2006. Prevenir, corregir y sancionar diversas formas de maltrato, trato desconsiderado y en general todo ultraje a la dignidad humana. Art 9, Art 10: Medidas de prevención del acoso laboral, tratamiento sancionatorio al acoso laboral.
- Resolución 1401 de 2007. Se reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo.
- Resolución 2346 de 2007. Se regula la práctica de evaluaciones médicas ocupacionales y el manejo y contenido de las historias clínicas.
- Resolución 2646 de 2008. Factores de riesgo psicosocial en el trabajo.
- Resolución 652 de 2012. Por la cual se establece la conformación y funcionamiento del Comité de Convivencia Laboral en entidades públicas y empresas privadas y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1477 2014 Nueva tabla de enfermedades laborales
- Decreto 0472 de 2015. Por el cual se reglamentan los criterios de graduación de las multas por infracción a las normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y Riesgos Laborales,
- Decreto 1072 de 2015. Por medio del cual se expide el decreto único del sector trabajo.
- Resolución 0362 de 2019. Por medio de la cual se redefinen los Estándares Mínimos del SG-SST para empleadores y contratantes, deroga la Resolución 1111 de 2017.

6.1. ACTIVIDADES REQUERIDAS EN EL MOMENTO DE EJECUCIÓN DE OBRA

En el momento de ejecutarse la obra se deben realizar las siguientes actividades:

- Identificación de impactos
- Evaluación de los impactos ambientales en la fase de Construcción del proyecto.
- Análisis resultados de la matriz de impactos.
- Fichas propuestas para el manejo ambiental

6.2. PROGRAMAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Se deben implementar como mínimo los siguientes programas:

- Grupo de gestión ambiental.



- Control de erosión y protección del suelo.
- Manejo y disposición de residuos sólidos, escombros y desechos de construcción.
- Almacenamiento y manejo de materiales de construcción.
- Manejo de campamentos e instalaciones temporales.
- Manejo de residuos líquidos.
- Manejo de maquinaria, equipo y transporte.
- Manejo de aseo de la obra.
- Control de emisiones atmosféricas, aire y ruido.
- Manejo de aguas superficiales.
- Señalización, manejo de tráfico vehicular y tránsito peatonal.
- Control de plagas, roedores y manejo de olores.
- Seguimiento, vigilancia y control.

6.3. MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL, DETERMINANTES EN EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA URBANÍSTICA

En años recientes, es cada vez más frecuente que temas referentes al medio ambiente urbano, tales como: contaminación atmosférica, ocupación del espacio, afectación a la capa de ozono, pérdida de áreas verdes, hacinamientos de alto riesgo e insalubres, entre otros, sean considerados como problemas de interés público; la expresión de deterioro ambiental en las ciudades es grave. La concentración poblacional, el consumismo, el incremento del parque vehicular, los procesos industriales, las actividades del sector servicios, los sistemas de transporte y otras manifestaciones de la vida urbana, han contribuido a una situación de degradación de la naturaleza y la calidad de vida en las ciudades. La idea de un medio ambiente en peligro, ha pasado a formar parte de la conciencia colectiva y se refleja tanto en la ciudadanía como en los encargados de la toma de decisiones.

Así, la Alcaldía de Pasto y a su vez la secretaria de Planeación Municipal se enfoca en el desarrollo urbanístico sostenible, en la búsqueda de alternativas ante la problemática ambiental y en su



pretensión de ordenar la ciudad para elevar la calidad de vida de sus habitantes, defender la naturaleza y conservar los ecosistemas.

Por tal razón el plan parcial La Macarena deberá estar enfocado y articulado con el planteamiento urbanístico del sector Aranda, toda vez que este contempla una zona de espacio público ambiental, el cual, en articulación con la zona de sesión planteada y la zona de ronda hídrica de la quebrada La Merced constituyan una franja ambiental que garantice una buena calidad de vida para los futuros habitantes del sector.

En desarrollo de las determinaciones adoptadas en el componente ambiental del presente Plan Parcial, se definieron las siguientes medidas especiales para garantizar el cuidado y conservación de los elementos de valor ambiental ubicados en su entorno inmediato.

- Medidas en relación con la localización de las zonas de cesión para parques, las cuales se encuentran incorporadas en el proyecto urbanístico del Plan Parcial en concordancia con los elementos de protección, tal como el corredor de transición de la zona urbana y rural y zona de protección por líneas de alta tensión.
- Medidas en relación con las características de adecuación de las zonas de cesión para parques y alamedas:
 - Mantener un 80% del área en zona blanda.
 - Aplicar los criterios de restauración ecológica.
 - Contemplar en el diseño cobertura vegetal nativa.
 - Ejecutar el diseño paisajístico correspondiente e informar a la Secretaría de Gestión Ambiental una vez terminada la ejecución, para su verificación.
- Disponer las zonas libres privadas, así como mantener las mismas en zona blanda y libres de construcciones.



6.4. CONSIDERACIONES GENERALES

El Plan Parcial La Macarena expone las prioridades, la programación de actividades, las entidades responsables, los recursos respectivos y el esquema de gestión, financiación, ejecución y seguimiento.

Para el desarrollo del presente Plan es necesario que se ejecuten las obras de infraestructura requeridas para garantizar la movilidad, el espacio público, la prestación de los servicios públicos domiciliarios.

- **Responsables**

El ejecutor de cada obra de infraestructura a realizarse en el Plan Parcial La Macarena se encargará de llevar a cabo el respectivo manejo ambiental de la obra siguiendo los lineamientos establecidos en el presente plan parcial y siguiendo las directrices de la entidad encargada de su supervisión, las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 65. Entidades supervisoras.

Proyecto	Entidad Supervisora
Construcción de calzadas – Ciclo ruta – espacio público (andenes)	AVANTE SETP
Construcción de redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial.	EMPOPASTO S.A.E.S.P.
Construcción de redes eléctricas	CEDENAR S.A.E.S.P.
Construcción de redes de alumbrado público	SEPAL S.A.
Construcción de redes de gas domiciliario.	ALCANOS DE COLOMBIA S.A. E.S.P.
Construcción de espacio público.	SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPAL
Construcción de obras de mitigación de riesgo.	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL

El Plan Parcial la Macarena está planeado para que su principal fuente de financiación sean los ingresos derivados de las ventas de los productos inmobiliarios propuestos para cada una de las unidades de gestión.



Los recursos para la financiación del plan parcial provienen en su mayoría de los aportes privados, que realizarán los propietarios del suelo, que ascienden al 98% del valor total del plan parcial. El 2% correspondiente al valor de cargas generales, por concepto de redes de servicios y acondicionamiento de vías, que deberá ser financiado a través de las tarifas de servicios públicos y aportes del municipio que se propone se financien a través de instrumentos de financiación como valorización, predial o participación en plusvalía.

Para el proceso de gestión del Plan Parcial La Macarena se creará un Equipo Gestor, que realizará la gestión asociada de los propietarios de los inmuebles que conforman las unidades de gestión, y también será el encargado de canalizar los recursos provenientes por parte de inversionistas interesados en financiar el plan parcial. La duración de la ejecución del plan parcial se estima en 5 años.

IRHSA



7. BIBLIOGRAFÍA

- Aspden, J. A., & McCourt, W. (1986). Mesozoics oceanic terrane in the central Andes of Colombia. *Geology*, 14(5), 415–418. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1986\)14<415](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1986)14<415)
- Calvache V., M. L., Cortés J., G. P., & Williams, S. N. (1997). Stratigraphy and chronology of the Galeras volcanic complex, Colombia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 77(1–4), 5–19. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(96\)00083-2](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(96)00083-2)
- Carvajal Perico, J. H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia (p. 83). colección GUÍAS Y MANUALES, SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO.
- Carrillo, V., Bohórquez, L., Carrillo, E., Arévalo, A., & Valencia, A. (2003). EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS ACTUALES DE SUBSIDENCIA Y COLAPSOS POR ACTIVIDADES DE APROVECHAMIENTO SUBTERRÁNEO DE RECURSOS MINERALES EN LA CIUDAD DE SAN JUAN DE PASTO.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide Types and Processes. In: Turner AK, Schuster RL (Eds) *Landslides Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, US National Research Council., Special Re, 36–75.
- DECRETO 1077 del 2015 (2021). Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector vivienda, ciudad y territorio. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- DTS POT Pasto (2015). Documento Técnico de Soporte Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pasto 2015-2027 “Pasto Territorio Con-Sentido”. Pasto, Colombia: Alcaldía Municipal de Pasto.

DTS Diagnostico Plan Parcial Aranda (2016). Documento Técnico de Soporte Diagnostico Plan Parcial Aranda Pasto. Pasto, Colombia: Alcaldía Municipal de Pasto, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Duque Trujillo, J., Toro Villegas, G., Cardona Molina, A., & Calvache Velazco, M. (2010). Geología, geocronología y geoquímica del Volcán Morasurco, Pasto, Colombia. Boletín de Ciencias de La Tierra, 0(27), 25–36.

González, Á. (1999). Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT en X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Sociedad Colombiana de Ingenieros--Sociedad Colombiana de Geotecnia. Bogotá.

INGEOMINAS. (2004). Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geológica para Ingeniería. Volumen II.

Leiva, O., Moya Berbeo, H., Trejos González, G., & Carvajal, J. (2012). Metodológica Sistemática Para La Generación De Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a La Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1:100.000. Servicio Geológico Colombiano, 88.

Murcia, A., & Cepeda, H. (1991). GEOLOGÍA DE LAS PLANCHA 429 - PASTO. Memoria Explicativa, 25.

Paris, G., & Romero Leon, J. (1993). Fallas Activas en Colombia.pdf (p. 36). Ingeominas.

POT Pasto (2015). Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pasto 2015-2027 “Pasto Territorio Con-Sentido”, adoptado por el Municipio mediante el Acuerdo número 004 del 14 de abril de 2015. Pasto, Colombia: Alcaldía Municipal de Pasto.



Restrepo, J. J., & Toussaint, J. F. (1988). Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. *Episodes*, 11(3), 189–193. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0024219956&partnerID=40&md5=e790bf7a01a0f2da202dffa8a16167f0>

Rovida, A., & Tibaldi, A. (2005). Propagation of strike-slip faults across Holocene volcano-sedimentary deposits, Pasto, Colombia. *Journal of Structural Geology*, 27(10), 1838–1855. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2005.06.009>.

Servicio Geológico Colombiano. (2015). Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.

Servicio Geológico Colombiano. (2016). Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.

Tibaldi, A., & Romero Leon, J. (2000). Morphometry of late Pleistocene-Holocene faulting and volcanotectonic relationship in the southern Andes of Colombia. *Tectonics*, 19(2), 358–377. <https://doi.org/10.1029/1999TC900063>

