

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y FUNCIONAL DE LOS
SISTEMAS DE ACUEDUCTOS PRINCIPALES EN LOS MUNICIPIOS DE
LA FLORIDA, SANDONÁ, ANCUYA Y TANGUA A LA CAIDA DE CENIZA
VOLCÁNICA.

SILVANA ELIZABETH NASPIRAN REYES

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2009

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y FUNCIONAL DE LOS
SISTEMAS DE ACUEDUCTOS PRINCIPALES EN LOS MUNICIPIOS DE
LA FLORIDA, SANDONÁ, ANCUYA Y TANGUA A LA CAIDA DE CENIZA
VOLCÁNICA.

SILVANA ELIZABETH NASPIRÁN REYES

Proyecto presentado como requisito para obtener el título de
Ingeniera Civil

Director

HENRY ADOLFO PERALTA BURITICA
Ingeniero Civil – Corporación OSSO

Codirector

HERNAN GOMEZ ZAMBRANO I.C. M.Sc
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2009

NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMA DEL JURADO.

FIRMA DEL JURADO.

San Juan de Pasto, de Abril de 2009.

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1º del Acuerdo No 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Dedicado a:

A Dios Todopoderoso.

A mis padres, Augusto y Alicia por el gran sacrificio y apoyo a lo largo de toda mi carrera.

A mi hermano, Oscar por brindarme siempre su apoyo.

A mi hijo, Samuel por ser el motivo de mi esfuerzo, dedicación y el motor que me impulsa todos los días.

A mi amor, Armando por ser mi compañero incondicional, por brindarme su amor y ser motivo de alegría en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Mi director, al Ingeniero Henry Peralta por brindarme siempre su apoyo y confianza a lo largo de mi pasantía y por darme su valiosa amistad
A Jorge Mendoza y William Burbano por su colaboración en el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero Hernán Gómez Codirector del proyecto por su valiosa colaboración y dedicación en el asesoramiento de mi pasantía.

Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que conforman la Corporación OSSO por brindarme su valiosa colaboración y por abrir sus puertas para que los estudiantes puedan desarrollar su trabajo de grado.

A mis compañeros de trabajo Sandra Rosero, Inti Patiño, Carlos Mosquera y Jairo Rural por brindarme su amistad y su desinteresada colaboración.

Y a todas las personas de de alguna manera me ayudaron a que este sueño se cumpliera.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	21
1.ASPECTOS GENERALES	23
1.1 ORGANIZACION EN LA CUAL SE DESARROLLÓ LA PASANTÍA.....	23
1.2 INSTITUCIONES Y PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO ..	23
2. MARCO TEÓRICO	25
2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	25
2.2 DESCRIPCION DEL ENTORNO	26
2.3 AMENAZA Y EXPOSICIÓN.....	27
2.4 MODELO PARA CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS A CAÍDA PIROCLÁSTICA (CENIZA VOLCÁNICA).....	28
2.4.1 Determinación de la sollicitación.	28
2.4.2 Modelo de dispersión de ceniza volcánica.....	28
3. METODOLGIA DE TRABAJO	37
3.1 GRUPO DE APOYO TÉCNICO	37
3.2 ORGANIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DEL PROYECTO.....	37
3.3 FASES DEL PROYECTO	38
4. INVENTARIO DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS.....	42
4.1 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO SECTOR ORIENTAL MUNICIPIO DE LA FLORIDA	42
4.1.1 Localización.....	42
4.1.2 Acueducto Sector oriental.....	43
4.1.3 Acueducto Bosques de zaragoza.....	47
4.1.4 Acueducto Panchindo.....	51
4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SANDONÁ	59
4.2.1 Localización.....	59
4.2.2 Acueducto El Ingenio.....	60
4.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDCUTO DEL MUNICIPIO DE ANCUYA.....	79
4.3.1 Localización.....	79
4.3.2 Acueducto El Salado.....	80

4.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE TANGUA.....	94
4.4.1 Localización.....	94
4.4.2 Acueducto Santa Isabel	95
5. METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD ...	106
5. 1 DEFINICION DE MATRICES	106
5.2 DETERMINACIÓN DE LAS SOLICITACIONES	107
5.3 DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FISICA	107
5.3.1 Calculo de la distribución de daños.....	110
5.4 DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL.....	114
6. ANALISIS Y RESULTADOS	117
6.1 CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	117
6.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS ...	122
6.3 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS.....	125
6.3.1 Vulnerabilidad física de los sistemas de abastecimiento del municipio de La Florida	128
6.3.2 Vulnerabilidad física de los sistemas de abastecimiento del municipio de Sandoná	131
6.3.3 Vulnerabilidad física del sistema de abastecimiento del municipio de Ancuya	134
6.3.4 Vulnerabilidad física del sistema de abastecimiento del municipio de Tangua	136
6.4 VULNERABILIDAD POR CAÍDA PIROCLÁSTICA.....	138
6.5 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS.....	139
7. CONCLUSIONES	143
8. RECOMENDACIONES.....	145
9. BIBLIOGRAFÍA	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de amenaza del Volcán Galeras.	26
Figura 2. Actividad eruptiva del Volcán Galeras 1535 - 2009	27
Figura 3. Mapa de zonificación piroclástica Ingeominas 1997	29
Figura 4. Función de dispersión de caída piroclástica volcán Galeras	30
Figura 5. Mapa de isopacas del volcán Galeras	31
Figura 6. Modelo de interpolación de valores de ceniza	32
Figura 7. Esquema simplificado del modelo de acumulación de cenizas volcánicas	33
Figura 8. Diagrama de Rosa de los Vientos, volcán Galeras (Ingeominas, (1997)	33
Figura 9. Esquema de exposición de las vertientes topográficas al viento	34
Figura 10. Índice de aspecto	35
Figura 11. Modelo final de acumulación de ceniza volcánica, Volcán Galeras	36
Figura 12. Grupo de apoyo técnico.	37
Figura 13. Fases del estudio.	38
Figura 14. Esquema de cuencas municipio de La Florida.	42
Figura 15. Esquema general del sistema de acueducto Sector Oriental.	43
Figura 16. Nacimiento Sector oriental.	44
Figura 17. Cajilla de recolección No 1.	44
Figura 18. Cajilla de recolección No 2.	45
Figura 19. Tanque dosificador de cloro.	46
Figura 20. Tanque de almacenamiento y distribución - caseta de cloración.	47
Figura 21. Esquema sistema de acueducto Bosques de Zaragoza.	47
Figura 22. Bocatoma Bosques de zaragoza.	48
Figura 23. Desarenador Bosques de zragoza	49
Figura 24. Tramo conducción destapada	50
Figura 25. Tanque de almacenamiento y distribución.	51
Figura 26. Esquema sistema de acueducto principal Municipio de La Florida.	52
Figura 27. Microcuenca Panchindo.	53
Figura 28. Bocatoma Panchindo.	54
Figura 29. Desarenador Panchindo.	55
Figura 30. Filtro grueso dinámico.	56
Figura 31. Cámara de entrada filtro grueso dinámico.	56
Figura 32. Filtro rápido ascendente.	57
Figura 33. Cámara de entrada filtro rápido.	57
Figura 34. Caseta de cloración.	58
Figura 35. Vista Gral. Planta de tratamiento FIME Panchindo.	58
Figura 36. Tanque de almacenamiento.	59
Figura 37. Esquema de cuencas.	60
Figura 38. Esquema general del sistema de acueducto del Rio Ingenio.	61
Figura 39. Bocatoma lateral Rio Ingenio.	62
Figura 40. Desarenador Río Ingenio.	63

Figura 41. Planta de Tratamiento.	66
Figura 42. Floculadores hidráulicos.	67
Figura 43. Sedimentador.	67
Figura 44. Filtros mixtos	68
Figura 45. Laboratorio.	69
Figura 46. Tanque de almacenamiento 1.	69
Figura 47. Macromedidor.	70
Figura 48. Tanque de almacenamiento 2.	71
Figura 49. Oficina de EMSAN	71
Figura 50. Esquema general del sistema de acueducto de San Isidro.	74
Figura 51. Nacimiento El Guarango.	74
Figura 52. Cajilla de recolección No 1.	75
Figura 53. Cajilla de recolección No 2.	75
Figura 54. Vista general desarenador.	77
Figura 55. Caseta de coloración San Isidro.	78
Figura 56. Disposición de tanques de almacenamiento 1 y 2.	79
Figura 57. Esquema cuencas Ancuya.	80
Figura 58. Esquema del sistema de acueducto principal del municipio de Ancuya.	81
Figura 59. Microcuenca El Salado.	82
Figura 60. Bocatoma El Salado.	83
Figura 61. Aducción El Salado.	84
Figura 62. Desarenador.	85
Figura 63. Filtración gruesa dinámica.	87
Figura 64. Filtración rápida ascendente.	88
Figura 65. Filtros lentos descendentes.	89
Figura 66. Tanque dosificador de cloro y punto de aplicación del cloro.	89
Figura 67. Tanque de almacenamiento.	90
Figura 68. Tanques Zona Alta.	91
Figura 69. Tanque de almacenamiento 1.	91
Figura 70. Instalaciones de la junta administradora.	92
Figura 71. Esquema cuenca Tangua.	94
Figura 72. Esquema del sistema de acueducto del municipio de Tangua	95
Figura 73. Nacimiento Santa Isabel.	96
Figura 74. Bocatoma Santa Isabel.	97
Figura 75. Desarenador.	98
Figura 76. Caseta de cloración.	100
Figura 77. Tanque de almacenamiento zona baja.	101
Figura 78. Tanque de almacenamiento zona media.	102
Figura 79. Tanque de almacenamiento zona alta.	103
Figura 80. Indicador de exposición sistemas de acueductos	109
Figura 81. Plano de interdependencia	115
Figura 82. pH promedio de fuentes de la zona de estudio	119
Figura 83. DBO5 días promedio de fuentes de la zona de estudio	120
Figura 84. Turbiedad (UNT) de fuentes de la zona de estudio	121
Figura 85. Oxígeno disuelto de fuentes de la zona de estudio	122

Figura 86. Matriz Causa–Efecto Fenómenos volcánicos Vs Zonas de amenaza	126
Figura 87. Matriz Causa–Efecto Fenómenos volcánicos Vs Zonas de amenaza	126
Figura 88. Mapa temático – Inventario acueductos La Florida	128
Figura 89. Mapa temático – Inventario acueductos Sandoná	131
Figura 90. Mapa temático – Inventario acueductos Ancuya	134
Figura 91. Mapa temático – Inventario acueductos Tangua	136
Figura 92. Matriz de interdependencia de los sistemas de acueductos	139
Figura 93. Nivel de importancia de los componentes del sistema	140
Figura 94. Nivel de dependencia de los componentes	140
Figura 95. Plano de influencias y dependencias	142

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Detalles elementos del sistema de acueducto Bosques de zaragoza.	50
Tabla 2. Georreferenciación de elementos en la Conducción.	65
Tabla 3. Materiales de filtros.	68
Tabla 4. Tubería- Red distribución.	72
Tabla 5. Hidrantes	72
Tabla 6. Llaves de Lavado.	73
Tabla 7. Llaves de Corte.	73
Tabla 8. Detalles de válvulas ventosas y llaves de purga (Conducción).	86
Tabla 9. Detalles pasos elevados y sitios críticos (Conducción).	86
Tabla 10. Red de distribución.	93
Tabla 11. Hidrantes.	93
Tabla 12. Llave de purga.	93
Tabla 13. Llaves de corte.	93
Tabla 14. Localización elementos de la conducción.	99
Tabla 15. Red distribución zona alta. (Fuente PDA, año 2007)	103
Tabla 16. Red de distribución zona media. (Fuente PDA, año 2007)	104
Tabla 17. Llaves de corte.	104
Tabla 18. Llaves de purga.	104
Tabla 19. Red distribución zona baja. (Fuente PDA, año 2007)	105
Tabla 20. Exposición los fenómenos volcánicos con relación al mapa de amenaza volcánica del Volcán Galeras del Ingeominas (1997)	107
Tabla 21. Índice de explosividad – VEI	110
Tabla 22. Resumen de propiedades físicas estimadas para algunos fenómenos volcánicos	111
Tabla 23. Probables efectos de los peligros volcánicos en los bienes	112
Tabla 24. Criterios de definición del nivel de daño	112
Tabla 25. Nivel de daño por fenómeno	113
Tabla 26. Indicador de vulnerabilidad física a partir del daño severo	114
Tabla 27. Calidad de la fuente	118
Tabla 28. Demanda biológica de Oxígeno DBO/año	120
Tabla 29. Resumen de los componentes de los acueductos en estudio.	124
Tabla 30. Cobertura general y usos de los sistemas de acueducto de los municipios	124
Tabla 31. Resultado vulnerabilidad individual.	127
Tabla 32. Relación Vulnerabilidad General	127
Tabla 33. Resultado Vulnerabilidad General	127
Tabla 34. Afectación por caída de ceniza sobre componentes de los sistemas de acueducto espesor en (cm)	138

GLOSARIO

Amenaza: se expresa como la probabilidad de que un evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y en dentro de un periodo de tiempo definido. Estas pueden ser naturales, socio naturales, antrópicas y tecnológicas.

Atención de la emergencia: comprende la movilización social e institucional necesaria para salvar vidas y bienes una vez que el fenómeno ya se ha presentado, y para dar los primeros pasos hacia la recuperación de a comunidad después del desastre.

Caída piroclástica o ceniza: son fragmentos de roca y pómez (piroclastos), que son lanzados desde el cráter hacia la atmósfera durante una erupción, impulsados gracias al efecto de los gases asociados. El tamaño de estos piroclastos varía desde ceniza (<2mm) a lapilli (2-64 mm)¹.

Desastre: situación ó proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, tecnológico ó provocado por el hombre (antrópico), que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causan alteraciones intensas, graves y extendidas sobre las condiciones normales de funcionamiento de la comunidad. La magnitud de un desastre se mide en términos de pérdidas de vida o de salud, pérdida de bienes o servicios y daños en el ambiente.

Edificaciones de atención a la comunidad: son todas aquellas edificaciones que albergan personal cuya función principal es rescatar vidas y garantizar el orden durante y después de una situación de emergencia; bomberos, policía, cruz roja, defensa civil y bases militares se incluyen en este grupo;

Edificaciones de ocupación normal: son todas aquellas edificaciones generalmente de uso habitacional, como viviendas de construcción popular, conjuntos residenciales, edificios de apartamentos, etc.;

Edificaciones esenciales: son todas aquellas edificaciones y estructuras fundamentales para el funcionamiento de las actividades cotidianas de una sociedad y que han sido diseñadas para prestar un servicio público.

Edificaciones indispensables: aquí se agrupan todas las estructuras y/o edificaciones cuya función primordial es garantizar la salud de la población, antes, durante y después de una situación de emergencia; hospitales, puestos de salud, clínicas y en general todas las edificaciones del sector salud se incluyen en este grupo;

Edificaciones y estructuras de uso especial: son todas aquellas edificaciones de uso masivo, como escuelas, colegios, universidades, coliseos, instalaciones gubernamentales, iglesias, etc., que por sus características constructivas y arquitectónicas (grandes espacios) se pueden adaptar para ser usados como refugios o albergues provisionales en caso de presentarse un evento adverso.

¹ Blong, 1984 en Ingeominas, 1997

Elementos expuestos: es el entorno social, material y ambiental representado por las personas y por los recursos, servicios e infraestructura y ecosistemas que pueden ser afectados por un fenómeno físico.

Escenario de riesgo: es un análisis presentado en forma escrita, cartográfica o diagramada, utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas, y basado en métodos participativos, de las dimensiones del riesgo que afecta a territorios y grupos sociales determinados. Significa una consideración pormenorizada de las amenazas y vulnerabilidades, y como metodología ofrece una base para la toma de decisiones sobre la intervención en reducción, previsión y control de riesgo.

Evaluación de la amenaza: es el proceso mediante el cual se determina la posibilidad de que un fenómeno se manifieste, con un determinado grado de severidad, durante un período de tiempo definido y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables.

Evaluación de la vulnerabilidad: proceso mediante el cual se determina el grado de susceptibilidad y predisposición al daño de un elemento o grupo de elementos expuestos ante una amenaza particular.

Exposición: se refiere a un área o región, expuesta a un fenómeno amenazante, o a un elemento potencialmente sometido a él (vidas, estructuras).

Factores detonantes: son fenómenos ó procesos, naturales ó no, que actúan con la susceptibilidad en la conformación de una amenaza. Se pueden considerar como elementos activos ó agentes perturbadores del equilibrio del sistema analizado.

Flujos de lava: son corrientes de roca fundida, relativamente fluidas, que son expulsadas por el cráter o por grietas en los flancos del cono activo. Al salir del cráter forman lenguas que tienden a canalizarse a lo largo de los valles.

Flujos de lodo: son mezclas de material volcánico (roca, ceniza, pómez) y material activo de los ríos y quebradas, que recoge a medida que avanza por los cauces; su grado de fluidez está directamente relacionado con la concentración de agua que conlleva el flujo, la cual es proporcionada por suelos saturados, caudales altos en las corrientes y temporadas invernales altas.

Flujos piroclásticos: es uno de los fenómenos volcánicos más peligrosos. Corresponde a mezclas de fragmentos rocosos, escombros piroclásticos y gases que se mueven rápidamente a ras del suelo, accionados por la gravedad; son secos y calientes (300 - >800° C).

Gases volcánicos: en el interior del volcán, el magma contiene gases disueltos, los cuales antes, durante y después de la erupción escapan hacia a la atmósfera. Su puerta de salida puede ser el cráter principal, o bocas alrededor del cráter llamada fumarolas, como conductos secundarios.

Gestión del riesgo: proceso social complejo que conduce al planeamiento y aplicación de políticas, estrategias, instrumentos y medidas orientadas a impedir, reducir, prever y controlar los efectos adversos de fenómenos

peligrosos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente. “Las experiencias de gestión de riesgos más exitosas en América Latina... ocurren cuando existen procesos de negociación y concertación entre la población y los actores externos que permiten que éstos últimos adecuen sus políticas, programas y proyectos, para tomar en cuenta las percepciones, imaginarios, prioridades y necesidades de los primeros” (Maskrey, 1998).

Líneas vitales: son sistemas de infraestructura básica de carácter lineal y de uso continuo, las cuales permiten el desarrollo normal de las actividades en una población. Están conformadas por una serie de componentes puntuales (redes, edificaciones y estructuras) con características constructivas muy singulares, que han sido diseñadas para ejercer funciones por ejemplo, de transporte, movilidad, almacenamiento, abastecimiento, distribución y eliminación. La interrupción en la prestación de su servicio, puede afectar a una gran cantidad de personas y las actividades normales de una población.

Mitigación: conjunto de acciones tendientes a reducir la exposición ó la vulnerabilidad de una comunidad, de un elemento ó de un sistema, amenazados por uno ó por varios fenómenos previsibles de origen natural o tecnológico. Las principales medidas de mitigación se conciben en el mediano y largo plazo, e incluyen tanto medidas de planificación del desarrollo (p. ej. estatutos de usos del suelo, áreas de reserva, áreas no urbanizables por amenazas, normatividad constructiva y urbanizadora, medidas de educación continuada), medidas ingenieriles tales como obras de protección, y medidas de relocalización. Éstas últimas normalmente se toman cuando la exposición a un fenómeno previsible es considerada como alta.

Modelo: es la representación simplificada de un evento (objeto o proceso) de la realidad, reproduciendo a una escala determinada algunas de sus variables constitutivas o descriptivas en términos cualitativos, cuantitativos, gráficos ó materiales, integrados de acuerdo con un patrón de interacciones en un escenario de desarrollo espacio – temporal particular (Aguilar, 2005).

Nubes piroclásticas, ardientes o acompañantes: corresponden a mezclas de gas y material sólido muy fino, turbulentas, bajas en concentración de partículas con alta velocidad de fluidez.

Ondas de choque: se genera por la compresión que existe entre el interior y el exterior del volcán cuando sucede una erupción volcánica explosiva, lo que ocasiona el desplazamiento súbito de masa de aire que se alejan de manera concéntrica desde el sitio de la erupción.

Población: son todos aquellos habitantes de un territorio, que pueden verse afectados por la manifestación de un evento adverso.

Preparación para desastres: hace referencia a las actividades que tienen por objeto alistar a la sociedad y a sus instituciones para responder adecuadamente ante un desastre.

Prevención de desastres: denota al conjunto de acciones tendientes a evitar que los desastres se produzcan. En otras palabras, son las acciones cuyo objeto es impedir que sucesos naturales ó antrópicos causen eventos adversos sobre una población.

Proyectiles balísticos: son fragmentos de roca emitidos a partir del cráter durante una erupción; tienen un rango de diámetro que varía desde 64 mm hasta varios metros. Se desplazan con movimiento parabólico desde el cráter.

Reducción de la vulnerabilidad: medidas dirigidas a cambiar o disminuir las condiciones de vulnerabilidad existentes. Son medidas de prevención-mitigación y preparación que se adoptan con anterioridad de manera alternativa, prescriptiva o restrictiva, con el fin de evitar que se presente un fenómeno peligroso, o para que no generen daños, o para disminuir sus efectos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente.

Riesgo: es la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos sobre el medio físico y humano en un área determinada. En este sentido, es una conjugación de las características de las amenazas (factor externo) y de las vulnerabilidades (factor interno). Estrictamente, es el cálculo anticipado de pérdidas (en vidas y en bienes), para un fenómeno de origen natural o tecnológico, o situación de tipo social que actúa sobre el conjunto social o una porción del mismo y sus bienes. Es importante aclarar que entre vulnerabilidad y riesgo esta (1) una estimación de costos de lo expuesto a pérdida y (2) un modelo de distribución temporal – probabilidad de ocurrencia – de los fenómenos amenazantes. En cambio, en vulnerabilidad solo entra un ‘escenario’ de potenciales fenómenos amenazantes y de impactos y afectaciones.

Riesgo aceptable: posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales que, implícita o explícitamente, una sociedad o un segmento de la misma asume o tolera por considerar innecesario, inoportuno o imposible una intervención para su reducción. Por lo tanto es una decisión sobre el nivel de pérdidas esperables que se asume como resultado de aceptar que ocurrirán fenómenos naturales, tecnológicos, o situaciones sociales, los cuales incidirán sobre las vidas y bienes expuestos.

Susceptibilidad: es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno, dadas unas condiciones intrínsecas ó elementos pasivos del sistema analizado.

Vulnerabilidad física: se refiere al grado de debilidad física de los elementos expuestos de una población (p. eje. Infraestructura vital, edificaciones esenciales, etc.) con respecto a su localización o ubicación frente a determinadas amenazas (p. ej. terremoto, inundación, tsunami, deslizamiento, marejadas, erupción volcánica, etc.).

Vulnerabilidad funcional: esta puede ser entendida como la debilidad de los sistemas urbanos, líneas vitales y edificaciones esenciales que prestan un servicio público y privado, en términos de su capacidad de operación y respuesta en caso de la ocurrencia de evento adverso, para garantizar la continuidad, calidad y cobertura en la prestación del servicio para el que fue diseñada, o la recuperación del mismo, en el menor tiempo posible, para restablecer las condiciones normales en una comunidad. Para su evaluación se requiere previo conocimiento del funcionamiento de cada uno de los componentes que conforman los sistemas, su nivel de operación, mantenimiento y su interrelación e interdependencia en relación con los

demás componentes de cada uno de los sistemas, que pueden verse afectados.

Zona de amenaza alta. se refiere al área más cercana al cráter activo donde pueden ocurrir alguno de los siguientes fenómenos volcánicos generando destrucción total: flujos piroclásticos (nubes calientes de materiales sólidos y gaseosos), flujos de lava (flujos de rocas fundidas), flujos de lodo, proyectiles balísticos (caídas de piedras), onda de choque (ruido explosivo) y alta concentración de gases tóxicos en las inmediaciones del cono activo.

Zona de amenaza baja. área en la cual los efectos Volcánicos afectan con menor rigor a la comunidad y en forma parcial a la propiedad. Está definida principalmente por las tendencias de depósito de material de caída piroclástica (cenizas). Así mismo puede ser afectada por ondas de choque.

Zona de amenaza media: área que bordea los límites de la zona de amenaza volcánica alta en un ancho aproximado de 200 metros; sería afectada por flujos piroclásticos más grandes pero poco probables, y por flujos de lodos secundarios.

RESUMEN

DESDE LA REACTIVACIÓN DEL VOLCÁN GALERAS EN 1989, TANTO LAS AUTORIDADES LOCALES COMO LAS REGIONALES Y NACIONALES SE HAN VISTO ENFRENTADAS A DISEÑAR Y APLICAR ACCIONES QUE MITIGUEN A CORTO Y MEDIANO PLAZO LOS RIESGOS QUE SE HAN VENIDO PRESENTANDO POR LOS FENÓMENOS ASOCIADOS AL VOLCÁN GALERAS, SIN EMBARGO LA MAYORÍA DE ESTAS ACCIONES HAN SIDO ENFOCADAS SOLO A PLANES DE CONTINGENCIA.

CON BASE A ESTO LA CORPORACIÓN OSSO ADELANTA ESTUDIOS ACERCA DE LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE INFLUENCIA YA QUE LA VULNERABILIDAD ES LO ÚNICO INTERVENIBLE Y MODIFICABLE DEBIDO A QUE ES UNA CONSTRUCCIÓN HUMANA Y SOCIAL Y A SIDO UN TEMA POCO ESTUDIADO EN LA REGIÓN.

POR TAL RAZÓN, SE ENFOCO EN EL ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS YA QUE ESTOS REPRESENTAN ELEMENTOS IMPORTANTES PARA EL DESARROLLO Y BIENESTAR DE LA POBLACIÓN, PARTIENDO DEL CRUCE DEL MAPA DE AMENAZA VOLCÁNICA (INGEOMINAS,1997) CON LOS COMPONENTES IMPORTANTES GEORREFERENCIADOS DEL SISTEMA, OBTENIENDO COMO RESULTADO LA VULNERABILIDAD DE CADA SISTEMA DE ACUEDUCTO POR MEDIO DE CALIFICACIONES CUALITATIVAS EN TÉRMINOS DE NIVELES DE PORCENTAJE DE DAÑO SEVERO INCLUYENDO ADEMÁS RECOMENDACIONES QUE AYUDEN AL DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA ACCIONES POSTERIORES.

ABSTRACT

SINCE THE REACTIVATION OF THE GALERAS VOLCANO IN 1989, BOTH LOCAL AUTHORITIES SUCH AS REGIONAL AND NATIONAL HAVE BEEN ENCOUNTERED IN DESIGNING AND IMPLEMENTING ACTIONS TO MITIGATE THE SHORT AND MEDIUM TERM RISKS THAT HAVE BEEN PRESENTED BY THE PHENOMENA ASSOCIATED WITH THE VOLCANO GALERAS, NEVERTHELESS MOST OF THESE ACTIONS HAVE BEEN FOCUSED ONLY ON CONTINGENCY PLANS.

WITH THIS BASIS THE CORPORATION OSSO IS DOING STUDIES ABOUT VULNERABILITY ASSESSMENT IN THE AREA OF INFLUENCE DUE TO THE VULNERABILITY IS THE ONLY THING TO CHANGE AND TO INTERVENE, BECAUSE IT IS A HUMAN CONSTRUCTION AND SOCIAL AND HAS BEEN A LITTLE STUDIED TOPIC IN THE REGION.

THEREFORE, WE FOCUSED ON STUDYING THE PHYSICAL AND FUNCTIONAL VULNERABILITY OF THE AQUEDUCT SYSTEMS BECAUSE THEY REPRESENT IMPORTANT ELEMENTS FOR DEVELOPMENT AND WELFARE OF PEOPLE, FROM THE JUNCTION OF THE VOLCANIC HAZARD MAP (INGEOMINAS, 1997) WITH IMPORTANT COMPONENTS OF THE GEO-SYSTEM, WHICH RESULTED IN THE VULNERABILITY OF EACH AQUEDUCT SYSTEM THROUGH QUALITATIVE RATINGS IN TERMS OF PERCENTAGE LEVELS OF SEVERE DAMAGE INCLUDING ALSO RECOMMENDATIONS TO HELP DESIGN OF MITIGATION MEASURES FOR FURTHER ACTIONS.

INTRODUCCIÓN

La activación o reactivación de un volcán es uno de los fenómenos naturales más temidos y respetados. Su acción transformadora de la geomorfología del paisaje y sus efectos en la salud pública, hacen de las erupciones volcánicas un proceso complejo para las poblaciones que están influenciadas por su acción. A diferencia de otros desastres de origen natural, las erupciones volcánicas se presentan con diferentes episodios en un lapso indeterminado y con magnitud variable, lo cual exige prepararse y planificar la respuesta a partir de diferentes escenarios de riesgo.

Es así como INGEOMINAS a mediados del año 1994 a través de la Unidad Operativa Pasto, dio inicio al proyecto de evaluación de riesgo volcánico del volcán Galeras con el fin de contar con un estudio que relacione la amenaza volcánica y la vulnerabilidad frente ante la ocurrencia de una erupción. Los dos (2) primeros mapas de amenaza fueron publicados en mayo y diciembre de 1989, durante el periodo de reactivación. La primera versión considero básicamente las investigaciones sobre las fases eruptivas comprendidas en las décadas de los años 30 a los 40, lapso en el cual ocurrió el último flujo piroclástico conocido del volcán Galeras. La segunda versión tuvo un mayor trabajo de campo, su elaboración se basó en el concepto de cono de energía para el depósito de flujos piroclásticos, comprendió tres (3) zonas de amenaza (alta, media y baja) y consideró los eventos de edad menor a 10.000 años para finalmente en el año de 1997 publicar el último mapa amenaza del volcán Galeras,

En ese sentido a raíz del aumento de la actividad del Volcán Galeras en los últimos años y dada la magnitud de la problemática social, económica, política, ambiental y cultural, que este tipo de procesos generan, el Gobierno Nacional a través del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres - SNPAD, declaró la situación de desastre en los municipios Pasto, Nariño y La Florida del Departamento de Nariño, mediante el decreto 4106 del 15 de noviembre de 2005.

De acuerdo con los lineamientos planteados por la Corporación OSSO, el estudio se realizará de manera semi-cuantitativa, es decir sin llegar al detalle de análisis y/o modelamientos estructurales, físicos o matemáticos, pero buscando identificar vulnerabilidades genéricas que sirvan para definir medidas de reducción aplicables por la comunidad y las instituciones.

En ese sentido y con la finalidad de apoyar este estudio, el Proceso Galeras realizó una solicitud a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño, para la vinculación de estudiantes egresados del Programa de Ingeniería Civil en la modalidad de pasantía, para avanzar en la evaluación de la vulnerabilidad física y funcional en los siguientes contextos:

- (i) En viviendas de ocupación normal y uso esencial elaborado por Inti David Patiño Agreda.
- (ii) Sistemas de vías y transporte elaborado por Sandra Milena Rosero Argote.
- (iii) Sistemas de acueductos y red eléctrica elaborados por Carlos Andrés Mosquera.
- (iv) Viviendas de uso esencial elaborado por Jairo Ruales.

Los cuales se desarrollaron con la misma metodología razón por la cual estos trabajos contienen el mismo marco teórico. Vale la pena resaltar que en el Documento COMPES 3501 de diciembre de 2007, que se refiere a los *“Lineamientos de política para implementar un proceso de gestión integral del riesgo en la zona de amenaza volcánica alta del Volcán Galeras”*, La Universidad de Nariño es un actor clave para acompañar este proceso.

El objetivo principal de la pasantía es la “Evaluación de la vulnerabilidad física y funcional de los acueductos principales de los municipios de La Florida, Sandoná, Ancuya y Tangua a la caída de ceniza volcánica”.

Las actividades principales en esta pasantía consistieron en:

- Revisión de información existente sobre estudios de vulnerabilidad física y funcional de sistemas de acueducto realizados en la región.
- Recopilación de información cartográfica y documental de los sistemas de acueductos de los municipios en estudio.
- Elaboración de formatos de medición para el inventario de los elementos expuestos de los sistemas de acueductos.
- Recorridos de campo para la recolección de información.
- Determinación de los componentes críticos y vulnerables (captaciones, desarenadores, tanques de almacenamiento, plantas de tratamiento) a la caída de ceniza de los sistemas de acueductos.
- Elaboración recomendaciones para reducir la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Se participó y asistió en la mayoría de reuniones de socialización del proyecto a entidades locales y comunitarias (transferencia de conocimientos) así como a conferencias de capacitación relacionadas con el tema de estudio.

En este proyecto se presenta un análisis de las actividades realizadas durante el desarrollo de la pasantía, así como la experiencia plasmada y los aprendizajes específicos adquiridos. Toda la información aquí contenida, está soportada con base en los resultados del proyecto.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 ORGANIZACION EN LA CUAL SE DESARROLLÓ LA PASANTÍA

La Corporación OSSO es una organización no gubernamental de beneficio público, sin ánimo de lucro, (Resolución No. 17-A del 29 de febrero de 1996 del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA del Municipio de Cali), dedicada a *“promover, apoyar y ejecutar investigaciones científicas, difusión y extensión de conocimientos, apropiación y desarrollo de metodologías y de tecnologías así como actividades afines, en los campos de la dinámica de la tierra sólida, de la hidrósfera y de la atmósfera, y de sus interacciones con la sociedad, en particular aquellas con potencial de evolución ambiental degradante, riesgos y desastres, así como las acciones apropiadas para su intervención, prevención y mitigación”*.

El grupo OSSO ha recibido reconocimientos como el Premio a la Mitigación de Desastres de las Naciones Unidas (Premio Sasakawa, 1997) y, en dos ocasiones, la clasificación de COLCIENCIAS como grupo de excelencia del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

1.2 INSTITUCIONES Y PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO

El grupo de trabajo para este estudio, estuvo a cargo de los profesionales de la Corporación OSSO, en cabeza del Msc. Hansjürgen Meyer, Director Científico del Estudio, con la asesoría en el tema de amenazas geológicas, del Ing. Geólogo Andrés Velásquez Restrepo. La coordinación técnica del estudio, estuvo a cargo del Ing. Civil Henry A. Peralta B. especialista en reducción de riesgos de desastres y desarrollo local sostenible. La coordinación del área de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos, estuvo a cargo del Técnico Cartógrafo Jorge Eduardo Mendoza, con el apoyo de los profesionales del área de procesamiento gráfico de la Corporación, la Geógrafa Lized Zabala y los Cand. Ing. Topógrafos William Andrés Burbano y Mauricio Bautista, apoyados por la Sta. Karla Herrera. En las áreas de estudio de ofertas y amenazas geológicas, se tuvo la participación de la Msc. En ciencias de la Tierra, Ing. Diana Mendoza y en la evaluación de vulnerabilidad la Ing. Civil Cristina Rosales. En el área de sistemas para el procesamiento y manejo de las bases de datos, participaron los Técnicos Javier Arboleda y Rubén Darío Mendoza. En el análisis histórico de la vulnerabilidad, la comunicadora Social María Mercedes Durán y para el trabajo de campo, se contó con el señor Carlos Mario Salazar.

El ejercicio de evaluación de vulnerabilidad física y funcional, contó con el apoyo y acompañamiento de los actores institucionales y comunitarios de cada uno de los municipios. Como apoyo vital para la realización del

proceso, se conto con el acompañamiento para el trabajo de campo, de funcionarios de las todas las alcaldías de los municipios, objeto de estudio.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El volcán Galeras se localiza en el Departamento de Nariño, aproximadamente a 9 km al occidente de la Ciudad de San Juan de Pasto, capital de este Departamento, en las coordenadas 1°13'43,8" de Latitud N y 77°21'33" de longitud W.

Para su acceso tiene una carretera de unos 23 km en regular estado, que va de la ciudad de San Juan de Pasto (sector de Anganoy) hasta la cima y una vía circunvalar de aproximadamente 117,5 km, parcialmente pavimentada que lo rodea en su totalidad comunicando a San Juan de Pasto con los pueblos de Catambuco, Yacuanquer, Consacá, Sandoná, La Florida, Nariño y Genoy en sentido horario. Adicionalmente, se cuenta con un camino no transitable vehicularmente llamado el Camino Real que une a San Juan de Pasto con Consacá, población localizada en el extremo opuesto al occidente del volcán, camino que atraviesa a media falda la montaña por el costado Norte².

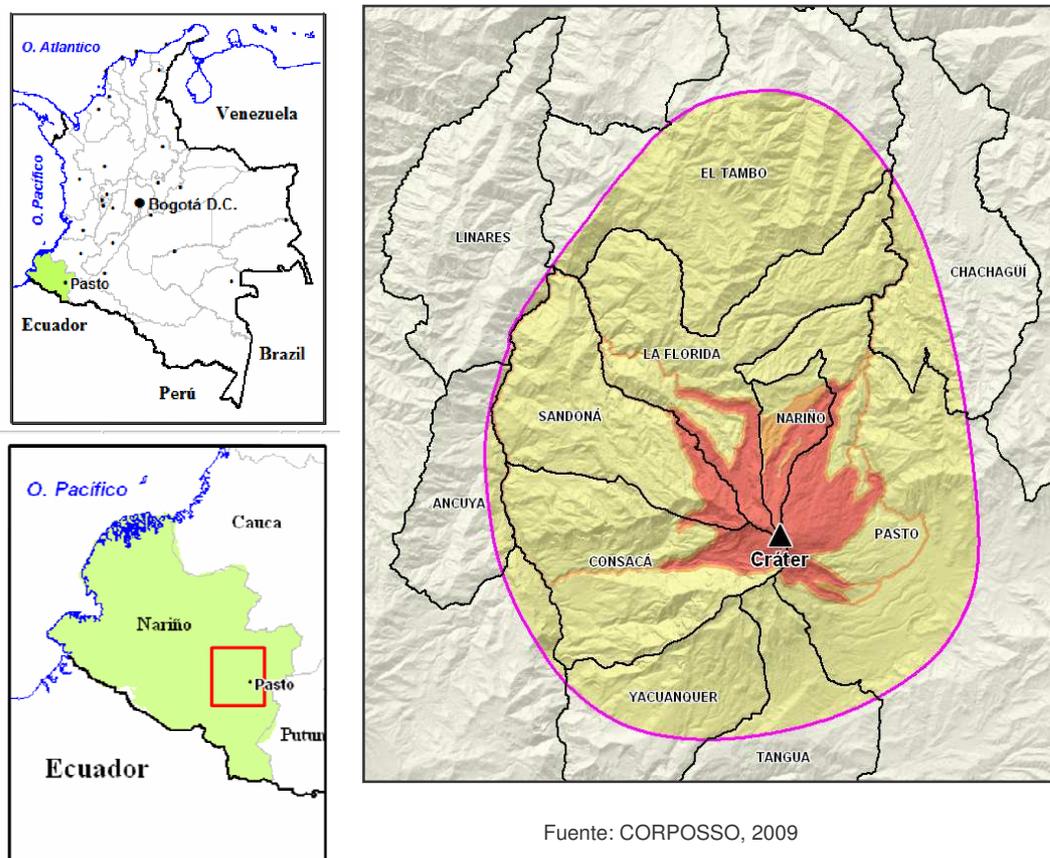
Algunos rasgos Fisiográficos:

- Elevación: 4276 m.s.n.m.
- Tipo de volcán: Estratovolcán – calderico.
- Diámetro de la base del edificio volcánico: 20 km.
- Diámetro del cráter principal: 320 m de diámetro y 80 m de profundidad. Posee otros cráteres aledaños más pequeños (cráteres secundarios) y varios campos fumarólicos.
- Altura de cono activo: 150 m en su flanco oriental.

Para la ejecución del “Estudio de vulnerabilidad física y funcional a fenómenos volcánicos, en el área de influencia del Volcán Galeras” elaborado por la Corporación OSSO el área de estudio corresponde a las poblaciones al interior del polígono rojo (área de influencia máxima del volcán) la cual está a su vez se divide en tres zonas-alta, media y baja-definidas por el modelo actual de amenaza volcánica (Ingeominas., 1997) y cubre un área aproximadamente de 800 km², centrada en el volcán, ver Figura 1. Para fines de esta pasantía el área de estudio se realizará a los sistemas de acueductos principales de los municipios de La Florida, Sandoná, Ancuya y Tangua.

² INGEOMINAS. Volcán Galeras: generalidades. (en línea). En : Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto. San Juan de Pasto :3 ago. 2008 (consultada : 3 ago. 2008). Disponible en la dirección electrónica : <http://intranet.ingeminas.gov.co/pasto/images/3/35/Generalidades2.PDF>

Figura 1. Zona de amenaza del Volcán Galeras.



La cobertura espacial del proyecto estará definida por los municipios localizados en la zona 1 (área delimitada por el ovoide.)

2.2 DESCRIPCION DEL ENTORNO

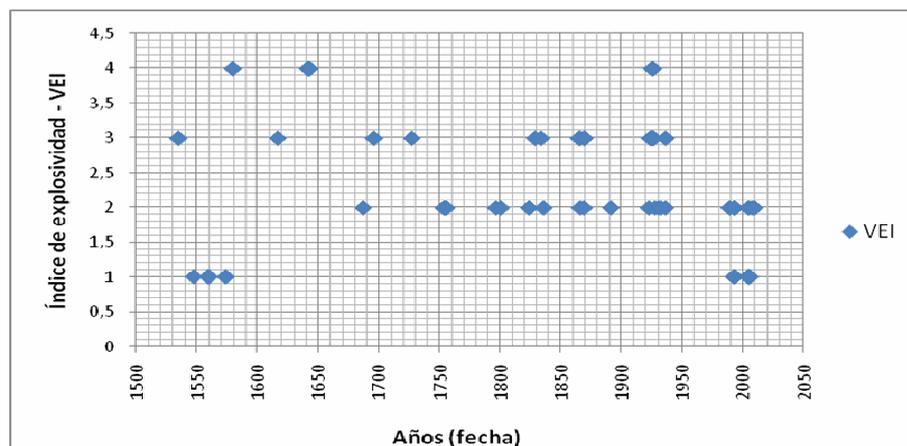
La topografía del volcán Galeras presenta un relieve que va desde accidentado hasta escarpado y en él se localiza el Santuario de Flora y Fauna del Galeras – SFFG. Su precipitación promedio está entre 1000 y 3000 mm por año. Su clima³ va desde el cálido hasta 1000 m.s.n.m. con una temperatura promedio que fluctúa entre 22.5 ° y mayores a 24°C; pasando por el templado o medio, entre 1000 y 2000 m.s.n.m y una temperatura promedio entre 17.5° y 22.5°; el clima frío desde los 2000 a 3000 m.s.n.m. y temperaturas promedio entre los 12° y 17.5°; clima muy frío (páramo bajo) que va desde 3000 a 3700 m.s.n.m. con temperatura promedio entre 9.4° a 7°C; hasta el clima de páramo alto desde los 3800 a 4270 m.s.n.m. con una temperatura que fluctúa entre 5° a 9.4 °C.

³ De acuerdo con Espinal & Montenegro (1977) en Ingeominas (2002).

2.3 AMENAZA Y EXPOSICIÓN

Según el Ingeominas, “el actual cono activo, llamado volcán Galeras, con una edad estimada en cerca de 4.500 años, tiene una historia de volúmenes relativamente pequeños, producto de erupciones que se han caracterizado por ser moderadamente explosivas. Durante los últimos 5000 años, la mayoría de las erupciones se han catalogado como vulcanianas, con columnas inferidas de baja altura (menores a 10 km), que han producido emisiones de gases y cenizas, pequeños flujos de lava y erupciones explosivas con la generación de flujos piroclásticos, cuyos depósitos han alcanzado distancias de hasta 9,5 km desde el cráter”⁴. Lo de vulcanianas hace referencia al tamaño de las erupciones, lo que equivale a decir que han tenido un tamaño intermedio. En lo que respecta a las emisiones de gases y cenizas y la generación de flujos piroclásticos se refiere a las amenazas que han acompañado estas erupciones, y que constituyen hoy las que enfrentan Pasto y los demás municipios que se encuentran en el área de influencia del volcán. A continuación se reproduce el cuadro que incluye el INGEOMINAS, que resume la actividad del Galeras, en el que MAG es el factor establecido para cuantificar la magnitud de la erupción, y VEI es el Índice de Explosividad Volcánica, (VEI, Volcanic Explosivity Index). En Figura 2, se presenta la distribución de estas erupciones desde 1535, hasta la última erupción de 20 de febrero de 2009.

Figura 2. Actividad eruptiva del Volcán Galeras 1535 - 2009



Fuente: Elaborado y completado por Corporación OSSO, a partir del catálogo del registro de erupciones del Volcán Galeras, Ingeominas (2005)

El escenario de amenaza que se utilizó para determinar la vulnerabilidad física y funcional de elementos expuestos, es aquel especificado en el último “Mapa de amenaza para el volcán Galeras” (INGEOMINAS, 1997), que define los fenómenos probables asociados al proceso volcánico, para los cuales existe información, estos fueron: flujos de lava, caídas piroclásticas

⁴ Página web de Ingeominas, vínculo Pasto, vínculo Reseña histórica. Documento PDF “Actividad Histórica”.

(ceniza volcánica), flujos de lodo, proyectiles balísticos, ondas de choque, flujo piroclástico y nube acompañante cabe resaltar que para este estudio de pasantía se enfatizó en la caída piroclástica por ser el evento más recurrente que presenta el volcán Galeras.

2.4 MODELO PARA CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS A CAÍDA PIROCLÁSTICA (CENIZA VOLCÁNICA).

2.4.1 Determinación de la solicitud. A partir de los modelos de fenómenos del mapa de amenazas (Ingeominas, 1997) se derivaron variables y niveles de severidad que se ingresó a la base de datos (el SIG de vulnerabilidad). Así, por ejemplo, el fenómeno 'caídas piroclásticas' (más comúnmente llamado 'caída de cenizas') se convirtió en una representación espacial con valores de isopacas (niveles de igual espesor de depósitos de cenizas), teniendo en cuenta un régimen de vientos probable y la topografía del terreno con la finalidad de determinar sitios de mayor acumulación de ceniza en los componentes del sistema objeto de estudio.

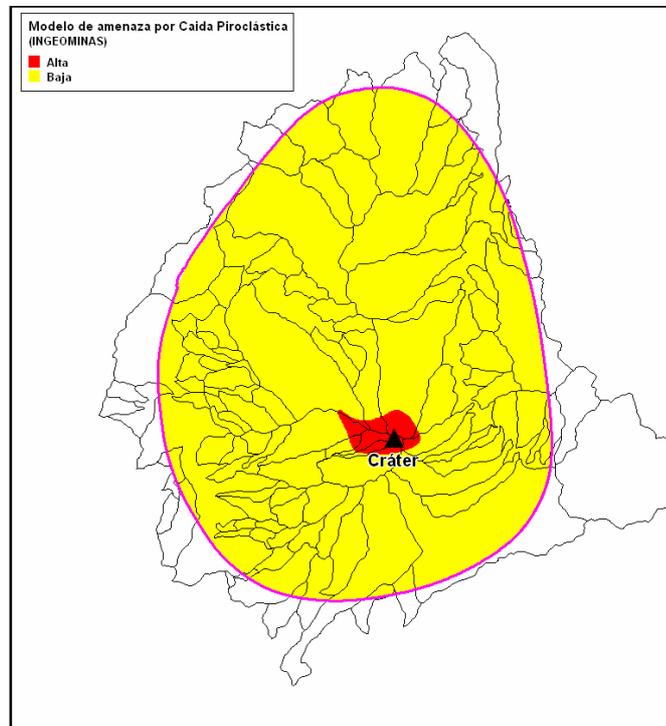
Idealmente, el modelo de amenaza para un ejercicio como éste sería una función continua para el espesor de ceniza, con las variables distancia (del cráter) y azimut (para dar cuenta de la dirección del viento), todo esto para un determinado periodo (intervalo) de recurrencia.

Para lograr modelos de espesores de ceniza más cercanos a la realidad que la zonificación del Mapa de Amenazas (Ingeominas, 1997) se revisó algunos de los modelos de espesores de ceniza disponibles en la literatura científica, empíricos y simulados (erupciones en Tungurahua, Lascar, Chaiten, Vesubio, etc.), para identificar el que más se acerca a las especificaciones para la erupción máxima probable en el Mapa de Amenaza Volcánica.

2.4.2 Modelo de dispersión de ceniza volcánica. Para determinar hipotéticamente como se distribuiría y se dispersaría la ceniza en el área de estudio y al no contar con una función de dispersión de caída piroclástica, para el escenario de erupción, en el cual se fundamenta el Mapa de amenaza volcánica del volcán Galeras, se partió de las valoraciones realizadas por Ingeominas, en donde define que:

De ocurrir erupciones como las de los últimos 5000 años, se esperarían caídas piroclásticas superiores a 30 cm, en distancias menores a 5 km, del cráter del cono activo. Erupciones de pequeña magnitud similares a las ocurridas en 1989, 1992 y 1993 generarían depósitos de caída piroclástica con espesores de orden métrico en las proximidades del cráter y de orden centimétrico y milimétrico a distancias mayores a 1 km. (Ingeominas, 1997. p. 32). En la Figura 3, se presenta el mapa de zonificación por caída piroclástica mencionado.

Figura 3. Mapa de zonificación piroclástica Ingeominas 1997



Fuente: CORPOSSO, 2009.

Teniendo en cuenta lo anterior, para propósitos del modelamiento de la vulnerabilidad y partiendo de la premisa anterior, a continuación se presenta la manera en cómo se construyó el modelo de dispersión de ceniza volcánica para el área de influencia del volcán Galeras, estimado a partir de la zonificación por caída piroclástica del Ingeominas (1997); la dirección predominante de los vientos, y la topografía.

Para establecer el modelo de dispersión de ceniza, a partir de la zonificación de caída piroclástica definido por el Ingeominas (1997), se definieron dos factores de atenuación del fenómeno: *i*). con respecto a la distancia (**Ad**) y *ii*). la topografía (**At**), el cual considera la dirección del viento para establecer, las áreas de posible afectación.

Factores de atenuación

La siguiente expresión, nos permite relacionar los factores de atenuación a caída de ceniza

$$(Ec, X) = (A, X) \times (V, 0)$$

Donde (**Ec**), representa el espesor de ceniza, (**X**) el vector de posición del punto considerado y (**A**) es la función, que representa la atenuación del

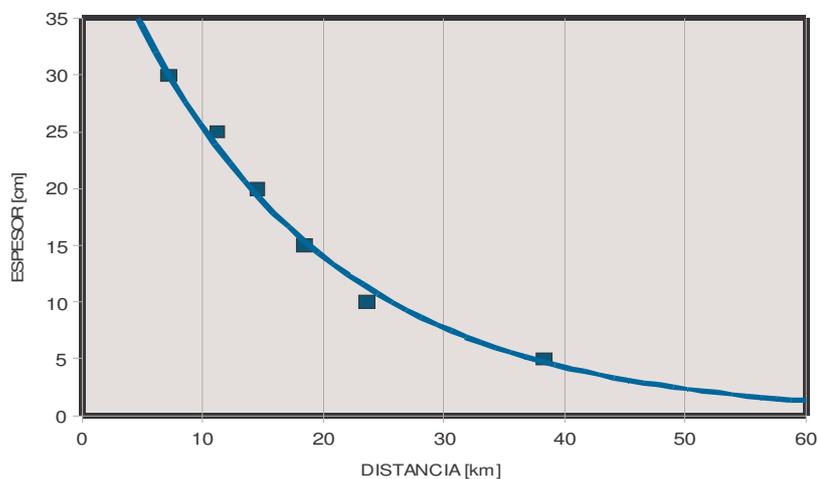
fenómeno (en este caso caída piroclástica) con la distancia de la fuente y la topografía del terreno.

El modelo de dispersión y atenuación por caída piroclástica, es entonces el resultado de la intersección del modelo de atenuación de caída piroclástica por la distancia y por la topografía.

Modelo de atenuación de caída piroclástica por la distancia

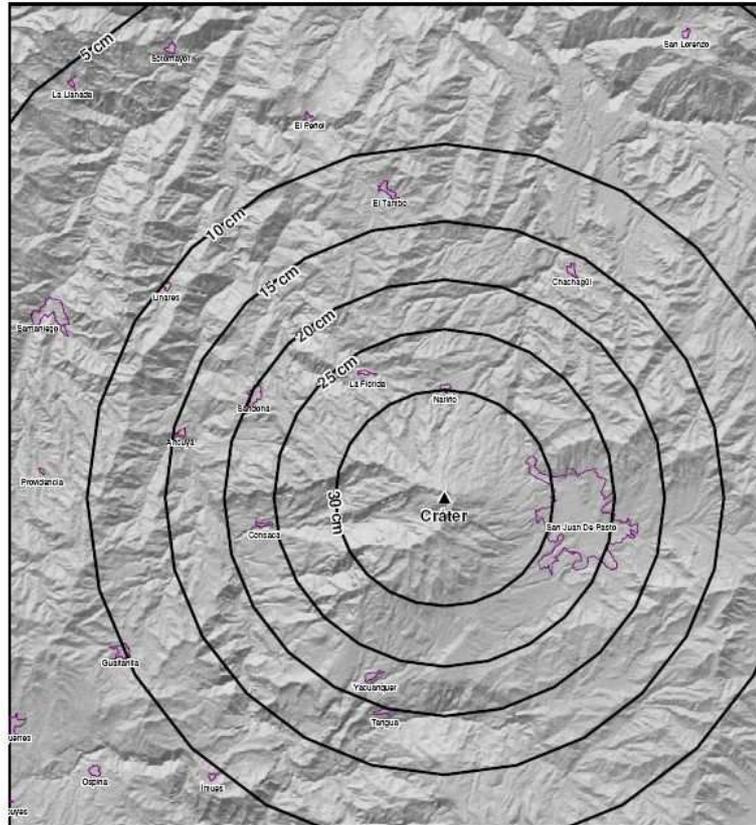
De acuerdo con Ingeominas (1997), el mapa de zonificación por caída piroclástica considera dos zonas de amenaza, una alta y otra baja. Para una erupción con un periodo de retorno de 5000 años, el espesor esperado de caída de ceniza sería de 30 cm en distancias menores a 5 km, es decir, el área del polígono que encierra la zona de amenaza alta en rojo, y cuyo borde para propósitos del modelo, se le asignó valores de caída de ceniza igual a 30 cm. Con este dato de entrada y la revisión en la literatura de funciones de caída de ceniza volcánica se construyó la función de caída de ceniza para el volcán Galeras, teniendo en cuenta el mapa de isopacas de la erupción del Pinatubo del 15 de junio de 1991, en la que aparece el factor de atenuación por distancia, al alejarse de la fuente de emisión. En la Figura 4, se presenta la función de dispersión de caída piroclástica y en la Figura 5, se presenta el mapa de isopacas construido a partir de esta.

Figura 4. Función de dispersión de caída piroclástica volcán Galeras



Fuente: CORPOSSO, 2009.

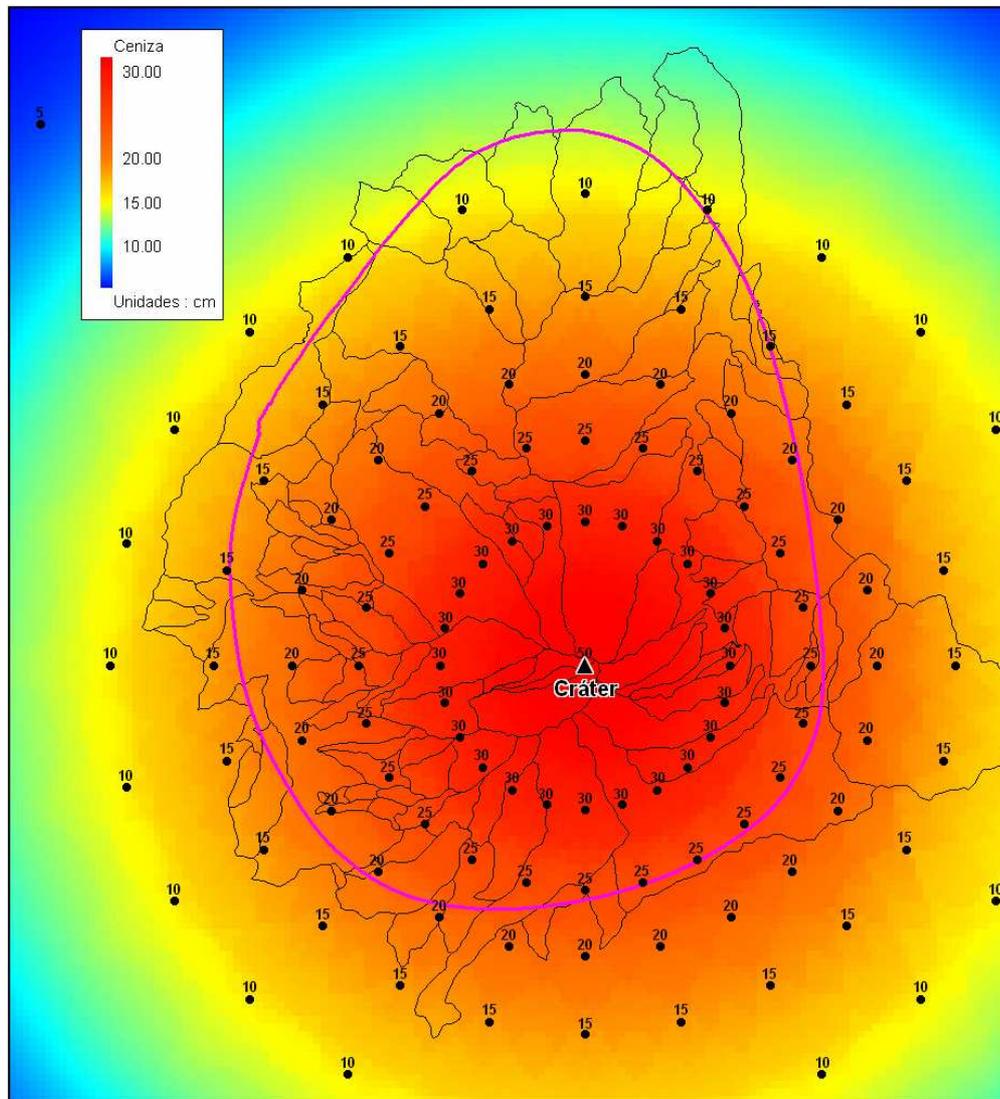
Figura 5. Mapa de isopacas del volcán Galeras



Fuente: CORPOSSO, 2009

Seguidamente, a partir del mapa anterior, se interpolaron los valores de caída de ceniza que se representan de manera radial alrededor del volcán Galeras, para obtener sus valores de dispersión en cualquier punto del área de análisis y construcción del modelo que se extendió hasta los 2762 km². En la Figura 6, se presentan los resultados obtenidos de la interpolación.

Figura 6. Modelo de interpolación de valores de ceniza

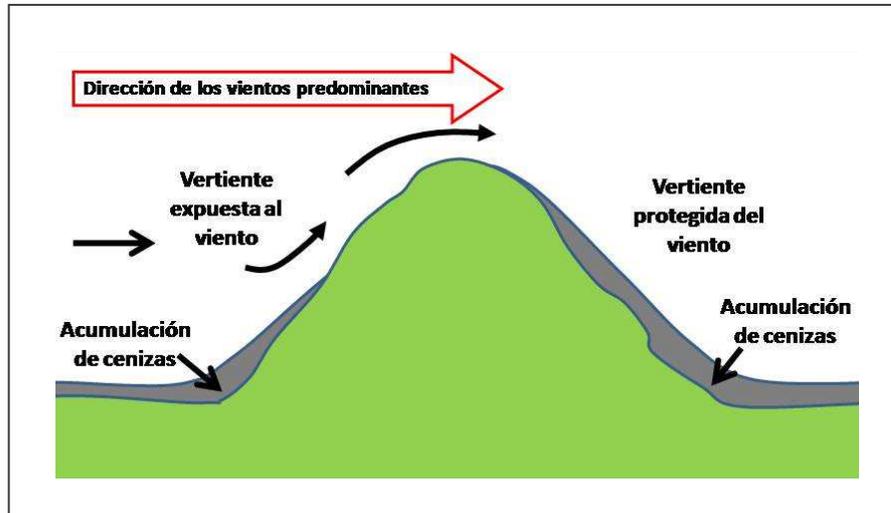


Fuente: CORPOSSO, 2009

Modelo de atenuación de caída piroclástica por la topografía

Este considera el efecto de la topografía, en estrecha relación con la dirección del viento, que define el factor de acumulación de ceniza sobre la superficie. En la Figura 7, se presenta un esquema simplificado del modelo de depositación de cenizas.

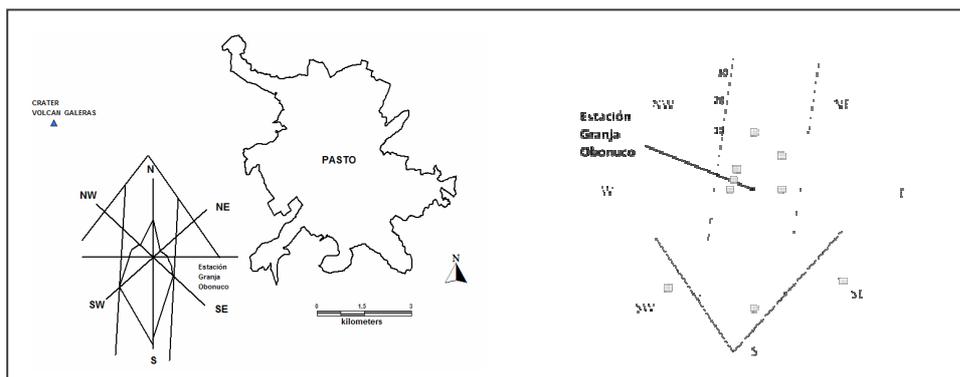
Figura 7. Esquema simplificado del modelo de acumulación de cenizas volcánicas



Fuente: Adaptado del modelo de depósito de cenizas volcánicas en la Patagonia. F. Colmet-Daage elaborado a partir Gerding & Thiers, 2002

Para el modelamiento del efecto topográfico en relación con el viento, se tuvo en cuenta el diagrama de Rosa de los vientos que podrían afectar una eventual columna de erupción del volcán Galeras definido por el Ingeominas (1997), la cual se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Diagrama de Rosa de los Vientos, volcán Galeras (Ingeominas, 1997)



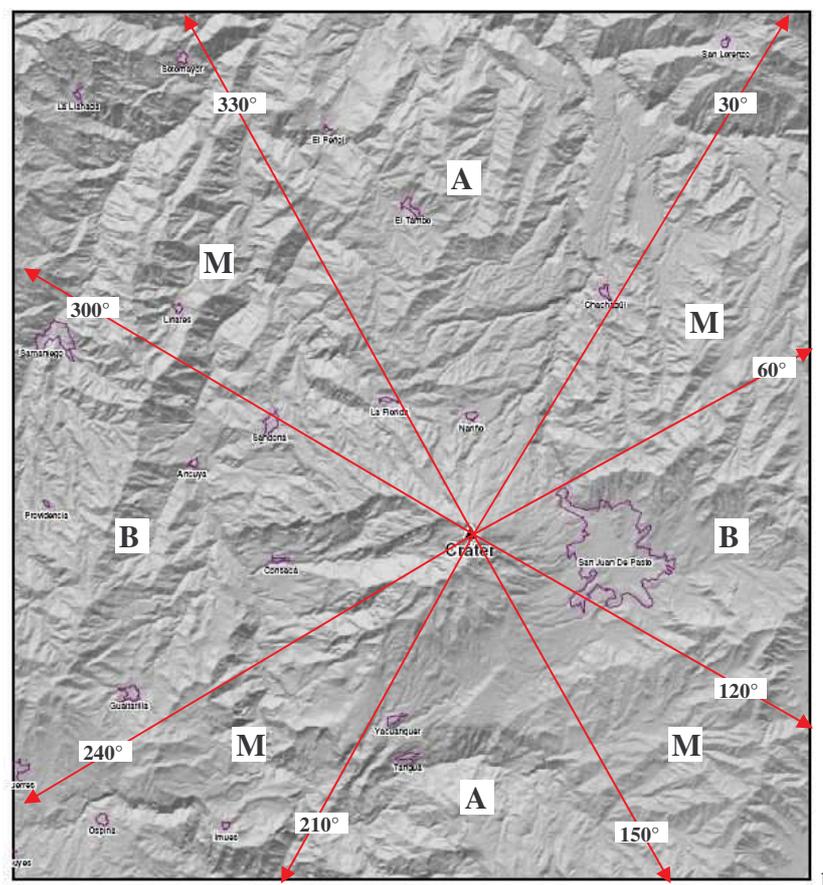
Fuente: CORPOSSO, 2009

Teniendo en cuenta lo anterior y para propósitos del estudio, se definieron tres rangos de exposición: alta, media y baja. La afectación alta, corresponde a todos los elementos topográficos con exposición directa a la acción del viento y que están determinados por la dirección de los vientos

predominantes en el Galeras, definidos para la zonificación de caída piroclástica del Ingeominas (1997) y que corresponde a dos direcciones, Norte y Sur Occidente.

Los rangos de exposición alta (**A**), se establecieron entre $[30^\circ - 330^\circ]$ y $[150^\circ - 210^\circ]$ calificándoles con un factor de ponderación de 1; el rango de exposición media (**M**) entre $[30^\circ - 60^\circ]$, $[120^\circ - 150^\circ]$, $[210^\circ - 240^\circ]$ y $[300^\circ - 330^\circ]$ con factor de ponderación de 0,5; por último, el rango bajo (**B**): $[240^\circ - 300^\circ]$ y $[60^\circ - 90^\circ]$ con factor de ponderación de 0,25. En la Figura 9, se presentan los rangos definidos los cuales se definen haciendo centro el cráter del volcán Galeras.

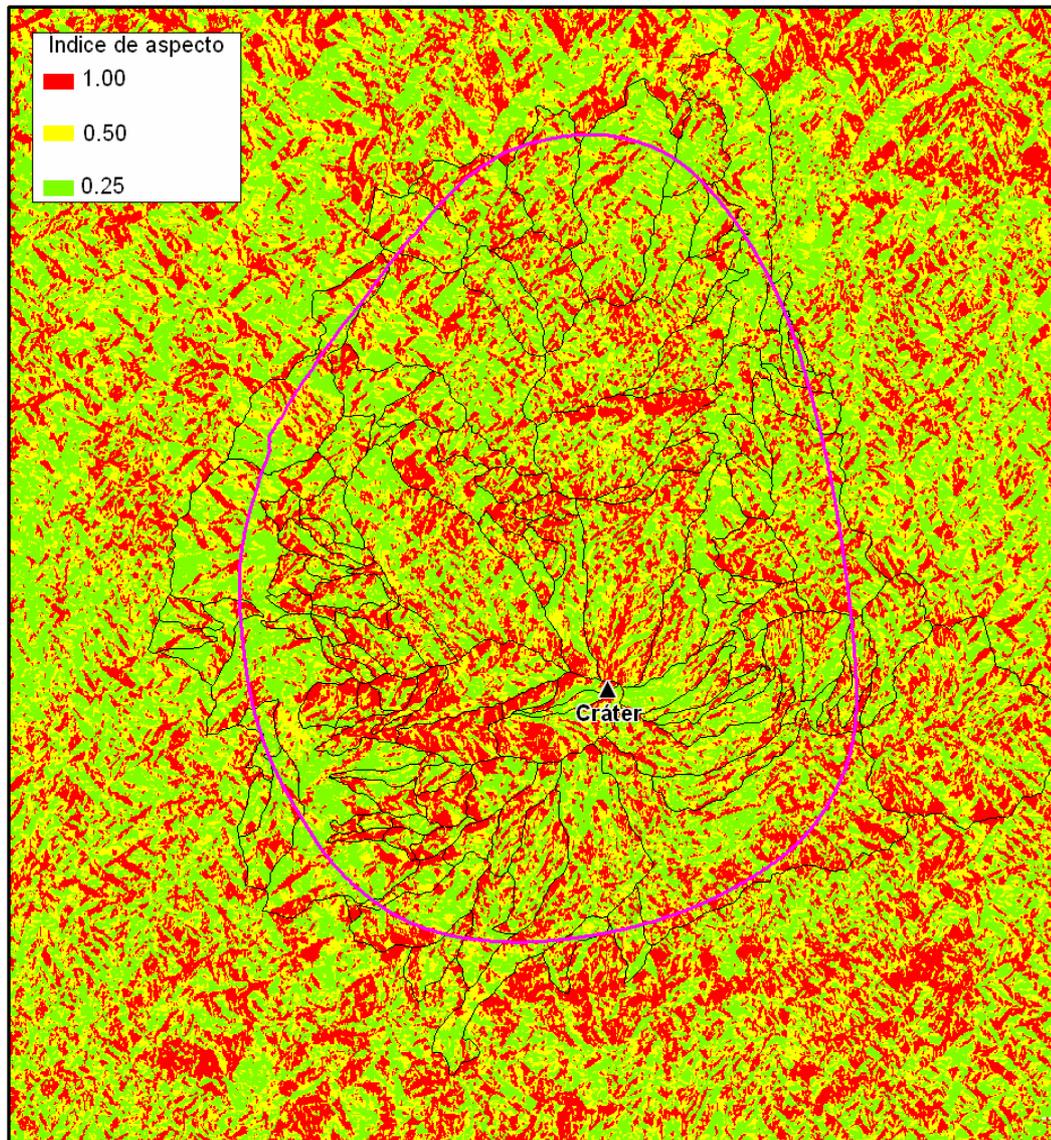
Figura 9. Esquema de exposición de las vertientes topográficas al viento



Fuente: CORPOSSO, 2009

A partir de lo anterior, se define el índice de aspecto, que representa la exposición de la topografía del relieve a la acumulación de ceniza. Este resultado se presenta en la siguiente figura.

Figura 10. Índice de aspecto

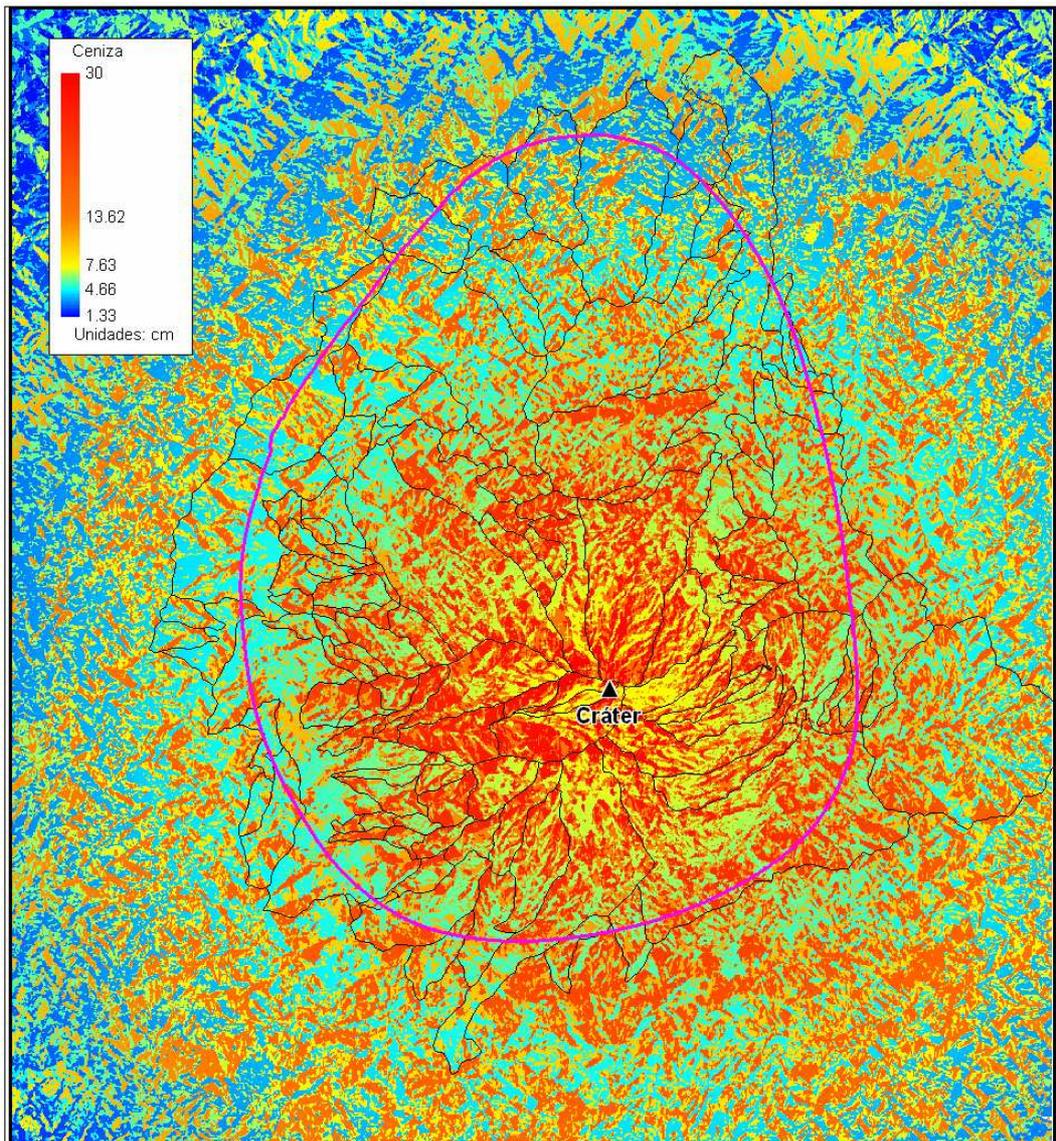


Fuente: CORPOSSO, 2009

Teniendo en cuenta que la acumulación de ceniza sobre la superficie no es homogénea, por aspectos antes mencionados (p. eje, topografía del relieve y dirección del viento), a continuación se presenta el resultado de la intersección entre el índice de aspecto y el modelo de dispersión de cenizas calculado, que da como resultado el modelo de dispersión y acumulación de ceniza final. Como se observa en el grafico anterior que las vertientes con mayor susceptibilidad a la acumulación de ceniza, representadas en rojo, son todas aquellas que tienen una orientación desfavorable, con respecto a la

caída de ceniza. En la Figura 11, se presenta el modelo final de acumulación de ceniza volcánica.

Figura 11. Modelo final de acumulación de ceniza volcánica, Volcán Galeras



Fuente: CORPOSSO, 2009

3. METODOLGIA DE TRABAJO

3.1 GRUPO DE APOYO TÉCNICO

El grupo de trabajo para este estudio, estuvo a cargo de los profesionales de la Corporación OSSO, en cabeza del Msc. Hansjürgen Meyer, Director Científico del Estudio, con la asesoría en el tema de amenazas geológicas, del Ing. Geólogo Andrés Velásquez Restrepo. La coordinación técnica del estudio, estuvo a cargo del Ing. Civil Henry A. Peralta B. especialista en reducción de riesgos de desastres y desarrollo local sostenible. La coordinación del área de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos, estuvo a cargo del Técnico Cartógrafo Jorge Eduardo Mendoza; y 5 estudiantes egresados del programa de Ingeniería Civil de la universidad de Nariño, en calidad de pasante. En la Figura 12, se presenta el grupo de apoyo técnico.

Figura 12. Grupo de apoyo técnico.



Como apoyo vital para la realización del proceso, se conto con el acompañamiento para el trabajo de campo, del señor Carlos Mario Salazar y funcionarios de las alcaldías de los municipios, objeto de estudio.

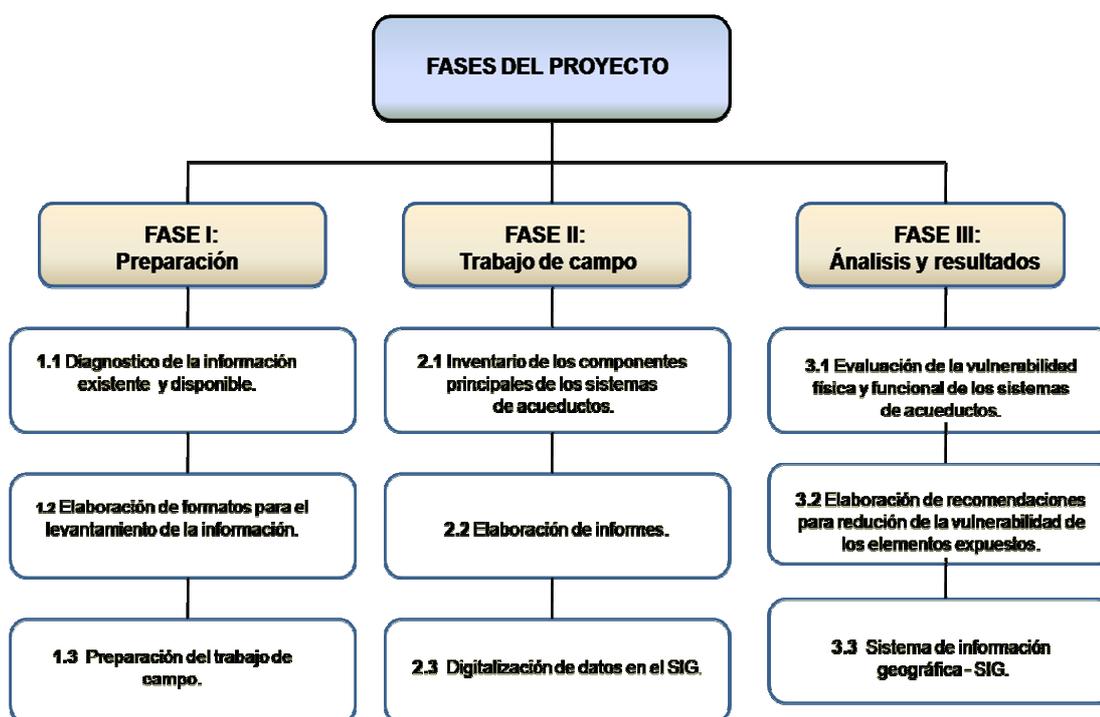
3.2 ORGANIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DEL PROYECTO

Para la realización del proyecto se dispuso en la ciudad de Pasto de una oficina permanente, durante seis meses (dotada de 5 computadores, mesas de trabajo, etc.), desde donde se coordinaron todas las actividades a desarrollar durante las fases de recolección, organización y procesamiento de información.

3.3 FASES DEL PROYECTO

Esta pasantía toma como base las fases del proyecto ya propuestas en el estudio de vulnerabilidad de la Corporación OSSO las cuales son: **FASE I: PREPARACIÓN; FASE II: TRABAJO DE CAMPO Y FASE III: ANÁLISIS Y RESULTADOS.** Los pasos y las técnicas principales desarrolladas, se muestran en la siguiente figura y se describen en los siguientes numerales.

Figura 13. Fases del estudio.



3.3.1 FASE I: Preparación. Esta fase correspondió a las actividades preliminares a las salidas de campo como: (i). Diagnóstico de información existente y disponible; (ii). Elaboración de formatos para el inventario de los elementos expuestos; (iii). Preparación del trabajo de campo. A continuación se describe de manera detallada en qué consistió cada una de ellas.

Actividad 1.1. Diagnóstico de la información existente y disponible.

Esta actividad consistió en la búsqueda de información existente local, regional y nacional (estudios, información cartográfica y documental - en formatos análogo y/o digital, imágenes, fotografías aéreas, etc., de tipo oficial y dominio público) en el tema de fuentes abastecedoras de agua como de sistemas de acueductos. La información fue inventariada, sistematizada y catalogada en una base de datos; también, analizada y depurada, con la

finalidad de determinar la información faltante, a ser recolectada directamente en trabajo de campo en los municipios; para ellos se utilizaron formatos específicos previamente elaborados.

Actividad 1.2. Elaboración de formatos para el inventario de los elementos expuestos.

Se diseñó formatos con el fin de optimizar el proceso de inventariado de los elementos más importantes de los sistemas de acueductos en la zona de estudio.

En los formularios se tuvo en cuenta aspectos físicos de sus componentes (localización, materiales, deterioro, etc.) y funcionales en cuanto a: disposición sobre el terreno (enterrado, semienterrado y superficial) y condición de protección (aire libre, cubierto y parcialmente cubierto) se tuvo en cuenta también su mantenimiento, cobertura y nivel de servicio.

Descripción de formatos de medición

Para el levantamiento de los sistemas de acueductos se definió que se trabajaría independiente por cada función (captación, aducción, sedimentación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución) y que cada una de ellas constaría de tres partes: contexto espacial, contexto funcional y contexto físico.

Contexto espacial: La herramienta utilizada para la georreferenciación de los elementos importantes fue un GPS Garmin 60csx utilizando el sistema WGS 84 (World Geodetic System 1984 - Sistema de coordenadas mundiales 1984) en grados decimales (hddd.ddddd).

Para llevar un orden en la información recolectada se dispuso unas casillas en donde se anota el número de la ficha y el número de la foto.

Contexto funcional: Se tuvieron aspectos importantes que podrían afectar la funcionalidad del sistema aun sin verse afectado su aspecto físico como: mantenimiento, continuidad, energía de operación, años de servicio, etc.

Contexto físico: En el aspecto físico se tuvo en cuenta el tipo de estructura, material de construcción, medidas generales, señales de deterioro, etc.

Adicional a esto se elaboró un formato para la evaluación de las cuencas donde se encontraba localizadas las captaciones, cabe anotar que no todos los aspectos se tomaron de trabajo de campo sino que para varios datos se hizo necesario la utilización de un software especial (Mapinfo profesional 9.0).

Actividad 1.3. Preparación del trabajo de campo.

Esta actividad consistió, en preparar los instrumentos de levantamiento de datos (formatos previamente elaborados) para localización y georreferenciación con GPS, de los elementos expuestos objeto de estudio. De la misma manera y como parte del proceso se coordinó previamente, con

cada una de las alcaldías de los municipios, las misiones de campo que se realizarían en la etapa de trabajo de campo.

3.3.2 FASE II. Trabajo de campo. Esta fase correspondió a todas las actividades relacionadas con las misiones de campo para: (i) Inventario de los elementos expuestos; (ii). Elaboración de informes (iii). Digitalización de datos en el Sistema de información Geográfica - SIG. Las actividades desarrolladas en esta fase se presentan a continuación.

Actividad 2.1: Inventario de los elementos expuestos

Para esta actividad se utilizaron los formatos previamente diseñados para realizar el inventariado de los elementos principales de los sistemas de acueductos teniendo en cuenta su accesibilidad a los sitios y disponibilidad de información así como el nivel de importancia para los municipios que podrían verse afectados por la caída de ceniza volcánica. Para el desarrollo de esta actividad se conto el acompañamiento de funcionarios de las alcaldías y los prestadores del servicio.

Actividad 2.2: Elaboración de informes.

Esta actividad se la realizo en oficina consistiendo en la depuración, ingreso y digitalización de la información recolectada en el trabajo de campo y la realización de los respectivos informes de inventario.

Actividad 2.3: Digitalización de datos en el Sistema de Información Geográfica – SIG.

Para el modelamiento de la vulnerabilidad se hizo necesario la utilización del SIG que permita el ingreso de la información tanto vectorial como *raster* con base en el inventario de los elementos levantados en campo, para esto se utilizó varios software como: Mapinfo Profesional 9.0 Global Mapper 9.0, Map Source – GPS.

Para la recopilación y el manejo de la información se tuvo en cuenta la escala del proyecto, formatos, sistema de georreferenciación, bases cartográficas y temporalidad.

3.3.3 FASE III: Análisis y resultados. Esta fase correspondió a todas las actividades relacionadas con el análisis y los resultados del estudio para: (i). Evaluación de la vulnerabilidad física y funcional de los sistemas de acueductos; (iii). Elaboración de recomendaciones para la reducción de vulnerabilidad física y funcional. (iv). Sistema de información Geográfica - SIG. Las actividades desarrolladas en esta fase se presentan a continuación.

Actividad 3.1: Evaluación de la vulnerabilidad física y funcional de los sistemas de acueductos.

Para el análisis de la vulnerabilidad se aplicó un estudio en término semi-cuantitativo, es decir, sin llegar al detalle de análisis numéricos del comportamiento estructural individual de los elementos expuestos.

Se parte de los elementos georreferenciados y digitalizados en el SIG para el cruce de los componentes con los mapas de fenómenos volcánicos incluyendo el modelo de ceniza elaborado por la Corporación OSSO y poder evaluar la vulnerabilidad por medio de calificaciones cualitativas en busca de determinar el grado de severidad con que se verían afectados los elemento.

Actividad 3.2: Elaboración de recomendaciones.

A partir de la información recolectada, procesada y evaluada se generaron una serie de recomendaciones que construyan bases técnicas para acciones posteriores que ayuden al diseño de medidas de mitigación de una manera que sea comprensible y de fácil entendimiento para todos los sectores de la población. Todo esto con el fin de ayudar a mejorar Planes de Contingencia Y Emergencia así como Planes de Ordenamiento Territorial (zonificación de áreas urbanizadas; identificación de áreas con menor exposición) para nuevos proyectos de expansión poblacional.

Actividad 3.3 Sistema de información geográfica – SIG.

En todas las etapas del estudio se recurrió al uso de herramientas de SIG, para el procesamiento de las bases de datos cartográficos; así como para el análisis y modelamiento de los indicadores de vulnerabilidad, que generan nuevos insumos para tener una mirada diferente del territorio, lo cual aporta a toma de decisiones.

Todos los resultados del SIGVULGALERAS, se presentan debidamente documentados (metadatos) y soportados con las fuentes de información y autoría intelectual o de propiedad que correspondan y son presentados tanto en formato digital como análogo.

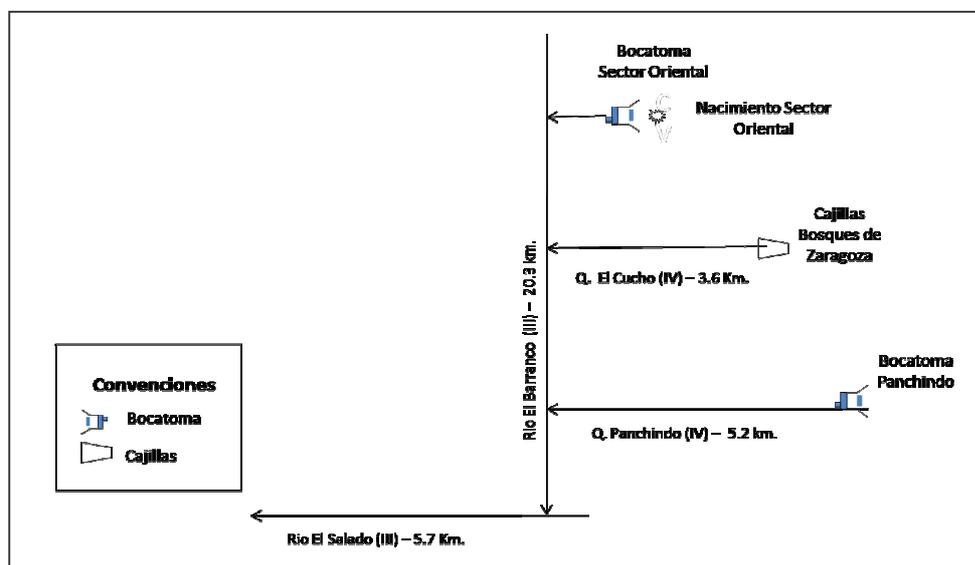
4. INVENTARIO DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

4.1 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO SECTOR ORIENTAL MUNICIPIO DE LA FLORIDA

4.1.1 Localización. Las fuentes donde se toma el agua para los sistemas de acueductos del municipio de La Florida que abastecen al casco urbano, se encuentran ubicadas en la zona hidrográfica Pacífico y áreas insulares la que pertenece la cuenca del río Patía (orden I) y a partir de este la subcuenca Guaitara (orden II); a este río le confluye el río Salado y el río El Barranco (ambas Orden III). Esta a su vez contiene la microcuenca de la quebrada Panchindo, la quebrada el Cucho y el nacimiento sector Oriental (todas de Orden IV), Esta jerarquización se realizó con base en la guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. En la Figura 14, se presenta el esquema general de las cuencas.

Figura 14. Esquema de cuencas municipio de La Florida.

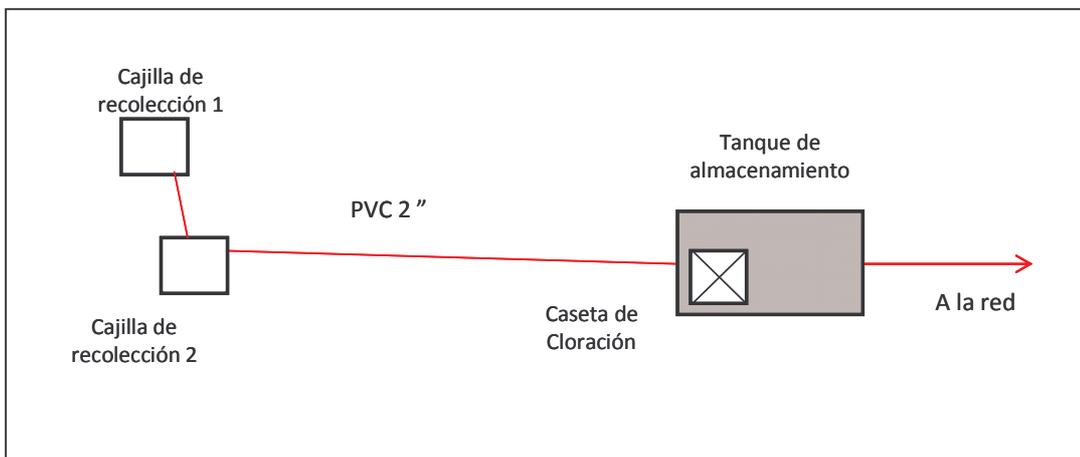
Esquema y jerarquización de cuencas que surten los acueductos del municipio de La Florida, con base en la guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia.(Decreto 1729) de2002, IDEAM – MAVDT.



Los números romanos indican el orden de la cuenca. Las longitudes de los cauces fueron calculadas con base en cartografía digital de drenajes, digitalizada por Corponariño a partir de planchas IGAC a escala 1:25.000 y sistematizadas en SIG por este proyecto. La dirección de la flecha indica el flujo del agua.

4.1.2 Acueducto Sector oriental. El sistema de acueducto que surte el sector oriental del casco urbano del municipio de La Florida cuenta con una bocatoma la cual capta el agua y la lleva por la aducción hasta el desarenador, posteriormente conduce el agua hasta el tanque de almacenamiento pasando antes por una cámara de quiebre . Este sistema no cuenta con planta de tratamiento; el único tratamiento que se le da al agua es por medio de cloración, finalmente se lleva el agua hasta los usuarios por medio de la red de distribución. En la Figura 15, se presenta el esquema general del acueducto.

Figura 15. Esquema general del sistema de acueducto Sector Oriental.



Nacimiento Sector oriental.

Ubicación del nacimiento 1 (hddd.ddddd° - WGS 84)
 N 01.29515°
 W 77.39949°
 Altura (msnm) 2263

El nacimiento se encuentra cubierto por una buena cantidad de vegetación, justo en este lugar el caudal es tomado por la cajilla recolectora, por lo cual está libre de posible contaminación y vertimientos. En la Figura 16, se aprecia el sitio del nacimiento.

Figura 16. Nacimiento Sector oriental.



Cajas de recolección Sector oriental

Ubicación de la caja de recolección No. 1 (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29515°

W 77.39949°

Altura (msnm) 2263

La captación del nacimiento Sector oriental se realiza mediante una cajilla de recolección, el agua llega directamente sobre esta la cual se encuentra construida en ladrillos y mortero, de dimensiones largo 0.35 m, ancho 0.35 m y altura de 0.4 m, en la parte superior la captación cuenta con una tapa en mortero de las mismas dimensiones de largo y ancho, con lo cual se encuentra protegida de elementos extraños. En las Figuras 17 y 18, se aprecian la cajillas de recolección.

Figura 17. Cajilla de recolección No 1.



Figura 18. Cajilla de recolección No 2.



Ubicación de la caja de recolección No. 2 (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29521°

W 77.39955°

Altura (msnm) 2262

Este elemento se encarga de recolectar el agua que se capta directamente en la cajilla No. 1, mediante un tubo de PVC 2", está construida en ladrillos y mortero, de dimensiones largo 1.05 m, ancho 0.75 m y altura de 0.8 m, en la parte superior la cajilla cuenta con dos tapas en mortero de las mismas dimensiones de largo y ancho.

Este sistema de captación (cajillas No 1 y 2) no cuenta con un sistema de macromedición, y son apreciables algunas señales de deterioro ya que su proceso constructivo no es el más idóneo. La captación funciona en forma continua y se realiza mantenimiento periódico cada 15 días.

Aducción – Conducción Sector oriental

Ubicación inicio aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29521°

W 77.39955°

Altura (msnm) 2262

Ubicación final aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29663°

W 77.39894°

Altura (msnm) 2240

La conducción tiene funcionamiento por gravedad y de forma continua. La instalación fue realizada en tubería PVC 2", se encuentra enterrada y no cuenta con llaves de purga, compuertas, ni ventosas. Durante el recorrido no se encontró cámaras de quiebre.

Caseta de cloración Sector oriental

Ubicación caseta de cloración (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29663°

W 77.39894°

Altura (msnm) 2240

Se trata de una caseta sencilla, sin laboratorio para el análisis de calidad de agua, ni bodega de químicos. El tipo de desinfectante usado es cloro granulado el cual se dosifica por goteo a través de un tanque de almacenamiento.

Este método proporciona un nivel de desinfección bajo ya que este sistema no es el adecuado. Esta construida en muros de ladrillo y cubierta en losa maciza, con dimensiones: largo 2.5 m, ancho 2.5 m, alto 2.3 m. En la Figura19, se aprecia el tanque dosificador de cloro.

Figura 19. Tanque dosificador de cloro.



Tanque de almacenamiento Sector oriental

Ubicación tanque de almacenamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29760°

W 77.36549°

Altura (msnm) 2520

El tanque de almacenamiento y distribución, presenta señales de deterioro.(fisuras). El mantenimiento se realiza periódicamente cada 15 días. Está construido en concreto reforzado, se encuentra semienterrado, cuenta con un sistema de aireación tipo orificio de 2". Su funcionamiento es continuo. El estado general es regular. Las dimensiones del tanque son largo 3 m, ancho 3 m, profundidad 1.5 m, su capacidad de almacenamiento

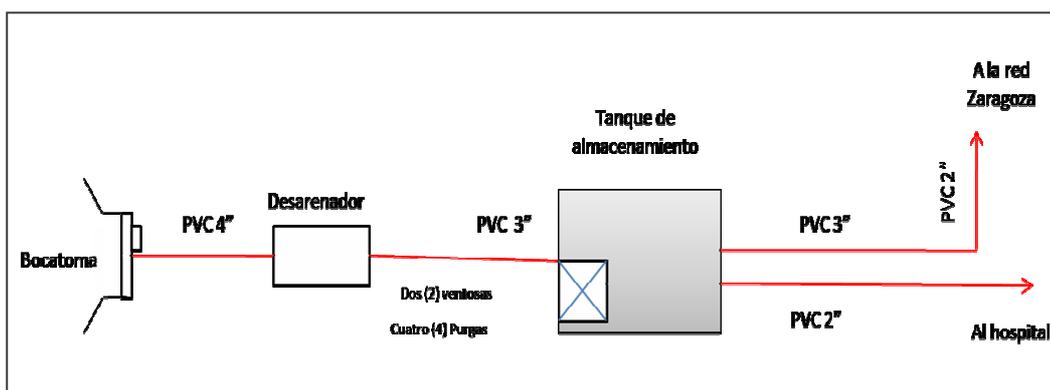
es de 13.5 m³. Cuenta con una llave de corte. En la Figura 20, se aprecia el tanque de almacenamiento y la caseta de cloración.

Figura 20. Tanque de almacenamiento y distribución - caseta de cloración.



4.1.3 Acueducto Bosques de zaragoza. El sistema de acueducto Bosques de zaragoza capta el agua por medio de una bocatoma y conduce el agua hasta el desarenador por medio de una aducción hasta el tanque de almacenamiento, en el mismo sitio por medio de una caseta de cloración se le realiza el tratamiento al agua para finalmente distribuir el agua por medio de dos redes una al hospital y otra al casco urbano. En la Figura 21, se aprecia el esquema general del sistema de acueducto.

Figura 21. Esquema sistema de acueducto Bosques de Zaragoza.



Bocatoma Bosques de Zaragoza

Ubicación bocatoma (hddd.dddd° - WGS 84)
N 01.28600°

W 77.38292°
Altura (msnm) 2411

La captación de la fuente El Cucho se realiza mediante una bocatoma de fondo que ocupa el ancho de la quebrada, está construida en concreto reforzado, de dimensiones largo 2.4 m, ancho 2.3 m y altura de 1.1 m, cuenta con una rejilla metálica rectangular de largo 0.65 m, ancho 0.25 m, 22 varillas de ½" separadas por 1 cm, no cuenta con cámara de recolección, no tiene sistema de rebose ni tampoco de desagüe-lavado.

La captación funciona en forma continua, no se realiza mantenimiento por lo cual presenta señales de mal funcionamiento, la rejilla que evita el paso de elementos de gran tamaño hacia la captación se encuentra taponada, la rejilla de recolección esta en gran porcentaje obstruida con material vegetal.

Los elementos de la captación presentan señales de deterioro por antigüedad y descuido. Según el fontanero se construyo hace 8 – 10 años. En su alrededor se presenta escasa vegetación, ofreciendo una inadecuada protección. En la Figura 22, se aprecia la bocatoma.

Figura 22. Bocatoma Bosques de zaragoza.



Aducción Bosques de Zaragoza

Ubicación inicio aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.28600°

W 77.38292°

Altura (msnm) 2411

Ubicación final aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.28688°

W 77.38568°

Altura (msnm) 2328

Esta aducción fue construida hace 8 – 10 años, se encuentra en buen estado, su funcionamiento es por gravedad y de forma continua. La instalación fue realizada en tubería PVC 4", se encuentra enterrada y ya

que no cuenta con llaves de purga, compuertas, ni ventosas, no se le realiza ningún mantenimiento. Durante su recorrido no se encontró cámaras de quiebre.

Desarenador Bosques de zaragoza

Ubicación desarenador (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.30223°

W 77.36532°

Altura (msnm) 2545

El desarenador es de tipo convencional, sus dimensiones son de largo 6 m, de ancho 2 m y de profundidad 2 m, éste fue construido hace 8 – 10 años, presenta señales de deterioro por antigüedad y falta de mantenimiento. La atención a este elemento es urgente por la acumulación excesiva de lodos, haciendo defectuosa su labor sedimentadora. Está construido en concreto reforzado, se encuentra semienterrado, cuenta con un sistema de aireación que consta de dos conos de 3", no cuenta con un sitio para disposición de lodos. No tiene by-pass, cuenta con un sistema de rebose de 4", un sistema de desagüe-lavado de 4".

Cuenta con una cámara de aquietamiento de dimensiones: largo 0.4 m, ancho 1.7 m y profundidad 0.5 m. En la Figura 23, se aprecia el desarenador.

Figura 23. Desarenador Bosques de zaragoza



Conducción Bosques de zaragoza

Ubicación inicio conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.28688°

W 77.38568°

Altura (msnm) 2328

Ubicación final conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29082°

W 77.39159°

Altura (msnm) 2276

Esta conducción fue construida hace 8 - 10 años, su funcionamiento es por gravedad y de forma continua. La instalación fue realizada en tubería PVC de 2".

Esta conducción se encuentra enterrada y cuenta con 4 llaves de purga y 2 ventosas en todo su trayecto, están en mal estado, mostrando una vez más la falta de mantenimiento. Durante su recorrido no se encontraron cámaras de quiebre. En la tabla 1, se aprecia detalles de los elementos de la conducción. En la Figura 24, se aprecian uno de los tramos descubierto de la conducción.

Tabla 1. Detalles elementos del sistema de acueducto Bosques de zaragoza.

ELEMENTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Purga	1,28707	77,38654	2313
Ventosa	1,28704	77,38740	2309
Purga	1,28742	77,38871	2301
Ventosa	1,28780	77,38901	2303
Purga	1,28934	77,39029	2388
Purga	1,29014	77,39097	2272
Conducción descubierta	1,28980	77,39075	2323

Figura 24. Tramo conducción destapada



Tanque de almacenamiento Bosques de zaragoza

Ubicación tanque de almacenamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29082°

W 77.39159°

Altura (msnm) 2276

El tanque de almacenamiento y distribución, fue construido hace 8 – 10 años, su estado es malo, presenta señales de deterioro por antigüedad, fisuras y

falta de mantenimiento. Está construido en concreto reforzado, se encuentra semienterrado, cuenta con un sistema de aireación que consta de 4 conos de 4". Su funcionamiento es continuo. Las dimensiones del tanque son: largo 12 m, ancho 12 m, profundidad 2 m, su capacidad de almacenamiento es de 288 m³. Cuenta con sistema de rebose con tubo de 4" se controla a través de una compuerta, no tiene by-pass. En la Figura 25, se aprecia el tanque de almacenamiento.

Figura 25. Tanque de almacenamiento y distribución.



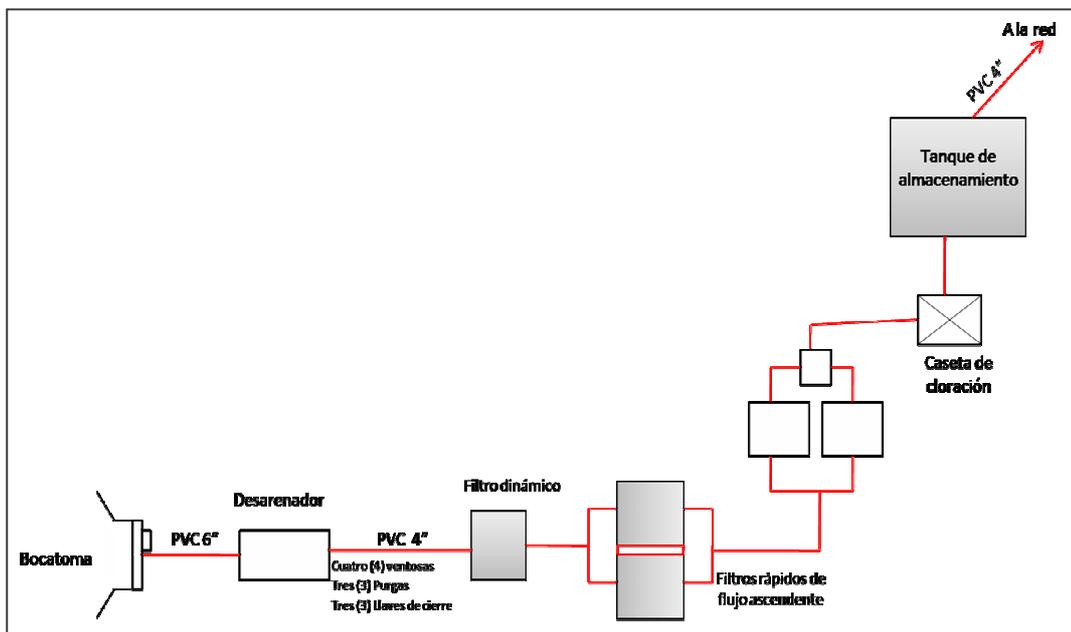
Red de distribución Bosques de zaragoza

La red distribución sale del tanque de almacenamiento en dos ramales, uno de ellos en tubería PVC 3" hasta la carretera, allí se reduce a PVC 2" y surte el sector de Bosques de zaragoza, las acometidas son en manguera 1/2"; en este sector se encontró un hidrante y una llave de corte de suministro, no tiene llave de lavado.

El otro ramal reparte el caudal hacia el hospital y el estadero, la red por información del fontanero se encuentra en su totalidad en PVC 2" y las acometidas en manguera de 1/2". No tiene llave de corte de suministro ni de lavado.

4.1.4 Acueducto Panchindo. El sistema de acueducto que surte el sector Panchindo del casco urbano del municipio de La Florida cuenta con una bocatoma la cual capta el agua y la lleva por una aducción hasta el desarenador posteriormente se transporta el agua por una conducción pasando por 3 válvulas ventosas, 3 llaves de purga y 3 llaves de corte hasta la planta de tratamiento de tipo FIME para luego pasar por el proceso de cloración y almacenar el agua en el tanque; finalmente conducir el agua hasta los usuarios por medio de la red de distribución. En la Figura 26, se aprecia el esquema general del acueducto.

Figura 26. Esquema sistema de acueducto principal Municipio de La Florida.



Microcuenca Panchindo

Ubicación parte alta (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27048°

W 77.38736°

Altura (msnm) 2498

La microcuenca Panchindo pertenece a la subcuenca del río Salado, que a su vez, pertenece a la cuenca del río Guaitara, esta nace en la parte alta del volcán Galeras.

En su parte alta presenta una zona arborizada. En la parte media cuenta con una zona de pastos. En la parte baja presenta una zona también de pastos, está sin contaminación, ni vertimientos en toda la cuenca, aunque hay presencia de ganado en el sector aledaño, como se aprecia en la Figura 27.

La fuente tiene como finalidad ser usada para el consumo humano principalmente, además de la ganadería y el riego. Cabe anotar que no existe hasta el momento un análisis de caracterización.

Figura 27. Microcuenca Panchindo.



Bocatoma Panchindo

Ubicación bocatoma (hddd.dddd° - WGS 84)

N 01.27431°

W 77.38918°

Altura (msnm) 2437

La captación de la fuente Panchindo se realiza mediante una bocatoma de fondo que ocupa el ancho de la quebrada, está construida en concreto reforzado, de dimensiones largo 6.6 m, ancho 5.5 m y altura de 1 m, cuenta con una rejilla metálica rectangular de largo 0.6 m, ancho 0.3 m, 12 varillas de 5/8" separadas por 3 cm, cámara de recolección con largo de 1.4 m, ancho 1.2 m, profundidad de 1.1 m, además la cámara cuenta con un sistema de rebose en tubería PVC 12" y el sistema de desagüe-lavado con tubería de PVC 6".

La captación funciona en forma continua y se realiza mantenimiento periódico cada 4 días; La bocatoma en general se encuentra en buen estado, pero la rejilla esta con un alto grado de deterioro, presentan señales de antigüedad, debido a que fueron construidas hace 15 años y posiblemente sobrepasan su periodo de diseño inicial. En su alrededor se presenta escasa vegetación, ofreciendo una inadecuada protección.

Actualmente se hace necesario aumentar el caudal recogido por medio de troncos y rocas, ubicados en los costados de la rejilla debido a que el caudal que recoge sin la ayuda de estos elementos, no es suficiente para abastecer a la comunidad. La bocatoma está a cargo de la junta administradora local. En la Figura 28, se aprecia la bocatoma.

Figura 28. Bocatoma Panchindo.



Aducción Panchindo

Ubicación inicio aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27431°

W 77.38918°

Altura (msnm) 2437

Ubicación final aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27529°

W 77.39031°

Altura (msnm) 2456

Esta aducción fue construida hace 15 años por lo cual se encuentra en buen estado aunque presenta leves señales de deterioro por antigüedad, su funcionamiento es por gravedad y de forma continua. La instalación fue realizada en tubería PVC 6" y 4", se encuentra enterrada y ya que no cuenta con válvulas de purga, de compuerta ni ventosas, no se realiza ningún mantenimiento. La profundidad de la tubería es a 1.2 m, y durante su recorrido no se encontraron cámaras de quiebre.

Desarenador Panchindo

Ubicación desarenador (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27529°

W 77.39031°

Altura (msnm) 2456

Este desarenador de tipo convencional, sus dimensiones son de largo 5.5 m, de ancho 1.2 m y de profundidad 2.1 m, éste fue construido hace 15 años. El acceso a la zona se realiza a pie, el mantenimiento se realiza periódicamente cada 3 días. Está construido en concreto reforzado, se encuentra semienterrado, cuenta con un sistema de aireación que consta de 2 conos de

4", no cuenta con un depósito para lodos. No cuenta con un by-pass, Está dotado con un sistema de rebose de 6" y un sistema de desagüe-lavado de 4". Cuenta con una cámara de aquietamiento de dimensiones: largo 1 m, ancho 0.7 m y profundidad 0.5 m. En la Figura 29, se aprecia el desarenador y el sistema de rebose.

Figura 29. Desarenador Panchindo.



Conducción Panchindo

Ubicación inicio conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27529°

W 77.39031°

Altura (msnm) 2456

Ubicación final conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29756°

W 77.40712°

Altura (msnm) 2234

Esta conducción fue construida hace 15 años por lo cual se encuentra en buen estado aunque presenta señales de deterioro leves por antigüedad, su funcionamiento es por gravedad y de forma continua. La instalación fue realizada en tubería PVC de 4", se encuentra enterrada. Cuenta con 3 llaves de purga, 4 válvulas ventosas y 3 llaves de cierre del suministro.

La profundidad de la tubería esta a 1.2 m en promedio, y durante su recorrido se encontraron 2 cámaras de quiebre con unas dimensiones de 2m de largo, 2 m de ancho y 2 m de profundidad cada una, las cámara de quiebre cuentan con tuberías de 4" para el lavado y rebose.

Planta de tratamiento (FIME)

Ubicación de la planta de tratamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29756°

W 77.40712°

Altura (msnm) 2234

Esta planta de tratamiento de agua potable fue construida hace 10 años, recibe un caudal es de 21.2 lps, consta de:

- Filtro grueso dinámico

Dimensiones: largo 2.5 m, ancho 2.4 m, profundidad 0.6 m

Consta de un solo filtro, el cual, en el momento no tiene lechos filtrantes, la cámara de entrada tiene la siguientes dimensiones: largo 2.5 m, ancho 0.45 m, profundidad 0.6 m, cuenta con una cámara de excesos de largo 2.5 m, de ancho 0.45 m, profundidad 0.6 m, tiene un sistema de lavado y desagüe de diámetro 6" y la cámara de salida es un cubo de dimensión 0.6 m de arista. En las Figuras 30 y 31, se aprecia detalles del filtro grueso dinámico.

Figura 30. Filtro grueso dinámico.



Figura 31. Cámara de entrada filtro grueso dinámico.



- Filtro rápido ascendente

Dimensiones: largo 5 m, ancho 3.8 m, profundidad 1.3 m

Consta de dos filtros, los cuales, en el momento no tienen lechos filtrantes, la cámara de entrada tiene la siguientes dimensiones: largo 0.85 m, ancho 0.65 m, profundidad 0.8 m, cuenta con una cámara de excesos de largo 1.15m, de ancho 1.5 m, profundidad 1.9 m, tiene un sistema de lavado y desagüe de

diámetro 6" y la cámara de salida con las siguientes dimensiones: largo 1.15 m, ancho 1.15 m, profundidad 0.5 m. En las Figuras 32 y 33, se aprecia detalles del filtro rápido ascendente.

Figura 32. Filtro rápido ascendente.



Figura 33. Cámara de entrada filtro rápido.



- Filtro lento descendente
Dimensiones: largo 11 m, ancho 8 m, profundidad 2.4 m.
Consta de dos filtros, los cuales, se componen de dos lechos filtrantes de 30 cm de grava y 30 cm de arena, la cámara de entrada tiene la siguientes dimensiones: largo 1.2 m, ancho 0.8 m, profundidad 0.6 m, cuenta con una cámara de excesos de largo 2.2 m, de ancho 1.3 m, profundidad 1.5 m, tiene un sistema de lavado y desagüe de diámetro 6" y la cámara de salida con las siguientes dimensiones: largo 1.15 m, ancho 1.25 m, profundidad 0.8 m.

Caseta de cloración general

Ubicación caseta de cloración general (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29765°

W 77.40761°

Altura (msnm) 2426

Se trata de una caseta sencilla, sin laboratorio para el análisis de la calidad de agua, posee una bodega de químicos. El tipo de desinfectante usado es cloro granulado y en ocasiones se usa cloro gaseoso, se dosifica de forma mecánica con una frecuencia constante por goteo, proporcionando un nivel de desinfección regular.

Esta construida en muros de ladrillo y cubierta en eternit, con dimensiones: largo 3.4 m, ancho 2.5m, alto 2 m, esta caseta no presenta ninguna señal de deterioro; el control lo realiza el fontanero encargado, además de tomar y analizar muestras de agua empleando un medidor del pH. En la Figura 34, se aprecia la caseta de cloración y en la Figura 35, se aprecia una panorámica de la planta de tratamiento.

Figura 34. Caseta de cloración.



Figura 35. Vista Gral. Planta de tratamiento FIME Panchindo.



Tanque de almacenamiento Panchindo.

Ubicación tanque de almacenamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.29766°

W 77.40758°

Altura (msnm) 2225

Este tanque fue construido hace 15 años, pero se encuentra en buen estado. El mantenimiento se realiza de manera periódica cada 8 días, su funcionamiento es continuo. El estado general es bueno, no presenta ningún tipo de falla. Las dimensiones del tanque son: largo 8.3 m, ancho 6.5, profundidad 3.6 m. Este está fabricado en concreto reforzado y la disposición es semienterrada, cuenta con 3 conos metálicos de 3" para la aireación. En la Figura 36, se aprecia el tanque de almacenamiento.

Figura 36. Tanque de almacenamiento.



Red de distribución Panchindo

La red distribución de Panchindo surte el 70% de la población del casco urbano, comprendida en el sector centro; la tubería se encuentra en PVC de 3" en la calle principal con una longitud de 733 m y los sectores aledaños se encuentran en tubería de PVC de 2" con una antigüedad de 10 años y una longitud de 2180.6 m, la tubería que sale desde el tanque de almacenamiento hasta que se ramifica en el casco urbano es de PVC de 4" con una longitud de 86.2 m. Cuenta con una llave de corte de suministro ubicada en la calle principal para sectorizar el agua hacia los diferentes barrios y 4 hidrantes en regular estado, cabe anotar que la red no tiene llaves de lavado.

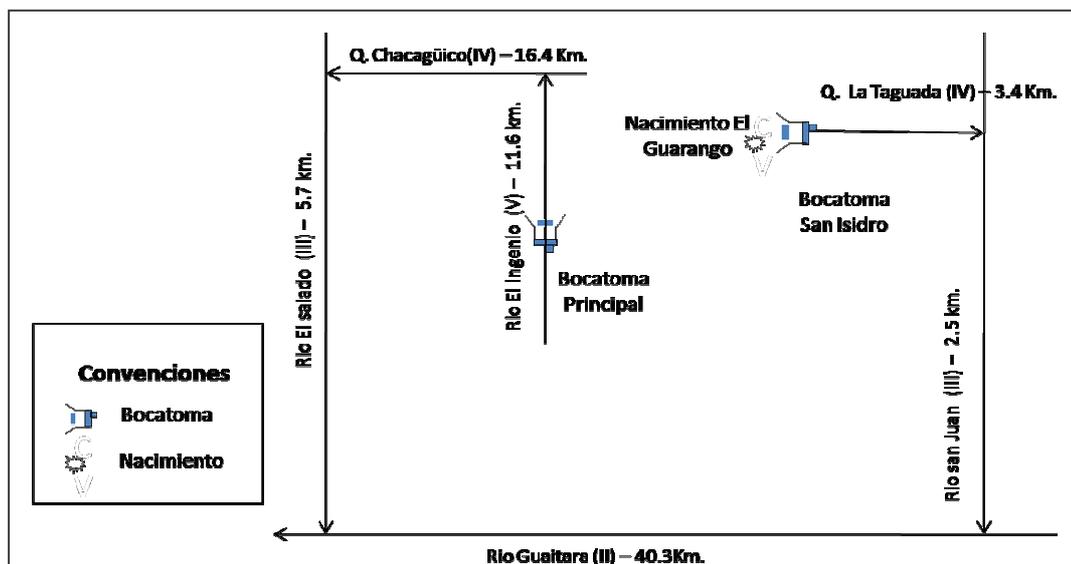
4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SANDONÁ

4.2.1 Localización. Las fuentes de donde se toma el agua para todos los acueductos del municipio de Sandoná de los que abastecen al casco urbano se encuentran ubicadas en la zona hidrográfica Pacífico y áreas insulares la que pertenece la cuenca del río Patía (orden I) y a partir de este la

subcuenca del río Guaitara (orden II) a la cual le confluye El Río salado y el Río San Juan (ambos de orden III); al Río Salado le confluye la quebrada Chacagüico (Orden IV) y a este a su vez le confluye El Río Ingenio (Orden V); al Río San Juan le confluye La Quebrada la Taguada la que recoge el agua de varios nacimientos entre ellos el Nacimiento El Guarango. Esta jerarquización se realizó con base en la guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. Ver en la Figura 37, esquema general de las cuencas.

Figura 37. Esquema de cuencas.

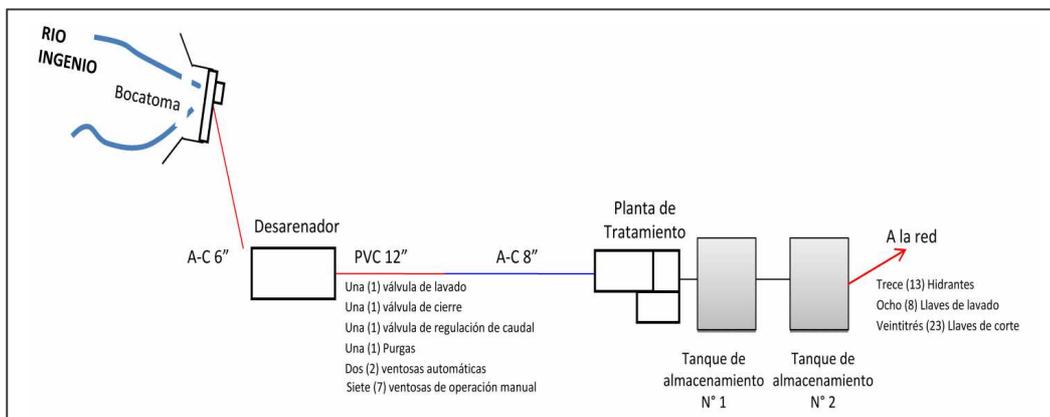
Esquema y jerarquización de cuencas que surten los acueductos del municipio de Sandoná, con base en la guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia.(Decreto 1729) de 2002, IDEAM – MAVDT.



Los números romanos indican el orden de la cuenca. Las longitudes de los cauces fueron calculadas con base en cartografía digital de drenajes, digitalizada por Corponariño a partir de planchas IGAC a escala 1:25.000 y sistematizadas en SIG por este proyecto. La dirección de la flecha indica el flujo del agua.

4.2.2 Acueducto El Ingenio. La bocatoma de este sistema se encuentra localizada en el Río El Ingenio siendo esta de tipo lateral en buen estado, desde esta se conduce al desarenador a través de la conducción en Asbesto- Cemento con 6” de pulgadas, cuenta con una planta de tratamiento convencional para realizar el proceso de potabilización del agua además posee dos tanque de almacenamiento para finalmente hacer llegar a los usuarios por medio de la red de distribución.

Figura 38. Esquema general del sistema de acueducto del Rio Ingenio.



Bocatoma El Ingenio

Ubicación bocatoma (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27586°

W 77.45261°

Altura (msnm) 1987

La captación de la fuente Rio Ingenio se realiza mediante una bocatoma lateral que capta parte del caudal del Rio Ingenio, la cual funciona por gravedad, está construida en concreto reforzado, de dimensiones largo 7.40 m, ancho 2.80 m y altura variable con respecto a la lámina de agua debida al desnivel empezando en la rejilla con 47 cm, en su parte intermedia 62 cm y finalmente 67 cm. Cuenta con una rejilla de hierro rectangular de largo 1.35 m, ancho 0.5 m, 25 varillas de 1/2" separadas por 4 cm, cámara de recolección con largo de 0.78 m, ancho 0.78 m, profundidad de 1.0 m, además la cámara cuenta con un sistema de rebose por medio de una compuerta al igual que el sistema de desagüe-lavado que también funciona por medio de una compuerta.

En esta bocatoma se realiza mensualmente medición de caudal por medio del método de velocidad superficial utilizando un icopor registrando los datos con respecto al tiempo, por medio de éste método el dato de registro de caudal esta en 185 l/s. La captación funciona en forma continua y se realiza mantenimiento periódico diario. La bocatoma en general se encuentra en regular estado debido a que fue construida hace 54 años y evidentemente sobrepasa su periodo de diseño inicial, debido a esto, presenta señales de deterioro por antigüedad, así mismo, el fondo de la bocatoma presenta socavación, pero la rejilla está en buenas condiciones. En su alrededor se presenta escasa vegetación, ofreciendo una inadecuada protección. Esta bocatoma esta a cargo de la junta administradora local. En la Figura 39, se aprecia la bocatoma del Rio Ingenio.

Figura 39. Bocatoma lateral Rio Ingenio.



Aducción El Ingenio

Ubicación inicio aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27586°

W 77.45261°

Altura (msnm) 1987

Ubicación final aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27615°

W 77.45290°

Altura (msnm) 1951

Esta aducción funciona por gravedad y fue construida hace 54 años y pese a tantos años de funcionamiento ofrece buena continuidad en el servicio y se encuentra en buen estado, sin embargo, presenta señales de deterioro debido a su antigüedad.

El material de la tubería de aducción es de Asbesto-Cemento, con un diámetro de 6" pulgadas extendiéndose 50 metros desde la bocatoma hasta el desarenador, la cual se encuentra enterrada por tanto no se realiza ningún mantenimiento y debido a su corta longitud no cuenta con válvulas de purga, de compuerta, ventosas, durante su recorrido no se encontraron cámaras de quiebre además de observó que la tubería cuenta con anclajes en concreto debido a la condición del terreno de tipo rocoso.

Desarenador El Ingenio

Ubicación desarenador Río Ingenio (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27615°

W 77.45290°

Altura (msnm) 1951

Este desarenador de tipo convencional se encarga de sedimentar las partículas discretas del agua proveniente del Río Ingenio, al cual llega aproximadamente un caudal de 30 l/s de la aducción según la versión del señor fontanero; sus dimensiones son de largo 15.6 m, de ancho 2.5 m y presenta variabilidad en la profundidad debido al desnivel, registrándose de este modo las lecturas de 2.46m, 2.66m y 3m, éste fue construido hace 54 años. Cabe destacar que el desarenador en sí tenía una altura en sus paredes de 1.50 metros, sin embargo, se realizó una remodelación aumentándole un metro a las paredes del desarenador las cuales están amarradas a unas vigas de concreto por lo cual a simple vista se puede decir que existen cuatro módulos, pero la estructura en sí presenta un solo módulo. En la Figura 40, se aprecia el desarenador.

Figura 40. Desarenador Río Ingenio.



El acceso a la zona se realiza a pie, el mantenimiento se realiza periódicamente cada 8 días. Está construido en concreto reforzado y se encuentra descubierto, su localización es de tipo semienterrada, si cuenta con un depósito para lodos. Cuenta con un by-pass de diámetro de 6" pulgadas el cual fue instalado cuando se hizo la ampliación de las paredes del desarenador.

El desarenador está dotado con un sistema de rebose por medio de un vertedero a la entrada del desarenador y un sistema de desagüe-lavado por medio de unas compuertas de operación manual. Cuenta con una cámara de aquietamiento por medio de una pantalla de amortiguamiento a la entrada del desarenador de dimensiones: largo 0.50 m, ancho 2.5 m y profundidad 0.5 m, y al final del mismo tiene otra pantalla para la retención del material flotante. Este desarenador presenta señales de deterioro debidas a antigüedad, fisuras y fugas.

Conducción El ingenio

Ubicación inicio conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27615°

W 77.45290°

Altura (msnm) 1951

Ubicación final conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.28726°

W 77.46651°

Altura (msnm) 1888

Esta conducción presenta dos tramos, el primero con una longitud de 200 m con un diámetro de tubería de 12" pulgadas en PVC (RDE 21) el cual fue colocado en el año 1994, según la información del fontanero, y el segundo tramo tiene una longitud de 5 kilómetros con un diámetro de tubería de 8" pulgadas en Asbesto-Cemento que fue construida hace 54 años por lo cual puede presentar señales de deterioro por antigüedad, su funcionamiento es por gravedad y de forma continua. Parte de su instalación se encuentra enterrada y con anclajes en concreto y la otra tiene pasos elevados protegidos con vigas en concreto.

Los tramos de tubería semienterrada son propensos a sufrir daños por ejemplo por el paso de animales de carga, debido a que la conducción se extiende por cultivos de maíz, caña y café

La conducción en su recorrido cuenta con una (1) válvula única de lavado, una (1) válvula de cierre que pertenece a la conducción antigua la cual se mantiene cerrada para evitar que el agua se regrese por la tubería antigua que se encuentra inhabilitada; una (1) válvula de regulación de caudal; a pesar de su gran extensión de la tubería de conducción no cuenta con cámaras de quiebre, sin embargo, sí cuenta con una (1) llave de purga y varias válvulas ventosas, dos (2) de ellas son automáticas y el resto (siete (7)) son de operación manual. En la tabla 2, se aprecia la respectiva georreferenciación de todos los elementos encontrados en la conducción.

Tabla 2. Georreferenciación de elementos en la Conducción.

ELEMENTO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)
Válvula de lavado	1,27512	77,45371	1922
Válvula de cierre	1,27730	77,45372	1941
Válvula de regulación de caudal	1,27738	77,45365	1948
Ventosa automática	1,27738	77,45365	1948
Válvula ventosa manual	1,27953	77,45431	1920
Válvula ventosa manual	1,28023	77,45466	1921
Daño fuga en la conducción	1,28405	77,45732	1887
Válvula ventosa manual	1,28544	77,45776	1873
Fuga en la conducción	1,2864	77,45821	1893
Válvula ventosa manual	1,28889	77,45935	1904
Válvula ventosa manual	1,29033	77,46189	1884
Válvula ventosa manual	1,29157	77,46203	1884
Válvula ventosa automática	1,29453	77,46888	1902

Durante el recorrido se encontraron en dos tramos averiados, en el primero, se encontró un daño en la conducción con anclaje debido a una fuga por lo cual se debe cambiar no solo el tramo de tubería afectado sino también volver a hacer la construcción del anclaje; y en el segundo, se encontró una fuga en una tubería expuesta.

Planta de tratamiento de agua potable (PTAR)

Ubicación Planta de tratamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.28726°

W 77.46651°

Altura (msnm) 1888

La planta de tratamiento de Sandoná es de tipo convencional, fue construida hace 24 años, tiene un nivel de servicio bueno y de funcionamiento continuo, cuenta con planta de energía. El mantenimiento está a cargo de Jesús Enríquez. En la Figura 41, se aprecia una vista general de la planta de tratamiento.

Figura 41. Planta de Tratamiento.



A continuación se hace una descripción de sus elementos y funcionamiento.

La separación de sólidos de gran tamaño se realiza mediante un elemento de cribado ubicado en una estructura construida en concreto reforzado de dimensiones largo 0.80 m, ancho 0.80 m y alto 0.70 m.

La coagulación se realiza mediante una *CANALETA PARSHALL* que tiene un ancho de garganta 3", una sección convergente con largo 3.12 m, ancho 0.38 m y alto 0.75 m; una sección divergente con largo 1.50 m, ancho 0.38 m y alto 0.78 m. Esta construida en concreto reforzado, sistema de dosificación de coagulantes en seco marca Salper, el coagulante es sulfato de aluminio tipo B que se aplica a la salida de la canaleta; presenta señales de deterioro por antigüedad, se le realiza mantenimiento cada 8 días.

La planta tiene 2 floculadores de tipo hidráulico con disposición en paralelo, cada uno tiene las siguientes dimensiones largo 13.9 m , ancho 2.60 m y alto 1.20 m, poseen tabiques horizontales de pantallas en concreto; no presentan señales de deterioro y su mantenimiento se realiza cada 8 días. En la *Figura 42*, se aprecia los floculadores.

Figura 42. Floculadores hidráulicos.



La sedimentación esta conformada por 2 unidades de tipo convencional construidas en concreto reforzado, cada sedimentador tiene las siguientes dimensiones largo 14.20 m, ancho 4.25 m alto 1.30 m; no presenta señales de deterioro, se realiza mantenimiento cada 15 días. En la Figura 43, se aprecia los sedimentadores.

Figura 43. Sedimentador.



La planta tiene 4 filtros mixtos autolavantes construidos en concreto reforzado, cada uno tiene las siguientes dimensiones largo 2.70 m, ancho 1.85 m y alto 2.28 m; no presenta señales de deterioro y su mantenimiento se realiza 2 veces en el día. En la siguiente tabla se especifica material, tamaño espesor de los materiales que componen los filtros. En la Figura 44, se aprecia los filtros. En la tabla 3, se presentan los materiales utilizados en el lecho filtrante.

Tabla 3. Materiales de filtros.

MATERIAL	TAMAÑO (Pulg)	ESPESOR (cm)
Grava	2	15
Gravilla	1 - 1/2	10
Gravilla	1/2 – 1/4	9
Gravilla	1/4 – 1/8	9
Gravilla	1/8 – 1/16	12
Arena		12
Arena		13
Antracita		40

Figura 44. Filtros mixtos



La desinfección se realiza con cloro gaseoso mediante dosificación mecánica, el nivel de desinfección es bueno, el mantenimiento se realiza cada 90 días, tiene bodega de químicos y un laboratorio que cuenta con instrumentos para medir color, dureza, PH, temperatura, turbiedad, cloro residual y alcalinidad, además cuenta con instrumento para realizar el ensayo de jarras con el que se encuentra el nivel ideal de coagulante.

El tanque de cloración es construido en concreto reforzado, con dimensiones largo 4.83 m, ancho 4.44 m y altura 3.80 m. El operario de la planta de tratamiento cuenta con capacitación del SENA en mantenimiento de acueductos y sistemas de tratamiento de agua potable. En la Figura 57, se aprecia el laboratorio.

Figura 45. Laboratorio.



Tanque de almacenamiento 1

Ubicación tanque de almacenamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.28680°

W 77.46694°

Altura (msnm) 1883

El tanque de almacenamiento y distribución, fue construido hace 24 años, presenta señales de deterioro por antigüedad. El acceso a la zona se puede realizar con vehículo, el mantenimiento se realiza periódicamente cada 30 días. Está construido en concreto reforzado, se encuentra semienterrado, cuenta con un sistema de aireación que consta de 4 codos metálicos de 4". Su funcionamiento es continuo. Las dimensiones del tanque son: largo 10 m, ancho 10 m, profundidad 3.88 m, su capacidad de almacenamiento es de 400 m³. En la Figura 46, se aprecia el tanque 1 de almacenamiento.

Figura 46. Tanque de almacenamiento 1.



Macromedidor

Ubicación macromedidor (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.28674°

W 77.46670°

Altura (msnm) 1891

Está ubicado en una cámara de concreto con medidas largo 2.28 m, ancho 1.60 m y alto 2 m. En la Figura 47, se aprecia el macromedidor.

Figura 47. Macromedidor.



Tanque de almacenamiento 2

Ubicación tanque de almacenamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.28389°

W 77.46739°

Altura (msnm) 1892

El tanque de almacenamiento y distribución fue construido hace 24 años, presenta señales de deterioro por antigüedad. El acceso a la zona se realiza a pie, el mantenimiento se realiza periódicamente cada 30 días. Está construido en concreto reforzado, se encuentra semienterrado, cuenta con un sistema de aireación que consta de 2 conos metálicos de 4". Su funcionamiento es continuo. Las dimensiones del tanque son: largo 10 m, ancho 6 m, profundidad 3.50 m, su capacidad de almacenamiento es de 200 m³. En la Figura 48, se aprecia el tanque 2 de almacenamiento.

Figura 48. Tanque de almacenamiento 2.



Red de distribución El Ingenio

La entidad encargada de administrar el acueducto y alcantarillado del municipio es la empresa de servicios públicos de Sandoná EMSAN, creada mediante acuerdo 067 de 1997. En la Figura 49, se parecía la infraestructura de la oficina de servicios públicos.

Figura 49. Oficina de EMSAN



La red de distribución del municipio de Sandoná tiene una longitud aproximada de 14.898,3 metros en su totalidad, como se determina en la siguiente tabla.

Tabla 4. Tubería- Red distribución.

Tipo de Tubería	Diámetro (pulg)	Longitud(m)
A-C	8	2.070
PVC	6	30
A-C	6	6.3
A-C	4	2.500
PVC	3 1/4	180
A-C	3	1440
PVC	3	5302
A-C	2	1160
PVC	1 1/2	570
PVC	1	1640
Total		14.898,3

La antigüedad de las tuberías de A-C descritas en la anterior tabla esta comprendida entre 18 y 45 años de servicio y las tuberías de PVC descritas tienen un promedio de 5 años de ser colocadas al servicio en el municipio.

El municipio cuenta con 13 hidrantes en buen estado, distribuidos en el casco urbano como se aprecia en la tabla 5.

Tabla 5. Hidrantes

Hidrante	Latitud	Longitud	Altura(msnm)
1	1.29092	77.46848	1798
2	1.28622	77.46953	1831
3	1.28848	77.47260	1817
4	1.28625	77.47117	1829
5	1.28621	77.47079	1831
6	1.28462	77.47247	1825
7	1.28275	77.47304	1830
8	1.28156	77.47218	1832
9	1.27991	77.47277	1832
10	1.27637	77.47411	1820
11	1.27442	77.47594	1807
12	1.27864	77.47486	1823
13	1.28175	77.47685	1820

La red de distribución actualmente surte 2400 acometidas domiciliarias, cuenta con micromedición alrededor del 90% de las acometidas; el sistema tiene un mantenimiento continuo el cual consiste en realizar labores de limpieza en llaves de lavado, 8 en total distribuidas en todo el casco urbano.

Tabla 6. Llaves de Lavado.

Llave de lavado	Latitud	Longitud	Altura(msnm)
1	1.28908	77.46833	1826
2	1.28821	77.46870	1832
3	1.28735	77.46911	1830
4	1.28721	77.46897	1834
5	1.28706	77.46808	1844
6	1.28671	77.46727	1858
7	1.28665	77.46725	1858
8	1.28588	77.46861	1831

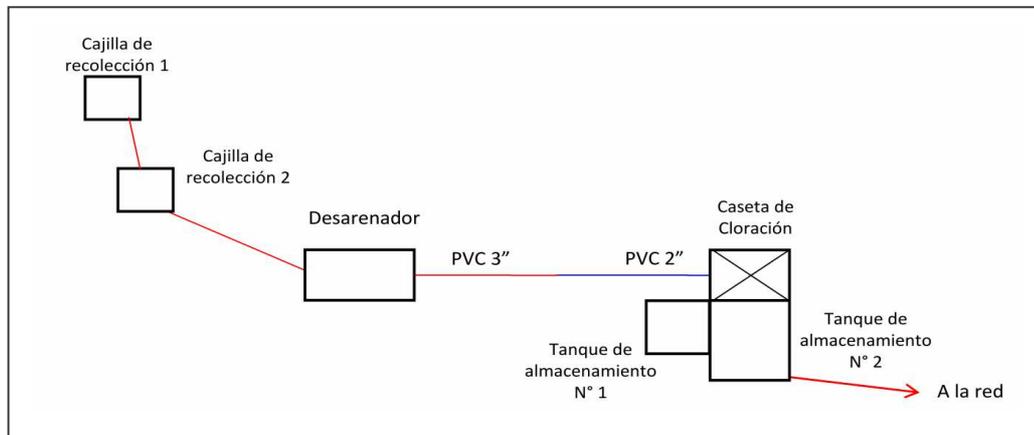
Las válvulas de corte observadas en el recorrido se encuentran en regular estado debido a que algunas están perdidas por escombros, vegetación o por el mismo material de la calle. En la tabla 7, se encuentra la georreferenciación de las llaves de corte.

Tabla 7. Llaves de Corte.

Llave de corte	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Llave de corte	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
1	1.28903	77.46833	1826	24	1.28495	77.46892	1857
2	1.28821	77.46870	1832	25	1.28449	77.46815	1877
3	1.28735	77.46911	1830	26	1.28436	77.47010	1835
4	1.28721	77.46897	1834	27	1.28439	77.47021	1835
5	1.28706	77.46808	1844	28	1.28479	77.47116	1832
6	1.28671	77.46727	1858	29	1.28530	77.47214	1831
7	1.28665	77.46725	1858	30	1.28537	77.47218	1831
8	1.28588	77.46861	1837	31	1.28456	77.47259	1824
9	1.28846	77.46960	1828	32	1.28411	77.47141	1830
10	1.28940	77.46915	1819	33	1.28372	77.47052	1840
11	1.29007	77.47024	1803	34	1.28329	77.46957	1854
12	1.28795	77.47092	1826	35	1.28197	77.47105	1838
13	1.28789	77.47102	1827	36	1.28193	77.47114	1837
14	1.28829	77.47172	1820	37	1.28275	77.47307	1830
15	1.28821	77.47183	1821	38	1.28162	77.47235	1831
16	1.28788	77.47292	1812	39	1.28173	77.47219	1831
17	1.28723	77.47396	1810	40	1.28142	77.47223	1831
18	1.28634	77.47430	1809	41	1.27679	77.47394	1821
19	1.28614	77.47403	1815	42	1.27394	77.47665	1806
20	1.28605	77.47369	1819	43	1.27874	77.47487	1823
21	1.28616	77.47366	1817	44	1.28121	77.47359	1830
22	1.28690	77.47331	1814	45	1.28137	77.47366	1833
23	1.28533	77.46979	1833	46	1.28173	77.47741	1818

4.2.3 Acueducto de San Isidro. En el nacimiento de San Isidro, se encuentra localizadas unas cajillas de recolección que conduce el agua hasta un desarenador y posteriormente a una caseta de cloración; además cuenta con dos tanques de almacenamiento para finalmente repartir el agua hasta la red de distribución. Ver en la Figura 50, el esquema general del acueducto.

Figura 50. Esquema general del sistema de acueducto de San Isidro.



Nacimiento El Guarango.

Ubicación del nacimiento (hddd.dddd° - WGS 84).

N 01.27123°

W 77.46581°

Altura (msnm) 1919

El nacimiento se encuentra rodeado por cultivos extensivos de caña de azúcar, en la parte alta se encuentran especies nativas como lo son: ortigo, floripondo, moquillo, cordoncillo, entre otras, y a pesar de que estas plantas están cerca de ser acabadas por el cultivo de la caña logran producir agua para varias veredas de la región, justo en este lugar el caudal es tomado por la cajilla recolectora, por lo cual está libre de posible contaminación y vertimientos. En la Figura 51, se aprecia el nacimiento el Guarango.

Figura 51. Nacimiento El Guarango.



Bocatoma San Isidro

Cajilla de recolección 1.

Ubicación bocatoma (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27123°

W 77.46581°

Altura (msnm) 1919

La captación del nacimiento San Isidro se realiza mediante una cajilla de recolección, el agua escurre directamente sobre esta, construida en ladrillos y mortero, de dimensiones largo 0.5 m, ancho 0.5 m y altura de 0.25 m, en la parte superior la captación cuenta con una tapa en mortero de las mismas dimensiones de largo y ancho. En las Figuras 52 y 53, se aprecia las cajillas de recolección.

Figura 52. Cajilla de recolección No 1.



Cajilla de recolección 2.

Ubicación bocatoma (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27124°

W 77.46584°

Altura (msnm) 1918

Este elemento se encarga de recolectar el agua que se capta directamente en la cajilla No. 1, mediante un tubo de PVC 3" y manguera de 1 ½", está construida en ladrillos y mortero, de dimensiones largo 2m, ancho 1.25m y

altura de 1m, en la parte superior la cajilla cuenta con una losa en concreto y dos tapas en el mismo material.

Este sistema de captación (cajillas No 1 y 2) no cuenta con un sistema de macro medición, y son apreciables algunas señales de deterioro ya que su proceso constructivo no es el idóneo. La captación funciona en forma continua y se le realiza mantenimiento periódico cada 15 días, se encuentra protegida por cobertura vegetal.

Figura 53. Cajilla de recolección No 2.



Desarenador San Isidro

Ubicación desarenador (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27123°

W 77.46639°

Altura (msnm) 1914

Este desarenador de tipo convencional se encarga de sedimentar las partículas discretas del agua proveniente del nacimiento San Isidro, sus dimensiones son de largo 4.5m, de ancho 1.6m y de profundidad 1.56m, éste fue construido hace 18 años y se encuentra en buen estado. El mantenimiento se realiza periódicamente cada 15 días. Está construido en concreto reforzado, se encuentra semienterrado, cuenta con un sistema de aireación de dos codos PVC de 2", no cuenta con un depósito para lodos. No cuenta con un by-pass, está dotado con un sistema de rebose de 3", no se observó sistema de desagüe-lavado. Cuenta con una cámara de aquietamiento de dimensiones largo 1.7m, ancho 1m y profundidad 0.8m, está provista de dos tapas en concreto reforzado, la cámara tiene rebose en PVC de 3". En la Figura 54, se aprecia el desarenador.

Figura 54. Vista general desarenador.



Conducción San Isidro

Ubicación inicio aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27124°

W 77.46639°

Altura (msnm) 1914

Ubicación final aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27985°

W 77.47145°

Altura (msnm) 1856

La conducción tiene un funcionamiento por gravedad y de forma continua. La instalación fue realizada en su comienzo en PVC de 3" hasta la llave de cierre, aproximadamente a 10m del desarenador, después continua en tubería PVC 2", se encuentra enterrada y ya que no cuenta con llaves de purga, compuertas, ni ventosas no se le realiza ningún mantenimiento. Durante su recorrido no se encontraron cámaras de quiebre.

Tratamiento de agua potable (Caseta de cloración San Isidro).

Ubicación caseta de cloración (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27985°

W 77.47145°

Altura (msnm) 1856

La caseta no cuenta con laboratorio de análisis de calidad de agua ni bodega de químicos. El tipo de desinfectante usado es cloro granulado el cual proporciona un nivel de desinfección bajo .

Esta construida en muros de ladrillo y cubierta en losa maciza, con dimensiones: largo 2.1m, ancho 2.1m, alto 2.0m. No cuenta con señales de deterioro evidentes. El sistema es administrado por la junta San Isidro. En la Figura 55, se aprecia la caseta de cloración de san Isidro.

Figura 55. Caseta de coloración San Isidro.



Tanques de almacenamiento San Isidro.

Ubicación los tanques de almacenamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.27985°

W 77.47145°

Altura (msnm) 1856

En este punto se encuentran dos tanques, uno al lado del otro, que funcionan en serie para compensar el gasto en horas pico, no presenta señales de deterioro. El acceso a la zona se realiza a pie, el mantenimiento se cumple periódicamente cada 15 días. Están contruidos en concreto reforzado, se encuentran de manera superficial, cuentan con sistema de aireación tipo codo PVC de 3". Su funcionamiento es continuo. El estado general es regular. Las dimensiones del tanque 1 son largo 6.6m, ancho 4.5m, profundidad 2.15m; Las dimensiones del tanque 2 son largo 2.5m, ancho 2.4m, profundidad 2.15m, cada uno del los tanques cuenta con sistema de lavado, sin by-pass. No cuenta con una llave de corte, la salida del tanque se realiza por medio de dos tuberías de 2" en PVC, que distribuyen el líquido a diferentes sectores del casco urbano de Sardoná. En la Figura 56, se aprecia los tanques de almacenamiento.

Figura 56. Disposición de tanques de almacenamiento 1 y 2.



Red distribución San Isidro.

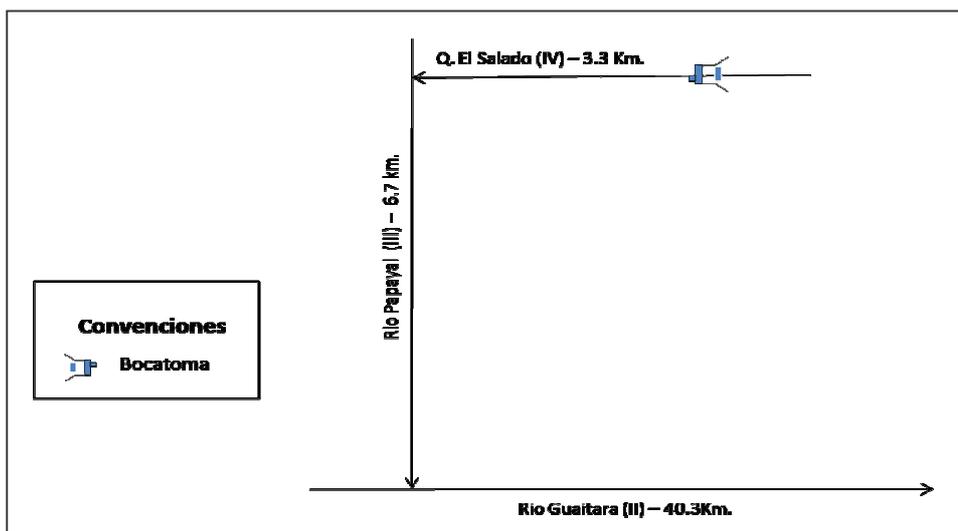
La red distribución de San Isidro sale del tanque de almacenamiento en dos ramales, los dos en PVC 2" hasta la carretera, uno de los ramales surte el sector Hernando Gómez, Meléndez y al Hospital, en su trayecto inicial de 400m conserva el diámetro de 2", luego pasa a 1" y a ¾", las acometidas son en manguera ½"; al final de la red de distribución tiene una llave de purga para limpieza. El otro ramal comparte el caudal hacia el sector Campo alegre y Centenario, la tubería en su salida del tanque de almacenamiento es en 2", para pasar 1 ½", luego a 1" y a ¾", al igual que el otro ramal, este al final cuenta con una llave de purga para el lavado.

4.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDCUTO DEL MUNICIPIO DE ANCUYA

4.3.1 Localización. La fuente de donde se toma el agua para el sistema de acueducto del municipio de Ancuya, que abastece al casco urbano, se encuentra ubicada en la zona hidrográfica Pacífico y áreas insulares a la que pertenece la cuenca del Río Patía (orden I) y a partir de este las subcuenca Guaitara (orden II), Río Papayal (orden III) y finalmente la quebrada El Salado (orden IV). Esta jerarquización se realizó con base en la guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. Ver en la Figura 57, esquema general de las cuencas.

Figura 57. Esquema cuencas Ancuya.

Esquema y jerarquización de cuencas que surten el acueducto del municipio de Ancuya, con base en la guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. (Decreto 1729) de 2002, IDEAM – MAVDT.



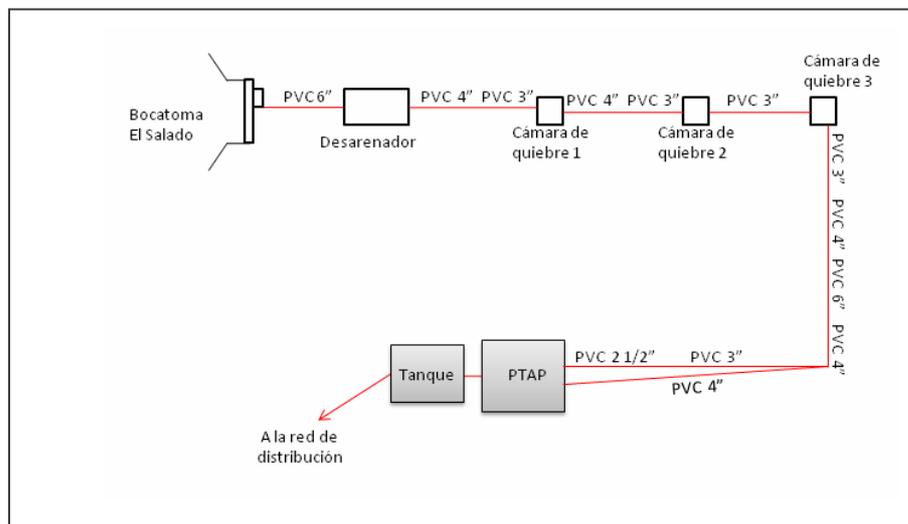
Los números romanos indican el orden de la cuenca. Las longitudes de los cauces fueron calculadas con base en cartografía digital de drenajes, digitalizada por Corponariño a partir de planchas IGAC a escala 1:25.000 y sistematizadas en SIG por este proyecto. La dirección de la flecha indica el flujo del agua.

4.3.2 Acueducto El Salado

El sistema de acueducto que surte el casco urbano del municipio de Ancuya se alimenta de la microcuenca El Salado en donde se encuentra ubicada su respectiva bocatoma la cual dirige el agua por medio de la conducción hasta llegar a la planta de tratamiento.

El sistema cuenta con planta de tratamiento de agua potable (PTAP) que se encuentra en funcionamiento, donde se le realiza al agua cloración para llevarla al tanque de almacenamiento y finalmente conducir el agua hasta los usuarios por medio de la red de distribución. En la Figura 58, se aprecia el esquema general del sistema de acueducto.

Figura 58. Esquema del sistema de acueducto principal del municipio de Ancyua.



Microcuenca El Salado.

La microcuenca El Salado cuenta con un nacimiento que le da el nombre a la microcuenca, se encuentra ubicada en zona de amenaza volcánica baja. En su parte alta presenta zonas arborizadas con altas pendientes, sin contaminación, ni vertimientos. En la parte media cuenta con zonas arborizadas, no hay presencia de contaminación por vertimientos. En la parte baja existe un deterioro de la fuente debido al cultivo extensivo de caña de azúcar.

La fuente tiene como finalidad ser usada para el consumo humano principalmente, además del riego.

El nacimiento no ha podido ser georreferenciado, ya que no se cuenta con caminos accesibles y no se cuenta con información sobre el sitio exacto del nacimiento. En la Figura 59, se aprecia la microcuenca y su cobertura vegetal.

Figura 59. Microcuenca El Salado.



Bocatoma El Salado.

Ubicación bocatoma (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.22783°

W 77.54328°

Altura (msnm) 1908

La captación de la fuente El Salado se realiza mediante una bocatoma de fondo que ocupa el ancho de la quebrada, está construida en concreto reforzado, de dimensiones largo 6.6m, ancho 2.14m y altura de 1.9m, cuenta con una rejilla metálica rectangular de largo 1.0m, ancho 0.3m, 30 varillas de 1/2" separadas por 2.5 cm, cámara de recolección con largo de 1.45m, ancho 1.3m y alto 1.1m, la cámara cuenta con un sistema de rebose en PVC 6" y posee un sistema de desagüe-lavado de PVC 6".

La captación funciona en forma continua y se realiza mantenimiento periódico cada 15 días, sin embargo se hace necesario la limpieza de hojas casi a diario, ya que antes de la entrada del agua a la rejilla se encuentra una malla plástica que retiene la hojas y no es la manera más adecuada de hacerlo; La bocatoma en general se encuentra en regular estado, de la misma manera que la rejilla. En su alrededor se presenta vegetación lo cual ofrece una considerable protección.

La captación fue construida en el año 1995. Según los datos suministrados por el funcionario de la UMATA la bocatoma capta un caudal entre 18 y 20 lps. En la Figura 60, se aprecia la bocatoma El Salado.

Figura 60. Bocatoma El Salado.



Aducción El Salado.

Ubicación inicio aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.22783°

W 77.54328°

Altura (msnm) 1908

Ubicación final aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.22765°

W 77.54270°

Altura (msnm) 1869

A esta aducción se le hizo reposición y aproximadamente tiene dos años de servicio, su funcionamiento es por gravedad y de forma continua. La instalación fue realizada en tubería PVC 6" con RDE 26, con aproximadamente 62 metros de longitud, se encuentra enterrada y ya que no cuenta con llaves de purga, compuertas, ni ventosas, no se realiza ningún mantenimiento. En la Figura 61, se aprecia la aducción de El Salado.

Figura 61. Aducción El Salado.



Desarenador El Salado.

Ubicación desarenador (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.22765°

W 77.54270°

Altura (msnm) 1869

El desarenador se encuentra en regulares condiciones estructurales, funcionando de manera continua, debido a un mantenimiento periódico que se realiza cada 15 días. Esta construido en concreto cuyas dimensiones son 9.9m x 3.0m x 1.9m según correspondan a largo, ancho, alto; el desarenador es de tipo convencional, semienterrado.

Cuenta con un sistema de aireación compuesto por 6 conos de 2 pulgadas. Este desarenador cuenta con un sistema de rebose en tubería PVC de 6 pulgadas; de igual forma cuenta con sistema de desagüe-lavado de tubería PVC con diámetro de 6 pulgadas que se vierte directamente a la quebrada El Salado. No cuenta con un sitio de disposición de lodos.

Este desarenador cuenta con una cámara de quietamiento con dimensiones 1.1m x 3.0m x 1.1m según correspondan a largo, ancho, alto; el desarenador cuenta con sistema *by-pass* de diámetro 4", se presentan fugas en la salida de la cajilla que protege el *by-pass*. En la Figura 62, se aprecia una vista general del desarenador.

Figura 62. Desarenador.



Conducción El Salado.

Ubicación inicio conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.22765°

W 77.54270°

Altura (msnm) 1869

Ubicación final conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.26245°

W 77.51799°

Altura (msnm) 1450

La conducción de El Salado la conforma una tubería en PVC de 4" a la salida del desarenador, luego por medio de una reducción pasa a 3", hasta llegar a la primera cámara de quiebre, luego en el tramo entre la primera cámara y la segunda cámara de quiebre, la tubería es en 4" para reducirse a 3" en PVC, cuando la tubería parte de la tercera cámara para dirigirse a la PTAP, la tubería tiene varios cambios de diámetros que van desde 3",4",6" y nuevamente 4", hasta el paso en donde la tubería se bifurca por medio de una "Y" hechiza en PVC, estas conducciones continúan su camino en forma paralela hacia la PTAP, la tubería en gran parte de su trayecto se encuentra enterrada y en algunos tramos al lado de la vía y en su recorrido cuenta con 4 válvulas ventosas y 2 llaves de purga según información del fontanero, además, la conducción por encontrarse enterrada no se pueden realizar labores de mantenimiento, en algunos tramos de la conducción son apreciables fugas en las uniones, ya que no se cuenta con uniones de presión.

A lo largo de la conducción la tubería cuenta con varios pasos aéreos de diferentes longitudes que van de los 4m a los 25m aproximadamente, con estructuras en celosía metálica, que se encuentran simplemente apoyadas (las de menor longitud) y las más amplias se encuentran suspendidas por medio de cables tensores con estructuras en forma de torre a los lados.

En un tramo de la conducción se encontró una gran sección descubierta por consecuencia de un deslizamiento, en este lugar se ha dejado sostenida la tubería con cables tensores de manera provisional. La conducción cuenta con tres cámaras de quiebre de presión de iguales dimensiones 1.55m, 1.15m, 0.9m según correspondan a largo, ancho, alto.

En la *tabla 8*, se muestra los datos georeferenciados sobre la ubicación de ventosas y purgas.

Tabla 8. Detalles de válvulas ventosas y llaves de purga (Conducción).

ELEMENTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Ventosa	01.24052	77.53154	1638
Purga	01.25154	77.52615	1422
Ventosa	01.25954	77.52213	1406
Purga	01.26006	77.52177	1402
Ventosa	01.26063	77.52087	1426
Ventosa	01.26158	77.51890	1451

En la *tabla 9*, se muestran los datos georeferenciados de los pasos elevados de la conducción y los sitios críticos de la misma.

Tabla 9. Detalles pasos elevados y sitios críticos (Conducción).

ELEMENTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Reducción 4"-3"	01.22819	77.54155	1860
Tubo descubierta	01.23134	77.53801	1800
Vuelo con estructura cercha	01.23823	77.53213	1654
Reducción 4"-3"	01.24282	77.53079	1621
Reducción 3"-4"	01.24551	77.52778	1506
Reducción 4"-6"	01.24651	77.52779	1506
Daño en unión	01.24900	77.52626	1461
Reducción 6"-4"	01.24905	77.52615	1458
Daño en unión	01.24900	77.52626	1461
Vuelo con cercha suspendida	01.25154	77.52615	1422
"Y"	01.25385	77.52557	1436
Daño paso elevado	01.26160	77.51903	1444

Planta de tratamiento (FIME).

Ubicación de la planta de tratamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.26245°

W 77.51799°

Altura (msnm) 1450

El sistema de acueducto cuenta con filtración múltiple en etapas para realizar el tratamiento al agua, construida hace 12 años aproximadamente, consta de:

- Cámara de entrada

Construida en concreto reforzado con dimensiones: largo 0.9m, ancho 0.84m, profundidad 0.74m, a esta cámara entra una tubería proveniente de la conducción en PVC de 6" con un caudal de 14 lps y en verano 10 lps aproximadamente, además, cuenta con un canal de repartición en concreto reforzado con dimensiones: largo 2.15m, ancho 0.84m, profundidad 0.5m.

- Filtración gruesa dinámica

Dimensiones: largo 4.93m, ancho 3.1m, profundidad 1.55m

Consta de un dos módulos construidos en concreto reforzado con un lecho filtrante distribuidos de la siguiente manera: la primera capa de agregados de 1" y 1 ½" con espesor de 20cm y la siguiente de gravilla con espesor de 45cm; las tubería central es de PVC de 6" y las acometidas en PVC de 4" con orificios de ½" distribuidos en forma espina de pescado. Cuenta con sistema para lavado con dimensiones en tubería de 6" en PVC.

El mantenimiento se realiza a diario 2 o 3 veces con un rastillo, limpiando 10cm del lecho filtrante hasta cuando el lecho se encuentre muy colmatado y requiera el lavado general que es cada 2 o 3 meses. Cuenta con sistema de *by-pass* de PCV de 6" y 4" facilitando las labores de mantenimiento y lavado. En la Figura 63, se aprecia los filtros gruesos dinámicos.

Figura 63. Filtración gruesa dinámica.



- Filtración rápida ascendente

Dimensiones: largo 4.70m, ancho 3.83m, profundidad 2.70m cada filtro.

Consta de cuatro filtros construidos en concreto reforzado los cuales cuentan con un lecho filtrante distribuidos de la siguiente manera: la primera capa de triturados de 1½", la siguiente de triturado de 1" con espesor de 10cm cada una y la última de grano fino con un espesor de 1.80m. Cuenta con dos cámaras de entrada que tienen la siguientes dimensiones: largo 1.0m, ancho 0.9m, profundidad 0.5m la cual reparte el agua a los dos primeros filtros por dos canales hacia ambos lados de dimensiones: largo 2.50m, ancho 0.38m, profundidad 0.35m cada uno; la cámara de entrada y los canales de los otros dos filtros son de las mismas dimensiones. La tubería central o colector es en PVC de 6" y las acometidas en 4".

El mantenimiento general se realiza cada 3 meses y diariamente con llaves de choque agregándole al agua burbujas que ayuden a desprender los sólidos del lecho. En los canales de repartición para los filtros se tienen ubicadas unas regletas para medición de caudal. En la Figuras 64, se aprecia los filtros rápidos.

Figura 64. Filtración rápida ascendente.



- Filtración lenta descendente

Dimensiones: largo 7.85m, ancho 7.85m, profundidad 2.0m cada filtro.

Consta de cuatro filtros construidos en concreto reforzado los cuales se componen de dos lechos, el primero es de granzón de arena con un espesor de 20cm y el segundo de arena fina con espesor de 80cm. Cuenta con dos cámaras de entrada que tienen las siguientes dimensiones: largo 2.95m, ancho 0.4m, profundidad 0.35m la cual reparte el agua a los dos primeros filtros por dos canales hacia ambos lados de dimensiones: largo 2.50m, ancho 0.38m, profundidad 0.35m cada uno; la cámara de entrada y los canales de los otros dos filtros son de las mismas dimensiones al igual que el sistema de lavado y mantenimiento. La tubería central es de 4" las acometidas en 2" las dos en PVC. Cuenta con un sistema de rebose de PVC en 4" y 6". En la Figura 65, se aprecia los filtros lentos.

Figura 65. Filtros lentos descendentes.



El mantenimiento general se realiza cada 3 meses que consta de sacar 2cm del lecho de arena de cada filtro para su posterior lavado. Estos filtros se encuentran en muy mal estado por falta de mantenimiento encontrándose en ellos la presencia de algas.

Sistema de cloración

El proceso de desinfección lo realizan por medio de dos tanques prefabricados de 500lts los cuales con su dosis completa pueden dosificar 3 días, cada uno de ellos correspondientes a la salida de dos filtros lentos utilizando como desinfectante cloro granulado de forma manual se utiliza 1500gr de cloro por cada 3 lps continuos. Este proceso presenta un nivel de desinfección malo, debido a que no siempre los tanques cuentan con el cloro. En la Figura 66, se aprecia el sistema de desinfección .y su punto de aplicación.

Figura 66. Tanque dosificador de cloro y punto de aplicación del cloro.



Tanques de almacenamiento

Tanque Zona baja

Ubicación tanque de almacenamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)
N 01.26264°
W 77.51797°
Altura (msnm) 1445

El tanque de almacenamiento fue construido hace 40 años aproximadamente, presentando señales de deterioro por antigüedad y fisuras. El acceso a la zona se puede realizar mediante vehículo; el mantenimiento se hace periódicamente cada 3 meses. Está construido en concreto reforzado y se encuentra semienterrado. Cuenta con un sistema de aireación que consta de cinco (5) conos de 3"; Su funcionamiento es continuo. Las dimensiones del tanque son: largo 10.67m, ancho 6.70m, profundidad 2.8m. Su capacidad de almacenamiento es de 200 m³ aproximadamente. Cuenta con sistema *by-pass* en PVC de 4" para facilitar las labores de mantenimiento. En la Figura 67, se aprecia el tanque de almacenamiento.

Figura 67. Tanque de almacenamiento.



Tanques Zona alta

Ubicación tanques de almacenamiento (hddd.ddddd° - WGS 84)
N 01.26190°
W 77.51815°
Altura (msnm) 1437

En la Figura 68, se aprecian los tanques de almacenamiento de la zona alta.

Figura 68. Tanques Zona Alta.



Tanque de almacenamiento zona baja 1

El tanque de almacenamiento fue construido hace 40 años aproximadamente presentando señales de deterioro por antigüedad y fisuras. El acceso a la zona se puede realizar mediante vehículo; el mantenimiento se hace periódicamente cada 3 meses. Está construido en concreto reforzado y se encuentra semienterrado. Cuenta con un sistema de aireación que consta de tuberías (2) en acero de 6"; Su funcionamiento es continuo. Las dimensiones del tanque son: largo 10.50m, ancho 7.70m, profundidad 2.7m. Su capacidad de almacenamiento es de 200m³ aproximadamente. En la Figura 69, se aprecia el tanque de almacenamiento zona baja 1.

Figura 69. Tanque de almacenamiento 1.



Tanque de almacenamiento 2.

El tanque de almacenamiento fue construido hace 8 años aproximadamente presentando señales de deterioro por fisuras debido a un mal proceso constructivo. El acceso a la zona se puede realizar mediante vehículo; el mantenimiento se hace periódicamente cada 3 meses. Está construido en concreto reforzado y se encuentra semienterrado. Cuenta con un sistema de aireación que consta dos de tuberías en PVC de 3"; Su funcionamiento es continuo. Las dimensiones del tanque son: largo 5.55m, ancho 4.5m, profundidad 3.0m. Su capacidad de almacenamiento es de 75.5m³ aproximadamente.

Red distribución El saldo

La entidad encargada de administrar el acueducto y alcantarillado del municipio es la junta administradora que presta el servicio a 628 suscriptores en el área urbana. En la Figura 70, se aprecia la oficina de la junta administradora.

Figura 70. Instalaciones de la junta administradora.



La red de distribución del municipio de Ancuya fue instalada hace 10 años en tubería PVC, con una longitud de 5036 metros aproximadamente.

En la tabla 10, se muestran los datos georeferenciados del diámetro de las tuberías y su respectiva longitud.

Tabla 10. Red de distribución.

Tipo de Tubería	Diámetro (Pulgadas)	Longitud (metros)
PVC	6	175
PVC	4	95
PVC	3	985
PVC	2 1/2	929
PVC	2	2852
Total		5036

El municipio de Ancuya cuenta con 3 hidrantes distribuidos en el casco urbano, de tal manera en el recorrido se encontró los hidrantes 1 y 3 en buen estado y el número 2 en mal estado. En la tabla 11, se muestran los datos georeferenciados de la ubicación de los hidrantes.

Tabla 11. Hidrantes.

Hidrante	Latitud	Longitud	Altura(msnm)
1	01.26131	77.51519	1410
2	01.26118	77.51342	1396
3	01.26458	77.51277	1387

Las llaves de corte y llaves de lavado observadas en el recorrido se encuentran en regular estado debido a que están perdidas por escombros, vegetación o por el mismo material de la calle. En la tabla 12, se muestra el dato georeferenciado de la ubicación de la llave de purga.

Tabla 12. Llave de purga.

Llaves de Purga	Latitud	Longitud	Altura(msnm)
1	01.26289	77.51225	1379

En la *tabla 13*. Se muestran los datos georeferenciados de la ubicación de las llaves de corte.

Tabla 13. Llaves de corte.

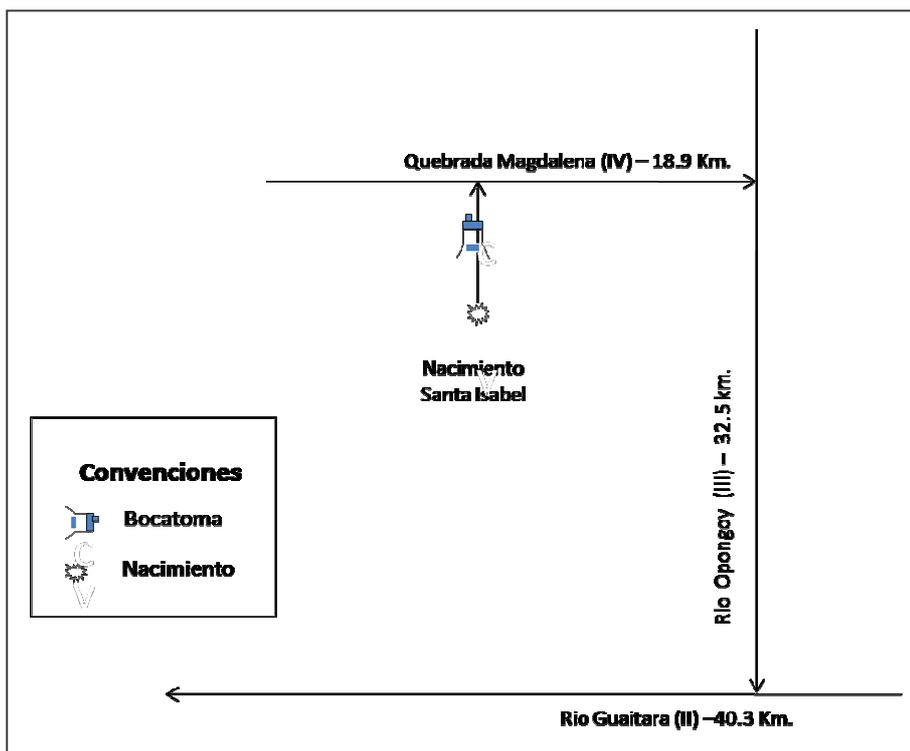
Llaves de corte	Latitud	Longitud	Altura(msnm)
1	01.26073	77.51347	1391
2	01.26120	77.51439	1400
3	01.26186	77.51588	1406
4	01.26176	77.51440	1401
5	01.26269	77.51347	1386
6	01.26344	77.51452	1376

4.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE TANGUA

4.4.1 Localización. La fuente de donde se toma el agua para el sistema de acueducto del municipio de Tangua, que abastece al casco urbano se encuentra ubicada en la zona hidrográfica Pacífico y áreas insulares la que pertenece la cuenca del Río Patía (orden I) y a partir de este las subcuencas Guaitara; al Río Guaitara le confluye el Río Opongo (Orden III) y a su vez le confluye La Quebrada Magdalena (orden IV) a esta quebrada le llega el nacimiento Santa Isabel. Esta jerarquización se realizó con base en la guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. Ver en la Figura 71, esquema general de las cuencas.

Figura 71. Esquema cuenca Tangua.

Esquema y jerarquización de la cuenca que surte el acueducto del municipio de Tangua, con base en la guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. (Decreto 1729) de 2002, IDEAM – MAVDT.



Los números romanos indican el orden de la cuenca. Las longitudes de los cauces fueron calculadas con base en cartografía digital de drenajes, digitalizada por Corponariño a partir de planchas IGAC a escala 1:25.000 y

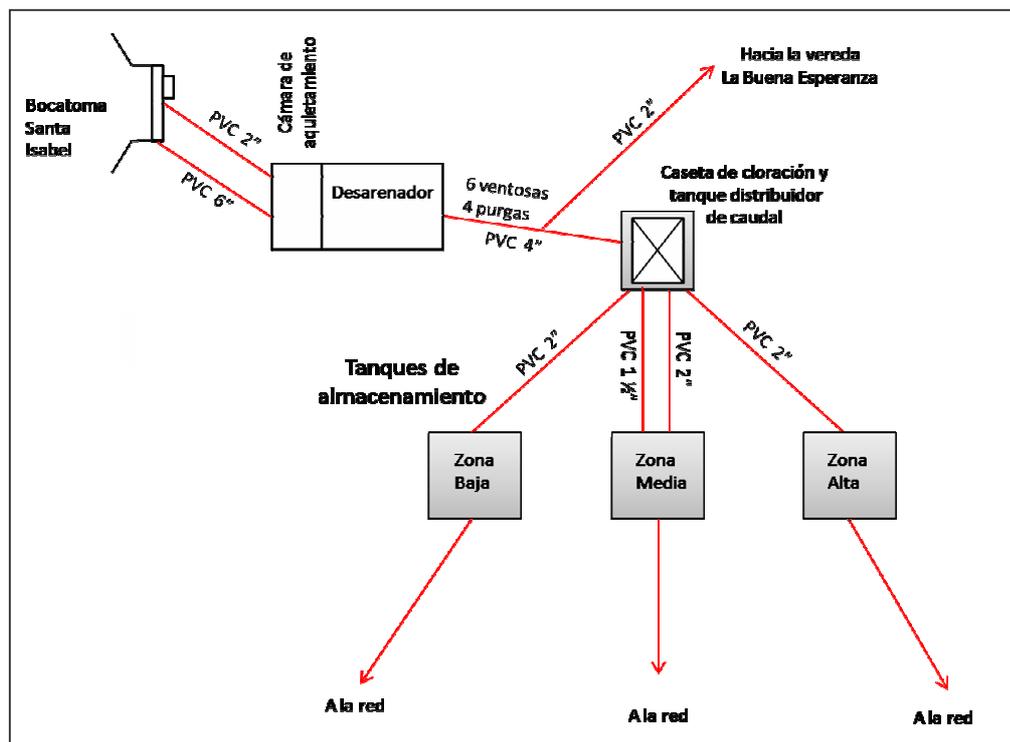
sistematizadas en SIG por este proyecto. La dirección de la flecha indica el flujo del agua.

4.4.2 Acueducto Santa Isabel

El sistema de acueducto que surte el casco urbano del municipio de Tangua se alimenta del nacimiento Santa Isabel, mediante una bocatoma que lleva el agua a través de una aducción hacia un desarenador para después conducir el agua hasta el proceso de desinfección.

El sistema no cuenta con una planta de potabilización el único tratamiento que se le realiza a el agua es por cloración, para luego llevarla por tres ramales hacia la zona baja, zona media y zona alta del territorio, donde es almacenada por sus respectivos tanques y finalmente conducida hasta los usuarios por medio de la red de distribución. En la Figura 72, se aprecia el esquema general del sistema de acueducto.

Figura 72. Esquema del sistema de acueducto del municipio de Tangua



Nacimiento Santa Isabel

Ubicación nacimiento (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.12098°

W 77.38203°

Altitud: 2752 msnm

El predio fue adquirido por la alcaldía municipal, para así brindarle el resguardo necesario, la vegetación predominante es Urapan y Acasio, se trato de reforestar pero las plantas no alcanzaron gran tamaño. En la Figura 73, se aprecia el nacimiento Santa Isabel.

Figura 73. Nacimiento Santa Isabel.



Bocatoma Santa Isabel.

Ubicación bocatoma (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.12071°

W 77.38221°

Altitud: 2725 msnm

La captación de la fuente Santa Isabel se realiza mediante una bocatoma de fondo que ocupa el ancho de la quebrada, está construida en concreto reforzado, de dimensiones generales largo 5.6 m, ancho 2.1 m y altura de 1 m, cuenta con una rejilla metálica rectangular de largo 1.1 m, ancho 0.4 m, conformada por 40 varillas de 1/2" separadas por 1.5cm, además tiene una malla que impide el paso de elementos de gran tamaño hacia la rejilla, la

captación cuenta con un sistema de desagüe-lavado de 4", cámara de recolección con largo de 1 m, ancho 1 m y altura 0.8 m, además la cámara de recolección cuenta con un sistema de rebose en tubería PVC 4" y no posee un sistema de desagüe-lavado ni tampoco un sistema de medición de caudal.

La captación funciona en forma continua y se realiza mantenimiento periódico cada 5 días; La bocatoma en general se encuentra en buen estado, la rejilla presenta deterioro en la disposición de las varillas; la estructura fue construida hace 20 años. En su alrededor se presenta vegetación y esta protegida por una cerca en alambre de púas, en especial para evitar el paso de ganado que pueda contaminar el agua. En la Figura 74, se aprecia la bocatoma Santa.

El fontanero afirma que por dato de UMATA (Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria) el caudal captado es de 11 lps.

Figura 74. Bocatoma Santa Isabel.



Aducción Santa Isabel.

Ubicación inicio aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.12071°

W 77.38221°

Altitud: 2725 msnm

Ubicación final aducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.12021°

W 77.38242°

Altitud: 2725 msnm

Esta aducción fue construida hace 20 años, su funcionamiento es por gravedad y de forma continua. La instalación fue realizada mediante dos tuberías una en PVC 6" y la otra en PVC 2" con una longitud aproximada de 100m (datos del fontanero), se encuentra enterrada y ya que no cuenta con llaves de purga, compuertas, ni ventosas, no se realiza ningún mantenimiento. Durante su recorrido no se encontraron cámaras de quiebre.

Desarenador Santa Isabel.

Ubicación desarenador (hddd.ddddd°- WGS84):

N 01.12021°

W 77.38242°

Altitud: 2725 msnm.

El desarenador se encuentra en regulares condiciones presentando señales de deterioro por antigüedad en especial en los elementos de acceso a la cámara de aquietamiento, este elemento fue construido hace 20 años; el servicio es continuo, se realiza mantenimiento periódico cada mes. La estructura se encuentra construida en concreto cuyas dimensiones son 9.4m x 2.20m x 2.50m según correspondan a largo, ancho, alto; es de tipo convencional, semienterrado La aireación esta compuesta por 3 conos metálicos, uno de ellos en mal estado. Este desarenador cuenta con un sistema de rebose en tubería PVC de 4" y un sistema de desagüe-lavado en tubería PVC de 6" que se vierten directamente a la quebrada La Magdalena, tiene by-pass de 4" y no cuenta con un sitio de disposición de lodos. En la Figura 75, se aprecia el Desarenador de Santa Isabel. Este desarenador cuenta con una cámara de aquietamiento con dimensiones 2.0m x 0.9m x 0.45m según correspondan a largo, ancho, alto; esta cuenta con un vertedero por el cual rebotan los excesos.

Figura 75. Desarenador.



Conducción General.

Ubicación inicio conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.12021°

W 77.38242°

Altitud: 2725 msnm.

Ubicación final conducción (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.09813°

W 77.39835°

Altitud: 2588 msnm.

Esta conducción fue construida hace 20 años, su funcionamiento es por gravedad y de forma continua. La instalación fue realizada en tubería PVC de 4" y finaliza en la caseta de cloración donde se distribuye el agua en tres ramales que conducen el agua a sus respectivos tanques de almacenamiento, en su trayectoria cuenta con 6 válvulas ventosas y 4 llaves de purga localizadas por información del fontanero. En un punto esta conducción comparte su caudal mediante una tubería PVC de 2" que abastece a la vereda La Buena Esperanza. A esta conducción se le realiza mantenimiento cada 8 días.

En la tabla 14, se anota la localización de los elementos que componen la conducción.

Tabla 14. Localización elementos de la conducción.

ELEMENTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	DETALLES
Bocatoma distrito de riego Yacuanquer *	1,11740	77,38625	2688	Municipio de Yacuanquer
Ventosa				Difícil acceso
Purga	1,11713	77,38620	2681	
Ventosa	1,11707	77,38688	2696	Mal estado
Purga	1,11646	77,38844	2669	
Ventosa	1,11182	77,39483	2658	Mal estado
Purga	1,11220	77,39448	2665	
Purga	1,10115	77,40097	2612	
Ventosa				Difícil acceso
Ventosa tubería 2"	1,10017	77,40093	2628	Repartición caudal hacia la vereda Nueva Esperanza
Ventosa tubería 4"	1,10017	77,40093	2628	Hacia el municipio de Tangua

* Se observó y localizó en el recorrido de la conducción que abastece al municipio de Tangua.

Caseta de Cloración Y Tanque de Distribución de Caudal.

Ubicación caseta de cloración general (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.09813°

W 77.39835°

Altitud: 2588 msnm

Se trata de una caseta sencilla, sin laboratorio de análisis, ni bodega de químicos. El tipo de desinfectante usado es cloro gaseoso en el día y en la noche se realiza la desinfección con cloro granulado, la dosificación se realiza de forma mecánica en el cloro gaseoso y por goteo en el cloro granulado.

Las dimensiones de la caseta son: largo 2.9m, ancho 2.5m, alto 1.9m. La estructura física es en muro de ladrillo y cubierta en losa de concreto.

La caseta cuenta con un tanque de llegada cuyas dimensiones son: largo 3m, ancho 3m, alto 1.5m; este tanque tiene 2 conos de ventilación de 2" en buen estado y una abertura de 0.6 x 0.6m por donde se realiza la desinfección, cuenta con un by-pass de 4". De este tanque se distribuye el agua por medio de 3 cajillas hacia los tanques de almacenamiento. En la *Figura 76*, se aprecia la caseta de cloración.

Figura 76. Caseta de cloración.



Conducciones Individuales.

Desde la caseta de cloración se distribuye el agua por 3 conducciones hacia los tanques de almacenamiento en la zona baja, media y alta.

- Conducción Zona Alta: Tubería de PVC de 2", con una longitud aproximada de 1200m, no cuenta con ventosas, llaves de purga y cámaras de quiebre.
- Conducción Zona Media: La componen dos ramales en tubería PVC de 2" y 1 ½", con una longitud aproximada de 1000m, no cuenta con ventosas, llaves de purga y cámaras de quiebre.
- Conducción Zona Baja: Tubería de PVC de 2", con una longitud aproximada de 700m, no cuenta con ventosas, llaves de purga y cámaras de quiebre.

Tanques de Almacenamiento.

El municipio de Tangua cuenta con 3 tanques de almacenamientos que a su vez distribuyen el agua al casco urbano en 3 redes de distribución independientes.

- Tanque zona baja.

Ubicación tanque de almacenamiento zona baja (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.09682°

W 77.39657°

Altitud: 2508 msnm

El tanque está construido en concreto con las siguientes dimensiones: largo 6.25m, Ancho 6.3m, altura 2.2m; con un volumen aproximado de almacenamiento de 79 m³, se encuentra semienterrado, tiene 6 años de servicio por ende no presenta señales de deterioro, esta compuesto por cuatro conos metálicos para ventilación de diámetro 2", una cámara de llaves con las siguientes dimensiones: Largo 1.5m, Ancho 1.2m y Alto 2.3m, la estructura cuenta con tuberías de rebose y de desagüe-lavado de 4" el mantenimiento esta a cargo del fontanero el cual realiza labores de limpieza cada 4 semanas. En la Figura 77, se aprecia el tanque de almacenamiento de la zona baja.

Figura 77. Tanque de almacenamiento zona baja.



- Tanque zona media

Ubicación tanque de almacenamiento zona media (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.09740°

W 77.39134°

Altitud: 2501 msnm

El tanque está construido en concreto con las siguientes dimensiones: largo 8.3m, Ancho 6.9m, altura 3 m; con un volumen aproximado de almacenamiento de 170m³, se encuentra semienterrado, tiene 50 años de servicio por lo cual presenta señales de deterioro por filtraciones, está compuesto por dos tubos con codos metálicos de diámetro 4" para la ventilación, una cámara de llaves con las siguientes dimensiones: Largo 2.1m, Ancho 1.8m y Alto 3m, la estructura cuenta con tuberías de rebose de 2 ½ " y de desagüe-lavado de 4" el mantenimiento está a cargo del fontanero el cual realiza labores de limpieza cada 4 semanas. En la *Figura 78*, se aprecia el tanque de almacenamiento de la zona media.

Figura 78. Tanque de almacenamiento zona media.



- Tanque Zona Alta.

Ubicación tanque de almacenamiento zona baja (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.09916°

W 77.38821°

Altura (msnm) 2539

El tanque está construido en concreto con las siguientes dimensiones: largo 9.7m, Ancho 7.2m, altura 2m; con un volumen aproximado de almacenamiento de 138m³, se encuentra semienterrado, tiene 30 años de servicio, no presenta ninguna señales de deterioro, está compuesto de cinco conos de ventilación de diámetro de 3", una cámara de llaves con las siguientes dimensiones: Largo 1.6m, Ancho 2m y Alto 2.3m, la estructura

cuenta con tuberías de rebose y de desagüe-lavado de 4" el mantenimiento está a cargo del fontanero el cual realiza labores de limpieza cada 4 semanas. En la Figura 79, se aprecia el tanque de almacenamiento de la zona alta.

Figura 79. Tanque de almacenamiento zona alta.



Red de Distribución Santa Isabel

Existen 3 redes de distribución en el municipio de Tangua denominadas zona baja, media y alta; en el casco urbano, se cuenta con 572 viviendas (fuente PDA, año 2007). La entidad encargada de administrar el acueducto y alcantarillado en el municipio es la alcaldía de Tangua.

- Red de distribución zona alta.

La red de distribución de esta zona, cubre alrededor del 25% del casco urbano tiene una longitud de 1254m, discriminados en la tabla 15.

Tabla 15. Red distribución zona alta. (Fuente PDA, año 2007)

Tipo de tubería	Diámetro (Pulgadas)	Longitud (metros)
PVC	2	757
PVC	2 ½	497

- Red de distribución zona media.

La red de distribución de esta zona, cubre alrededor del 45% del casco urbano tiene una longitud de 3836m discriminados en la *tabla 16*.

Tabla 16. Red de distribución zona media. (Fuente PDA, año 2007)

Tipo de tubería	Diámetro (Pulgadas)	Longitud (metros)
PVC	4	391
PVC	3	552
PVC	2	2017
PVC	2 ½	876

Las llaves de corte observadas en el recorrido pertenecen a la zona media encontrándose en regular estado debido a que algunas están perdidas por escombros, vegetación o por el mismo material de la calle, en la tabla 17, se indica su georreferenciación.

Tabla 17. Llaves de corte.

Llave de corte	Latitud	Longitud	Altura(msnm)
1	01.09462	77.39524	2415
2	01.09400	77.39502	2415
3	01.09508	77.39384	2433
4	01.09449	77.39360	2432
5	01.09574	77.39321	2454
6	01.09401	77.39243	2423

El municipio de Tangua no cuenta con ningún hidrante en el casco urbano, las labores de limpieza en la red de distribución no se realizan debido a que las llaves de purga se encuentra tapadas por escombros y vegetación; en el recorrido acompañados con el fontanero se encontraron 2 llaves de purga en mal estado, en la *tabla 18* se indica su georreferenciación.

Tabla 18. Llaves de purga.

Llave de purga	Latitud	Longitud	Altura(msnm)
1	01.09398	77.39260	2428
2	01.09214	77.39165	2406

- Red de distribución zona baja.

La red de distribución de esta zona, cubre alrededor del 30% del casco urbano tiene una longitud de 2778m discriminados en la tabla 19.

Tabla 19. Red distribución zona baja. (Fuente PDA, año 2007)

Tipo de tubería	Diámetro (Pulgadas)	Longitud (metros)
PVC	3	391
PVC	2	552
PVC	1 1/4	2017
PVC	1	876
PVC	3/4	200

5. METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD

5.1 DEFINICION DE MATRICES

Las matrices o funciones de vulnerabilidad relacionan el daño esperable con la intensidad del fenómeno, para un elemento específico y para un fenómeno específico.

Estas matrices y/o funciones de vulnerabilidad, se pueden obtener de diversas maneras, según la información disponible:

- Empírica (por análisis de ocurrencias y experiencias anteriores)
- Determinística (mediante ensayos de laboratorio, por ejemplo)
- Opinión experta (cuando no se dispone de información directa)

Erupciones volcánicas desastrosas son relativamente raras, por lo cual la información sobre efectos (impacto) de los diversos fenómenos es escasa. En ese sentido, las variables de vulnerabilidad son analizadas sobre la base del conocimiento general, acumulado a través de la evaluación de efectos en otros volcanes; por ejemplo, sobre seres humanos, ganado, edificaciones, infraestructura, tierras agrícolas y recursos hídricos, la información sobre fenómenos volcánicos identificados como más probables (*Ingeominas, 1997*), se convierte en un conjunto de variables de vulnerabilidad, formulados de tal manera que puedan ser correlacionados con la información básica en el sistema de información (ubicación, cantidad, densidad, área, etc.).

El conjunto de variables de vulnerabilidad definidas, tuvo en cuenta tanto el tipo y severidad de impacto en el sitio o área de exposición, como la naturaleza del elemento expuesto. Las variables de vulnerabilidad, se han determinado para los diversos niveles de resolución.

Una “matriz de vulnerabilidad” resulta de la interrelación de componentes que la definen: la sollicitación (propia del fenómeno) vs la resistencia (característica del elemento). Basado en la técnica de soporte de decisión para Asignación de Pesos: *Analytical Hierarchical Process – AHP*, que es una metodología de modelamiento multi-criterio, basada en la lógica de comparación pareada desarrollada por Thomas Saaty en 1978, que permite organizar y evaluar la importancia relativa entre criterios y medir la consistencia de los juicios. Requiere la estructuración de un modelo jerárquico. Con base en la comparación, se ponderan todos los sub-criterios y criterios y determinan los rangos de calificación según sea el caso. Por ejemplo, para el análisis de algunos elementos expuestos, la escala de valores cualitativos de la vulnerabilidad cubre el rango entre el valor “nulo” hasta el valor “inminente”, para calificar su *grado de favorabilidad (posibilidad)*, correspondientes a la escala de valores cuantitativos entre [0 1], Esta puntuación es asignada a partir de los criterios que definidos por el grupo de profesionales de la Corporación OSSO encargados del modelamiento.

5.2 DETERMINACIÓN DE LAS SOLICITACIONES

El escenario de amenaza que se utiliza como insumo básico para derivar las solicitudes, es el especificado en el último “Mapa de amenaza volcánica” tercera versión (Ingeominas, 1997), el cual representa: el cruce de la zonificación probabilística de los fenómenos asociados (onda de choque, flujos piroclásticos, caída piroclástica o de ceniza, flujos de lodo, flujos de lava, nube acompañante y proyectiles balísticos) a las erupciones volcánicas, ocurridas durante los últimos 5000 años, con los modelamientos de otros fenómenos, que no dejaron un amplio registro geológico. El mapa se divide en tres (3) zonas de amenaza⁵: alta, media y baja. La zona alta, puede estar afectada principalmente por flujos piroclásticos y la baja por caídas piroclásticas; la media, define el área de transición de la zona alta a la baja y representa los sectores que podrían verse afectados por flujos piroclásticos producidos en erupciones de gran magnitud, que las que han dejado registro geológico; adicionalmente define las posibles trayectorias de los flujos de lodo secundarios. Estos modelos de amenaza están representados en un mapa general y mapas para cada uno de los fenómenos.

En la siguiente tabla, se presenta la relación de los fenómenos Vs el nivel de amenaza que estos representan. Los cuadros en naranja, indican que por ejemplo, el flujo piroclástico no se manifiesta en zonas de amenaza baja. De la misma manera y para propósitos del análisis, se coloca una columna de Nula, para indicar que los elementos expuestos objeto de análisis de acuerdo al mapa de amenaza general como a los mapas por fenómenos, estos pueden estar en amenaza nula.

Tabla 20. Exposición los fenómenos volcánicos con relación al mapa de amenaza volcánica del Volcán Galeras del Ingeominas (1997)

Fenómeno	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)	Nula (N)
Flujo Piroclástico (FP)	FPA	FPM		FPN
Flujo de lava (LV)	LVA			LVN
Caída piroclástica (CP)	CPA		CPB	CPN
Flujo de lodo (FL)	FLA			FLN
Onda de choque (OCH)	OCHA	OCHM	OCHB	OCHN
Proyectil balístico (PB)	PBA	PBM	PBB	PBN
Nube acompañante (NA)		NAM		NAN

5.3 DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA

El análisis de la vulnerabilidad física, se realiza partir del cruce, los inventarios de los elementos expuestos georreferenciados, con el mapa de amenaza general y fenómenos volcánicos del Ingeominas, para asignarle una calificación de desfavorable (1), favorable (0) ó nulo, en función de la

⁵ Tomado del Mapa de amenaza volcánica de I Galeras (tercera versión), 1997

localización de los elementos, con respecto a su instalación sobre el terreno: (i). enterrado; (ii). semienterrado; (iii).elevado; (iv). superficial y segundo, de acuerdo a su condición de protección: (i). al aire libre; (ii). Cubierto, en interrelación con los posibles efectos que estos fenómenos pueden generar sobre estos, teniendo en cuenta la naturaleza de los fenómenos, características y efectos, (físicos, químicos y mecánicos) asociados al proceso volcánico (ver tabla siguiente). Por ejemplo, un tanque enterrado frente a un flujo piroclásticos, es menos vulnerable que un tanque que esta a nivel de la superficie, que puede ser arrastrado por este fenómeno. De la misma manera una planta de tratamiento de agua potable está más expuesta a contaminarse con ceniza volcánica que otra que está cubierta. Teniendo en cuenta lo anterior, un elemento expuesto calificaría como desfavorable, es decir con un valor de (1), si su instalación sobre el terreno es superficial, semienterrada o elevada, y su condición de protección es al aire libre o semicubierto, es decir muy expuesto. De otro lado calificaría como favorable, es decir con un valor de (0), si su instalación es enterrada y su condición de protección es cubierto, es decir menos expuesto. Y calificaría como nula si no existe un fenómeno que lo pueda afectar, es decir no expuesto.

Figura 80. Indicador de exposición sistemas de acueductos

Elemento	Flujo piroclástico			Flujo lava		Caída piroclástica		Flujo lodo		Onda choque				Proyectil balístico				Nube acompañante	
	FPA	FPM	FPN	LVA	LVN	CPA	CPB	FLA	FLN	OCHA	OCHM	OCHB	OCHN	PBA	PBM	PBB	PBN	NAM	NAN
Bocatoma (superficial-aire libre)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Cajilla captación (superficial-aire libre)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Cajilla captación (semienterrado-cubierto)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Cámara de llaves (semienterrado-cubierto)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Desarenador (semienterrado-cubierto)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Cámara de quiebre (semienterrado-cubierto)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Llave de purga (superficial-aire libre)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Llave de purga (semienterrado-cubierto)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Llave de corte (superficial-aire libre)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Llave de corte (semienterrado-cubierto)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Ventosa (semienterrado-cubierto)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Ventosa (superficial-aire libre)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Tubería paso elevado (elevado-aire libre)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Tubería desprotegida (superficial-aire libre)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Caseta cloración-Tanque Alm. (Semienterrado-cubierto)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
PTAP (Superficial-aire libre)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Tanque Almacenamiento (semienterrado-cubierto)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Tanque Almacenamiento (superficial-aire libre)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Tubería Aducción, Conducción y Distribución (enterrado)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

5.3.1 Cálculo de la distribución de daños

De acuerdo con Ingeominas (2005) durante los últimos 500 años, la mayoría de las erupciones se han catalogado como Vulcanianas, con columnas inferidas de baja altura (menores a 10 km), que han producido emisiones de gases y cenizas, pequeños flujos de lava y erupciones explosivas con la generación de flujos piroclásticos, cuyos depósitos han alcanzado distancias de hasta 9,5 km desde el cráter. Este tipo de erupciones vulcanianas se caracterizan por presentar una explosividad moderada a violenta, con lavas escasas y piroclásticos abundantes (Martínez, *et al.* 2001).

Para determinar la distribución de los daños probables que pueden generar los diversos fenómenos asociados al proceso volcánico, en el área de influencia del Volcán Galeras, se tuvo en cuenta en primer lugar, el escenario de amenaza existente, definido por el Ingeominas (1997), en el cual se consideraron los eventos eruptivos con registro geológico sucedidos durante los últimos 5000 años, que correspondería a una erupción de tipo explosiva y vulcaniana, con un VEI de 4, que presentaría las características que se resaltan en color azul, en siguiente tabla .

Tabla 21. Índice de explosividad – VEI

VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Descripción	No explosiva	Pequeña	Moderada	Moderada grande	Grande	Muy grande	---	---	---
Volumen emitido (m ³)	< 10,000	10.000 – 1.000.000	Uno a diez millones	Diez a cien millones	Cien a mil millones	Uno a diez km ³	Diez a cien km ³	Cien a mil km ³	Más de 1000 km ³
Altura de la columna (km)	0,1	0,1 – 1	1-5	3 - 15	10 – 25	Más de 25	---	---	---
Duración en horas	-1	-1	1-6	1 – 6	1 – 12	6 – 12	---	---	---
Inyección a la tropósfera	Mínima	Leve	Moderada	Sustancial	Grande	---	---	---	---
Inyección a la estratósfera	Nula	Nula	Nula	Posible	Definida	Significativa	---	---	---

Fuente: adaptado de Newhall y Self (1982) en (Martínez, *et al.* 2001).

De la tercera versión del mapa de amenaza volcánica del Volcán Galeras de Ingeominas (1997), se obtuvieron los diferentes niveles de amenaza, tanto para la zonificación general, como para la zonificación por tipo de fenómenos asociados: flujos piroclásticos, onda de choque, proyectiles balísticos y caída piroclástica, flujos de lava, nube acompañante definidos a partir de modelos probabilísticos. El mapa de amenaza general representa la envolvente de los estudios de campo los registros geológicos e históricos cruzados con los modelos mencionados.

A partir de lo anterior y para propósitos del análisis de la vulnerabilidad, teniendo en cuenta los niveles de sollicitación, representados por lo fenómenos volcánicos, para el área de influencia del estudio, de acuerdo con el mapa general de amenaza volcánica y los mapas de zonificación de amenaza por fenómeno en alta, media, baja y nula. Así mismo se definió para cada uno de los fenómenos presentados, el nivel de daño que podrían ocasionar si llegasen a manifestarse, teniendo en cuenta sus propiedades físicas, los efectos para la vida y los bienes, observadas en erupciones pasadas (ver tablas siguientes), en otros contextos, así como las observadas en el Volcán Galeras en su periodo histórico de los últimos 500 años.

Tabla 22. Resumen de propiedades físicas estimadas para algunos fenómenos volcánicos

Fenómenos	Distancias hasta las cuales se han experimentado efectos		Área afectada		Velocidad		Temperatura (°C)
	Promedio (km)	Máximo (km)	Promedio (Km ²)	Máximo (Km ²)	Promedio (m/s)	Máximo (m/s)	
Caída de ceniza (tefra)	20-30	>800	100	>100.000	15	30	Usualmente la del ambiente
Proyectiles balísticos	2	15	100	80	50-10	100	1000
Flujos piroclásticos y o derrumbes o avalanchas	10	100	5-20	10.000	20-30	100	600 – 800
Lahares	10	300	5-20	200 -300	3 – 10	>30	100
Flujos de lava	3-4	>100	2	>1000	5	30	700 – 1150
Lluvia ácida y gases	20-30	>2000	100	20.000	15	30	Ambiente
Ondas de choque	10-15	>800	1000	>100.000	300	500	Ambiente
Rayos	10	>100	300	3000	12x10 ³	12x10 ³	Por encima del punto de incandescencia

Fuente: adaptado de Blong, R.H. Volcanic Hazards (Sydney, Australia: Macquarie University academic Press, 1984) en (Martínez, *et al.* 2001).

Tabla 23. Probables efectos de los peligros volcánicos en los bienes

Fenómenos	Efecto
Proyección de bombas y escorias. Cenizas	Daños por impacto. Incendios
Caída de piroclastos. Cenizas	Recubrimiento por cenizas. Colapso de estructuras. Daños a la agricultura
Lava y Domos	Daños a estructuras. Incendios. Recubrimiento por lava
Coladas y oleadas piroclásticas. Flujos piroclásticos	Daños a estructuras. Incendios. Recubrimiento por cenizas
Lahares	Daños a estructuras. Incendios. Arrastres de materiales. Recubrimiento por barros
Colapso total o parcial del edificio volcánico	Daños a estructuras. Recubrimiento por derrumbes. Avalanchas. Tsunami inducido
Deslizamiento de laderas	Arrastre de materiales. Recubrimiento por derrumbes. Daños estructuras
Gases volcánicos	Envenenamiento. Contaminación de aire y agua
Onda de choque	Rotura de cristales y paneles
Temblores volcánicos	Colapso del edificio volcánico. Deslizamiento de masas
Deformación del terreno	Fallas. Daños a estructuras
Variaciones en el sistema geotérmico de acuíferos	Cambios en la temperatura y calidad del agua

Fuente: Tomado de Martínez, *et al.* 2001.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se definió el nivel de daño, que estos elementos podrían sufrir por la manifestación de cada uno de los siete (7) fenómenos analizados, considerando el riesgo (es decir la probabilidad de pérdida) que estos generarían para la vida, los bienes y la funcionalidad, categorizado en tres niveles de daño: severo, moderado, leve ó nulo. En la siguiente tabla, se presenta los criterios que se utilizaron para diferenciar cada nivel en relación con cada uno de los componentes de afectación mencionados.

Tabla 24. Criterios de definición del nivel de daño

Nivel de daño	Componente		
	Vida	Bienes	Funcionamiento
Severo	Muerte	Daños físicos totales	Pérdida total de la funcionalidad
Moderado	Lesiones severas permanentes - Directas e inmediatas (pérdida de capacidades motrices, pérdida total de uno o más sentidos, pérdida de extremidades)	Daños físicos parciales con posibilidad de recuperación	Pérdida parcial de la funcionalidad, con posibilidad de recuperación en el mediano plazo
Leve	Lesiones temporales - Indirectas y retardadas (pérdida momentánea de los sentidos)	Efectos físicos temporales, con capacidad de recuperarse	Pérdida parcial de la funcionalidad, con posibilidad de recuperación en corto plazo
Nulo	Sin efecto para la vida	Sin daños ni efectos	Sin daños ni efectos en la funcionalidad

En la siguiente tabla se presentan los niveles de daño que los elementos expuestos pueden experimentar frente a los diversos fenómenos volcánicos.

Tabla 25. Nivel de daño por fenómeno

Componente	Nivel de daño			
	Severos	Moderados	Leves	Nulos
Vidas	FPA, FPM, LVA, CPA, FLA, OCHA, PBA, PBM, NAM, PBB	CPB, OCHM	OCHB	FPN, LVN, FLN, OCHN, PBN, NAN
Bienes	FPA, FPM, LVA, CPA, FLA, OCHA, PBA, PBM, NAM	CPB, OCHM, PBB	OCHB	FPN, LVN, FLN, OCHN, PBN, NAN
Funcional	FPA, FPM, LVA, CPA, FLA, OCHA, PBA, PBM, NAM	CPB, OCHM, PBB	OCHB	FPN, LVN, FLN, OCHN, PBN, NAN

Convenciones

FPA	Flujo piraclástico en zona de amenaza alta	OCHM	Onda choque en zona de amenaza media
FPB	Flujo piraclástico en zona de amenaza baja	OCHB	Onda choque en zona de amenaza baja
FPN	Flujo piraclástico en zona de amenaza nula	OCHN	Onda dchoque en zona de amenaza nula
LVA	Flujo de lava en zona de amenaza alta	PBA	Proyectiles balísticos en zona de amenaza alta
LVN	Flujo de lava en zona de amenaza nula	PBM	Onda de choque en zona de amenaza media
CPA	Caída piroclástica en zona de amenaza alta	PBB	Onda de choque en zona de amenaza baja
CPN	Caída piroclástica en zona de amenaza nula	PBN	Onda de choque en zona de amenaza nula
FLA	Flujo de lodo en zona de amenaza alta	NAM	Nube acompañante en zona de amenaza media
FLN	Flujo de lodo en zona de amenaza nula	NAN	Nube acompañante en zona de amenaza nula
OCHA	Onda choque en zona de amenaza alta		

En síntesis el grado de daño está en función de sus propiedades estructurales de los elementos expuestos, para resistir las sollicitaciones mecánicas, físicas, químicas etc., y su exposición frente al fenómeno con respecto a su localización, grado de protección y tiempo de permanencia.

La distribución de daños de los elementos expuestos en el área de estudio, se determino para cada uno de los fenómenos asociados al fenómeno volcánico, teniendo en cuenta, el escenario máximo probable de erupción (mayor a 5000 años) definido en el mapa de amenaza volcánica del Geominas tercera versión (1997).

Teniendo en cuenta lo anterior, se definieron criterios de calificación de vulnerabilidad física, en términos de niveles de porcentaje de daño severo,

que podría sufrir los componentes de un sistema, con relación al todo. Daños severos, menores al 10 %, califican con una vulnerabilidad baja, es decir que pocos elementos deben ser reparados o reemplazados; daños severos entre el 10 y 40 %, califican como vulnerabilidad moderada, es decir que algunos elementos deben ser reparados o reemplazados; y daños mayores al 40 %, con respecto a la totalidad del sistema, califica como vulnerabilidad alta, es decir muchos elementos sufren daños, lo que significa que no sería rentable su reparación y el sistema debe ser totalmente reconstruido. En la tabla 26, se presentan los criterios de calificación.

Tabla 26. Indicador de vulnerabilidad física a partir del daño severo

Porcentaje de daño	Vulnerabilidad
> 40 %	Alta
Entre 10 % a 40 %	Medio
< 10 %	Baja
0 %	Nula

5.4 DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL

Mientras la vulnerabilidad física, supone la probabilidad de pérdida de integridad del elemento (daño), por impactos directos de fenómenos, la vulnerabilidad funcional supone pérdida de capacidad de funcionamiento del elemento, sin pérdida de integridad. Ejemplo: por impacto directo (ingreso de químicos lixiviados o aéreos) a un sistema de acueducto.

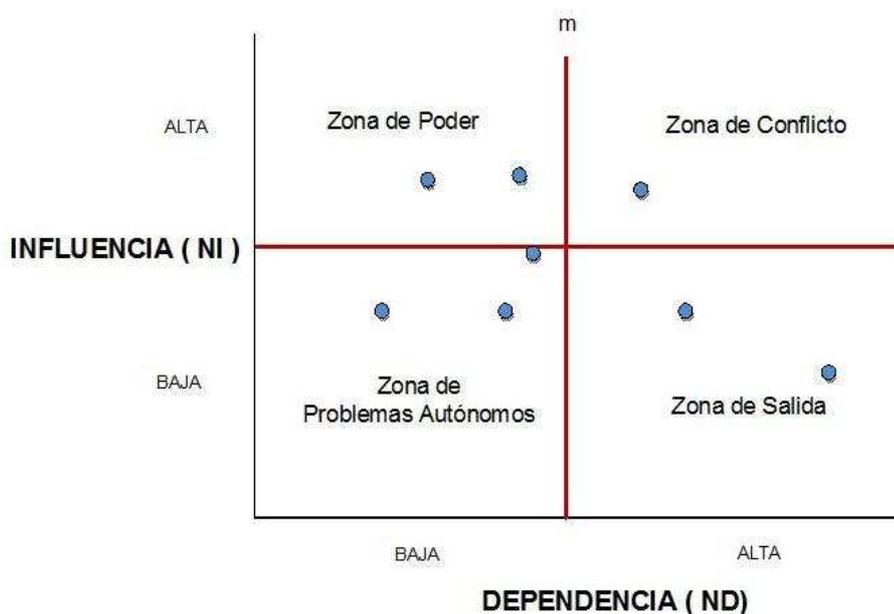
De la misma manera, por ejemplo, la caída de ceniza volcánica puede afectar – además de la integridad física de edificaciones y sistemas – la capacidad de funcionamiento de elementos expuestos de múltiples maneras. En ese sentido, los elementos expuestos pueden ser vulnerados en su capacidad de funcionamiento, de manera directa (p. ej. por la toxicidad de sustancias asociadas a la ceniza que cae en sistemas de suministro de agua) e indirecta (p. ej. por interrupción del suministro eléctrico cuando la ceniza cortocircuita líneas de alta tensión).

De esta manera la vulnerabilidad funcional se la evaluó a través de la matriz de interrelación de los elementos que compone el sistema utilizando el criterio experto y efectos observados en otros sistemas, calificando dos parámetros: el nivel de **importancia (NI)** y el **nivel de dependencia (ND)**, el primero está relacionado con la importancia de cada uno de componentes en relación con la función dentro del sistema y el segundo, está asociado al grado de dependencia de cada elemento en particular para poder funcionar. Al elaborar este análisis hay que tener en cuenta que aún más importantes que los factores en sí mismos, son las interrelaciones existentes entre ellos. Ese conjunto de interrelaciones constituye la base fundamental para

aumentar la resiliencia, es decir, la capacidad de recuperarse en un corto tiempo. Para calificar esta matriz se ha asignado una puntuación de [0] para dependencia nula, [1] para baja, [3] para media y [5] para dependencia alta. A este proceso se le denomina ponderación de clases.

Una vez asignado la puntuación a cada elemento se procede a sumar cada fila de la matriz, esto indica el número de veces que impacta esta variable a las restante, de igual forma a las columnas de la matriz. Una vez se obtienen estos resultados, se determinan los pares de valores que corresponden a los dos parámetros de calificación: el nivel de influencia (NI) y el nivel de dependencia (ND) que corresponden a las variables a representar en el plano (Y/X). En la Figura 81 se observa el plano de interrelaciones.

Figura 81. Plano de interdependencia



Fuente: CORPOSSO, 2009.

Para el análisis de la dispersión de los puntos se divide el plano en cuatro zonas. Zona de poder, Zona de conflicto, Zona de problemas autónomos y Zona de salida.

Zona de poder: En esta zona se encuentran las variables que tienen la más alta influencia y la más baja dependencia. Estas variables son las más importantes del sistema de relaciones porque influyen sobre la mayoría y dependen poco de ellas. Son muy fuertes y poco vulnerables. Cualquier modificación en ellas implicará cambios en todo el sistema.

Zona de conflicto: Aquí se encuentran variables de alta influencia y alta dependencia. Estas variables muy influyentes son, sin embargo, muy

vulnerables. Influyen sobre las restantes pero al mismo tiempo son influidas por ellas, es decir que encuentran en conflicto, por lo que cualquier variación que les afecte, también afectará a las variables de la zona de salida

Zona de salida: Es la zona de variables de alta dependencia y baja influencia, es decir, que se caracteriza por tener baja influencia pero alta dependencia. También se la denomina zona de efectos por reciben influencias de las dos anteriores.

Zona de problemas autónomos: En esta zona aparecen las variables que, ni influyen significativamente sobre las otras ni son influidas por ellas. Por esta razón, tienen poca influencia y poca dependencia y es frecuente que en esta zona se localicen los problemas de carácter coyuntural.

6. ANALISIS Y RESULTADOS

6.1 CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Teniendo en cuenta recomendaciones establecidas con el Título A, de la Norma RAS – Calidad del Agua, que *considera que la evaluación general de un sistema de abastecimiento de agua de bebida, deberá tener en cuenta los datos históricos sobre calidad del agua existentes, que ayudan a comprender las características del agua de alimentación y conocer el rendimiento del sistema de abastecimiento de agua de bebida tanto a lo largo del tiempo como tras determinados sucesos (por ejemplo, tras lluvias copiosas)* y con la finalidad de reconocer los posibles impactos de la actividad volcánica sobre las fuentes abastecedoras de la zona de estudio, en términos de posibilidad y tipo de contaminación e inhabilitación de los sistemas de transmisión y distribución en cuanto a calidad física y cantidad del agua, se procedió a identificar las características fisicoquímicas del agua (pH, turbiedad – NTU, Oxígeno disuelto, sólidos totales, sólidos suspendidos, DBO5 a 20 °C y DQO) a partir de los análisis realizados, principalmente por Corponariño (2007) sobre diversas fuentes de agua. Las coordenadas geográficas, que indican los lugares de las tomas de muestras fueron localizados e integrados, con sus diversos atributos al SIGVULGALERAS⁶.

De acuerdo con OPS (2005), el Impacto en la calidad del agua como consecuencia de erupción volcánica se genera por la precipitación de ceniza volcánica que puede disminuir el pH (ácidos minerales fuertes H₂SO₄, HCl y HF) del agua superficial de lagos, ríos y quebradas más allá de los límites aceptables y alterar sus características de sabor, olor, color y turbiedad del agua y oxígeno disuelto. Además, la contaminación química puede ser potencialmente nociva en el caso de los lixiviados⁷. Los más comunes son lixiviados de Cl, SO₄, Na, Ca, K, Mg, F y otros elementos, que pueden encontrarse a concentraciones más bajas incluyen Mn, Zn, Ba, Se, Br, B, Al, Si, Cd, Pb, As, Cu y Fe. El exceso de flúor se reconoce como de los más peligrosos lixiviados para humanos y animales. (C. Stewart *et al*, 2006). Puede generarse también contaminación biológica debido a muerte de organismos (mamíferos y peces) en el agua y por crecimiento microbiano en el agua turbia.

De otro lado las fuentes de contaminación de las fuentes de agua de la zona de estudio están gobernadas por el vertimiento de aguas residuales de uso doméstico rurales y urbanos, por la deficiencia y carencia de sistemas de disposición y tratamiento de aguas residuales; además por los vertimientos provenientes de actividades industriales y comerciales de la

⁶ Sistema de información geográfico – SIG, elaborado por la Corporación OSSO, para el estudio.

⁷ Erupciones Volcánicas y sus Impactos en el Medio Ambiente. Organización Panamericana de la Salud, "Guía de Preparativos de Salud frente a Erupciones Volcánicas - Módulo 4. Salud Ambiental y el Riesgo Volcánico", Quito - Ecuador, febrero de 2005. http://www.paho.org/spanish/dd/ped/gv_modulo4.pdf.

zona urbana, en especialmente el Municipio de Pasto. De otro lado la contaminación por heces fecales de ganado en las área rurales y disposición inadecuada de residuos sólidos, escombros y lodos, así como la contaminación por agroquímicos en las zonas rurales. Estas condiciones generan alteraciones de los parámetros físico - químicos, biológicos y bacteriológicos del agua.

En las siguientes figuras se muestran espacializados y analizados, cuatro (4) parámetros básicos para evaluar la calidad de la fuente, que establece los niveles mínimos de polución como aceptable, regular, deficiente o muy deficientes, sobre las fuentes de agua mencionadas, teniendo en cuenta la norma RAS-2000. Estos son el pH, la turbiedad – NTU, el Oxígeno disuelto y el DBO5 a 20 °C). En la tabla 27, se presentan los resultados de los análisis.

Tabla 27. Calidad de la fuente

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	Fuente aceptable	Fuente regular	Fuente deficiente	Fuente muy deficiente
DBO 5 días	3630					
Promedio mensual mg/L			≤ 1,5	1,5 -2,5	2,5 - 4	>4
Máximo diario mg/L			1 - 3	3 - 4	4 - 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)						
Promedio mensual		D-3870	0 - 50	50 - 500	500 - 5000	>5000
Oxígeno disuelto mg/L	4705	D-888	≥4	≥4	≥4	<4
pH promedio	3651	D-1293	6,0 – 8,5	5,0 – 9,0	3,8 – 10,5	
Turbiedad (UNT)	4707	D-1889	<2	2 - 40	40 -150	≥150
Color verdadero (UPC)			<10	10 - 20	20 - 40	≥ 40
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L – Cl)		D 512	<50	50 - 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L – F)		D 1179	<1,2	<1,2	<1,2	>1,7

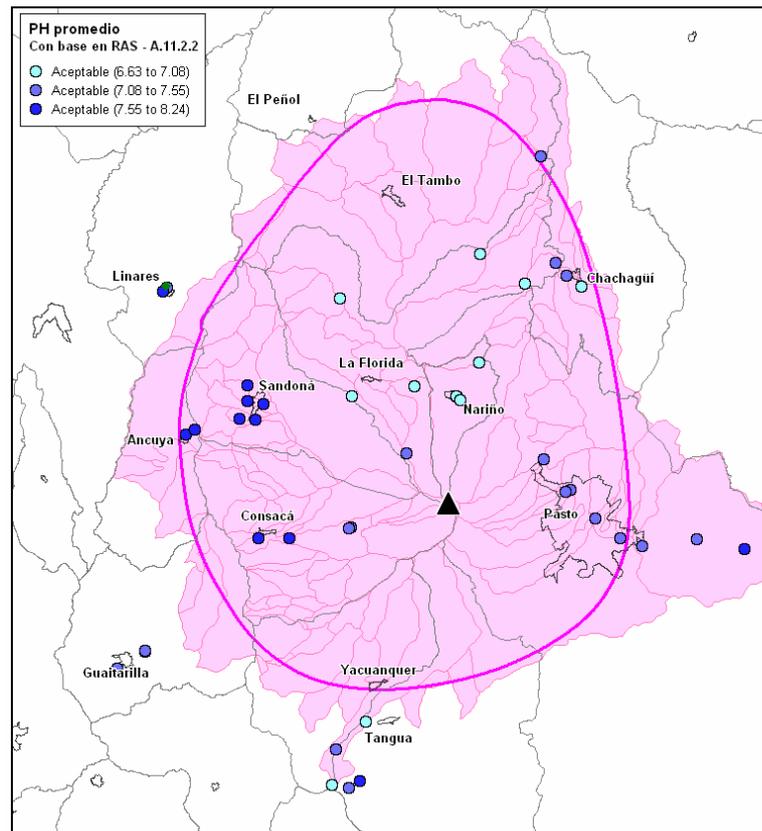
Fuente: Norma RAS – 2000- Sistemas de potabilización, p. C.20

En la figura siguiente, se puede observar que la mayoría de los resultados de pH⁸, de las fuentes analizadas en la zona de estudio en condiciones

⁸ parámetro representa la medida de la alcalinidad ó acidez del agua

normales, presentan un nivel aceptable. Sin embargo estas pueden resultar afectadas si se contaminan con ceniza volcánica, lo cual puede generar que el pH pueda ser reducido o inhibirse la cloración.

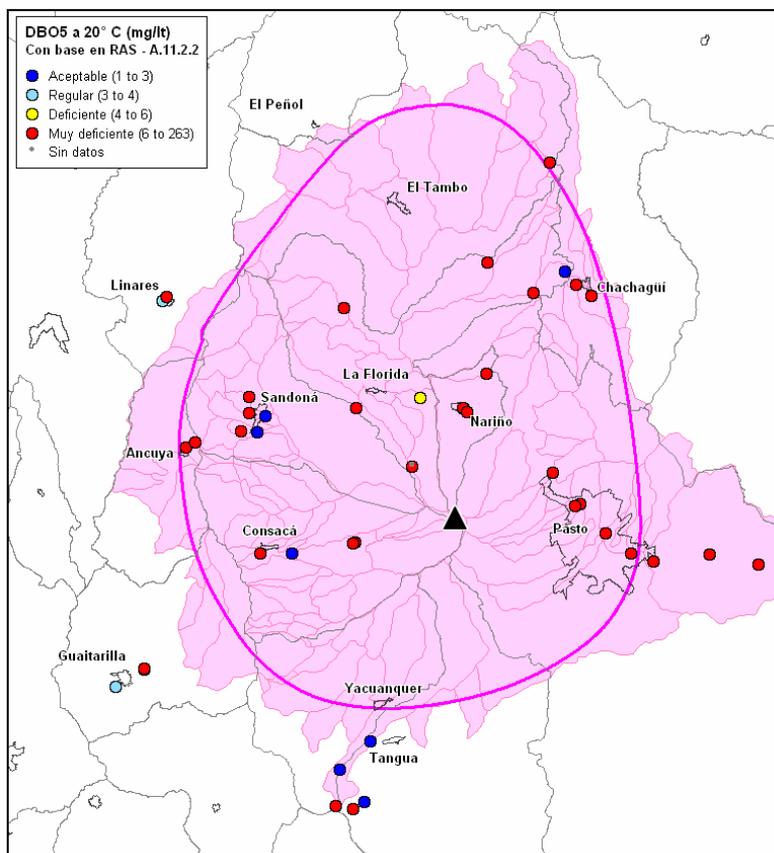
Figura 82. pH promedio de fuentes de la zona de estudio



De otro lado En la figura que sigue, se puede observar que la mayoría de los resultados de DBO 5 días (Demanda Bioquímica de Oxígeno)⁹, de las fuentes analizadas en la zona de estudio, presentan un nivel de calidad muy deficiente. Lo anterior significa que estas fuentes están altamente contaminadas con componentes orgánicos.

⁹ La Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, es la cantidad de oxígeno en mg/l necesaria para descomponer la materia orgánica presente mediante acción de los microorganismos aerobios presentes en el agua. Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales. Escuela Universitaria Politécnica. Universidad de Sevilla. http://www.ambientum.com/enciclopedia/aguas/2.01.16.16_1r.html

Figura 83. DBO5 días promedio de fuentes de la zona de estudio



En la tabla siguiente, se presenta los resultados del parámetro de DBO por año, obtenido del Estudio Nacional del Agua del IDEAM, de los municipios en estudio. Como se aprecia, los municipios con mayor contaminación y demanda biológica de oxígeno, son los de Pasto y el Tambo, seguidos por La Florida, Tangua, Ancuya y Linares y en menor proporción Sandoná.

Tabla 28. Demanda biológica de Oxígeno DBO/año

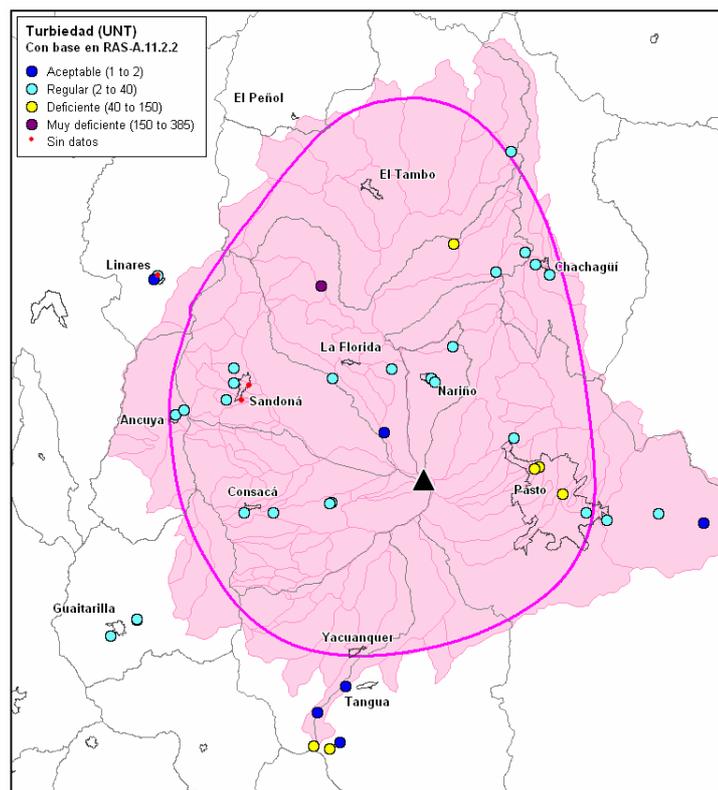
Municipio	Ton. DBO/año (Demanda biológica de Oxígeno)
La Florida	331 - 600
Tangua	331 - 600
Sandoná	0 - 300
Ancuya	331 - 600

Fuente: Tomado del Estudio Nacional del Agua. IDEAM

Continuando con el análisis de calidad de agua, en la siguiente figura se puede observar que la mayoría de los resultados Turbiedad, de las fuentes

analizadas, presentan un nivel de calidad regular, el cual está relacionado con el grado de transparencia y limpieza del agua que a su vez depende de la cantidad de sólidos en suspensión del agua, que pueden ser resultado de una posible actividad biológica o simplemente una presencia de componentes no deseables.

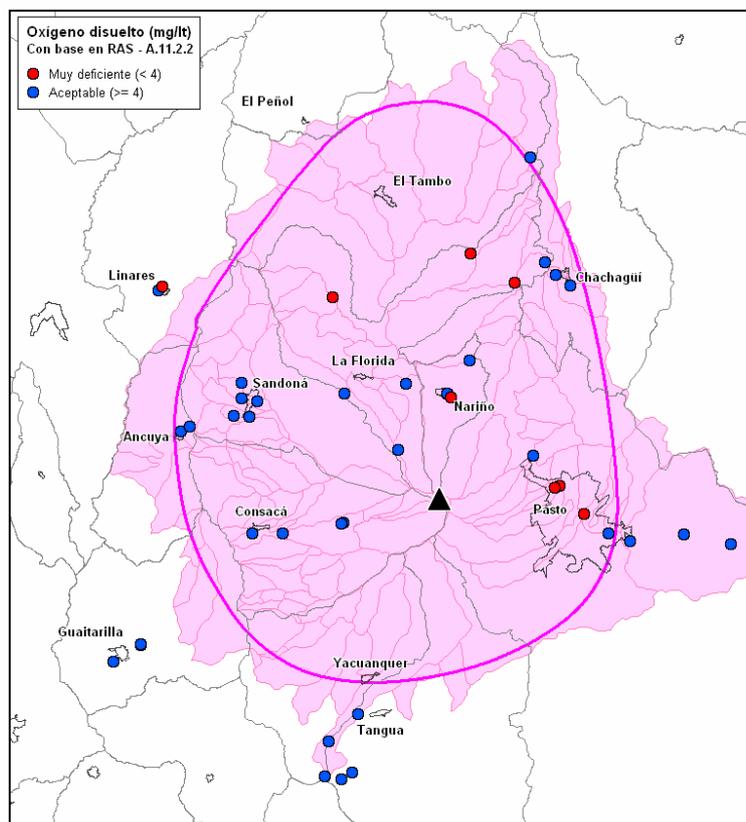
Figura 84. Turbiedad (UNT) de fuentes de la zona de estudio



Por último en la figura que sigue se puede observar que la mayoría de los resultados de Oxígeno disuelto (OD)¹⁰, de las fuentes analizadas en la zona de estudio, presentan un nivel de calidad aceptable. Sin embargo se aprecia también que algunas fuentes presentan un nivel de calidad del agua muy deficiente.

¹⁰ El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de contaminación del agua. La cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua (OD) depende de la temperatura.

Figura 85. Oxígeno disuelto de fuentes de la zona de estudio



En síntesis, se puede concluir que las fuentes de agua de cuencas del área de estudio en condiciones “normales” de uso, presentan, en general una calidad físico química deficiente, que puede estar asociado a las inadecuadas prácticas de manejo y uso del agua, por falta de sistemas de tratamiento para potabilizar el agua, así como sistemas de tratamiento y disposición las aguas residuales, que podrían servir además, para monitorear, controlar y manejar los parámetros contaminantes producidos por los fenómenos asociados al proceso volcánico sobre las fuentes superficiales.

6.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS

Un sistema de acueducto se define como el conjunto de elementos puntuales y lineales que se interconectan entre sí, para prestar funciones de captación, aducción, sedimentación, conducción, tratamiento almacenamiento y distribución de agua potable en una población, representados en redes de tuberías, estructuras hidráulicas, accesorios y equipos.

Para el inventario de los sistemas se partió como base de la información existente tanto documental como cartográfica sobre fuentes de agua y sistemas de acueducto, entregada por Corponariño, Planeación Departamental de Nariño y el Viceministerio de Agua y Saneamiento del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT¹¹.

La información cartográfica de curvas de nivel y drenajes suministrada por Corponariño, depurada, integrada y complementada, con la finalidad de realizar la zonificación de cuencas del área de estudio.

La información suministrada por Planeación Departamental de Nariño y el MAVDT sobre la caracterización, así como la localización de las fuentes de agua y los sistemas de acueductos presentados, fueron corroboradas en campo, ajustadas y corregidas (en algunos casos, su georreferenciación) las cuales fueron integradas al SIGVULGALERAS para los respectivos análisis de vulnerabilidad.

Las herramientas utilizadas para el trabajo de inventario en campo fueron: formatos estandarizados (**ver Anexo 1**); tres (3) equipos de Geoposicionamiento Global - GPS Garmin 60csx, (configurado en sistema WGS 84) para la respectiva georreferenciación de los componentes del sistema; tres (3) cámaras digitales y tres (3) cintas métricas para medir las dimensiones de los elementos.

En los municipios de estudio se inventariaron y evaluaron 7 sistemas de acueductos, compuestas por 7 captaciones, 7.90 km de aducción, 6 estructuras de sedimentación, 19.84 Km de conducción, 142 accesorios hidráulicos, 11 estructuras de tratamiento, 11 tanques de almacenamiento y aproximadamente 29 Km de red de distribución.

Podemos observar en la figura un cuadro resumen de los sistemas encontrados en los municipios de estudio.

La siguiente tabla se presenta un resumen de los acueductos encontrados en los municipios de estudio.

¹¹ Los documentos revisados fueron: (i). Informe sobre el uso del agua – Corponariño. (ii). Plan de manejo de vertimientos, Anexo 1. Instrumentos para la gestión de la calidad del agua, datos de calidad de las corrientes hídricas, ítem 2 (MAVDT y Corponariño, 2006). (iii). Diagnóstico a nivel técnico e institucional en sus componentes legal, operacional, comercial financiero y organizacional de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo de los Departamentos de Caldas, Quindío, Cauca y Nariño – Informe Técnico N° 2. (MAVDT, 2008) – Municipio de Nariño

Tabla 29. Resumen de los componentes de los acueductos en estudio.

No	Municipio	Acueducto	Captación	Aducción (km)	Sedimentación	Conducción (km)	Accesorios	Tratamiento	Almacenamiento	Distribución (km)
1	Tangua	S. Isabel	1	6,47	1	7,51	16	Cloración	3	7,51
2	Sandóná	San Isidro	2	0,066	1	1,11	1	Cloración	1	13,10
3		Ingenio	1	0,046	1	2,90	78	PTAP	2	
4	La Florida	Panchindo	1	0,17	1	3,38	8	PTAP	1	3,01
5		Sector Oriental	2	0,55	NE	NE	0	Cloración	1	0,4
6		El Cucho	1	0,32	1	1,59	11	ST	1	SD
7	Ancuya	Salado	1	0,067	1	2,84	28	PTAP	2	4,98
TOTALES		7	9	7.69	6	19.84	142	6	11	29
ST: sin tratamiento; NE: no existe; SD: sin dato										

Fuente: CORPOSSO, 2009.

En la siguiente tabla se presenta la cobertura general y principales usos de los sistemas de acueducto de la zona de estudio.

Tabla 30. Cobertura general y usos de los sistemas de acueducto de los municipios

MUNICIPIO	USUARIOS	TIPOS DE CONSUMO	CAUDAL CAPTADO EN VERANO Litros por segundo (LPS)	USO DE AGUA CASCO URBANO - # USUARIOS
LA FLORIDA	El 83% son empresas, juntas administradoras de acueducto y sociedades y el 17% son usuarios particulares	HUMANO 71.4 % RIEGO 14.3 % PECUARIO 14.3 %	El 100% capta el recurso con un caudal mayor a 5 lps	Doméstico: 395, Comercial: 2, Institucional: 17
SANDONÁ	El 67% son empresas, juntas administradoras de acueducto y/o sociedades y el 33% son usuarios particulares.	HUMANO 71.4 % RIEGO 14.3 % OTRAS 14.3 %	El 33% capta el recurso con un caudal entre 0 y 1 lps, el 17% capta el recurso con un caudal entre 1 y 3 lps, el 17% capta el recurso con un caudal entre 3 y 5 lps y el 33% capta el recurso con un caudal mayor a 5 lps	Residencial: 1888, Comercial: 70, Oficial: 33, Industrial: 7, Residencial: 2, Servicios: 65

MUNICIPIO	USUARIOS	TIPOS DE CONSUMO	CAUDAL CAPTADO EN VERANO Litros por segundo (LPS)	USO DE AGUA CASCO URBANO - # USUARIOS
TANGUA	El 71% son empresas, juntas administradoras de acueducto y/o sociedades y el 29% son usuarios particulares	HUMANO 77.8 % RIEGO 22.2 %	El 14% capta el recurso con un caudal entre 1 y 3 lps, el 72% capta el recurso con un caudal entre 3 y 5 lps y el 14% capta el recurso con un caudal mayor a 5 lps.	Doméstico: 678, Comercial: 15, Institucionales: 9
ANCUYA	El 100% son empresas, juntas administradoras de acueducto y/o sociedades.	HUMANO 50.0 % RIEGO 25.0 % PECUARIO 25.0 %	El 75% capta el recurso con un caudal entre 0 y 1 lps y del 25% no se tiene información con referencia a la cantidad de caudal que capta.	Doméstico: 497, Industria: 1, Comercial :92, Institucional: 4, Oficiales: 11

Fuente: Elaborado a partir de Corponariño 2007.

6.3 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS

Con el propósito de determinar la vulnerabilidad física de los componentes del sistema en estudio, se define que el daño que puede causar el colapso físico total de la estructura, es el **daño severo** el cual representa una pérdida total de la funcionalidad y una posibilidad de recuperación nula o mediano plazo una vez se haya manifestado los fenómenos.

Se determino la vulnerabilidad a partir del cruce del inventario de los elementos georreferenciados con los mapas de amenaza del Ingeominas con ayuda del sistema de información geográfica – SIG utilizando el software Mapinfo Professional 9.0 el cual generó información sobre el daño que pueden sufrir los componentes del sistema dada su localización con respecto a los fenómenos.

A partir de los datos generados del software se generaron matrices de causa - efecto, las cuales relacionan respectivamente los fenómenos volcánicos vs. Zona de amenaza y los fenómenos volcánicos vs. Nivel de daño aplicable para los componentes de los sistemas ya sean estos elementos puntuales ó lineales, tal como se aprecian en las figuras siguientes.

Figura 86. Matriz Causa–Efecto Fenómenos volcánicos Vs Zonas de amenaza

		AMENAZA			
		NULA	BAJA	MEDIA	ALTA
FENOMENOS	GRAL				
	FP				
	LV				
	CP				
	FL				
	OCH				
	PB				
	NA				

Figura 87. Matriz Causa–Efecto Fenómenos volcánicos Vs Zonas de amenaza

		DAÑO			
		NULO	LEVE	MODERADO	SEVERO
FENOMENOS	FP				
	LV				
	CP				
	FL				
	OCH				
	PB				
	NA				

Convenciones

GRAL	Amenaza general	FL	Flujo de lodo
FP	Flujo piroclástico	OCH	Onda de choque
LV	Flujo de lava	PB	Proyectiles balísticos
CP	Caída piroclástica	NA	Nube acompañante

Teniendo en cuenta la metodología planteada por la Corporación OSSO, se define que la vulnerabilidad física de los componentes del sistema de estudio, fue determinada con base en el daño severo, debido a que dicho nivel de daño es aquel que puede causar el colapso físico total de la estructura y a su vez representa una pérdida total de la funcionalidad sin una posibilidad de recuperación nula a corto o mediano plazo una vez se hayan manifestado el fenómeno.

Una vez definidos los tramos tanto para acueductos se calculo la longitud total de daño por cada fenómeno determinado en las matrices causa –

efecto que relaciona a los fenómenos volcánicos con el nivel de daño y se lo relaciono con la longitud total del tramo en análisis, para generar el porcentaje de daño con respecto a cada fenómeno; según la metodología de la Corporación OSSO, una vez determinado el porcentaje de daño se obtiene un índice de vulnerabilidad física, el cual se estimó de acuerdo a la tabla No 11 descrita anteriormente.

Tabla 31. Resultado vulnerabilidad individual.

Función	Total elementos	Elementos con daño	% Daño	Vulnerabilidad

Este análisis se realizó tanto para elementos puntuales como para elementos lineales encontrados en el tramo; con el ánimo de encontrar una vulnerabilidad general del sistema en conjunto se elaboró una tabla de interrelación entre los elementos puntuales y lineales a criterio del experto definido por el grupo evaluador a cargo de la Corporación OSSO.

Tabla 32. Relación Vulnerabilidad General

Elemento Lineal	Elemento Puntual	Vulnerabilidad General	Elemento Lineal	Elemento Puntual	Vulnerabilidad General
ALTO	ALTO	ALTO	NULO	ALTO	ALTO
ALTO	MEDIO	ALTO	NULO	MEDIO	MEDIO
ALTO	BAJO	ALTO	NULO	BAJO	BAJO
ALTO	NULO	ALTO	NULO	NULO	NULO
BAJO	ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO
BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	BAJO	MEDIO
BAJO	NULO	BAJO	MEDIO	NULO	MEDIO

Para este caso la vulnerabilidad física se expresa de manera cualitativa, debido a que no siempre la sollicitación y/o la resistencia son cuantificables o fáciles de cuantificar. En muchos casos esto no es posible (aun para vulnerabilidad física) y se tiene que recurrir a indicadores cualitativos.

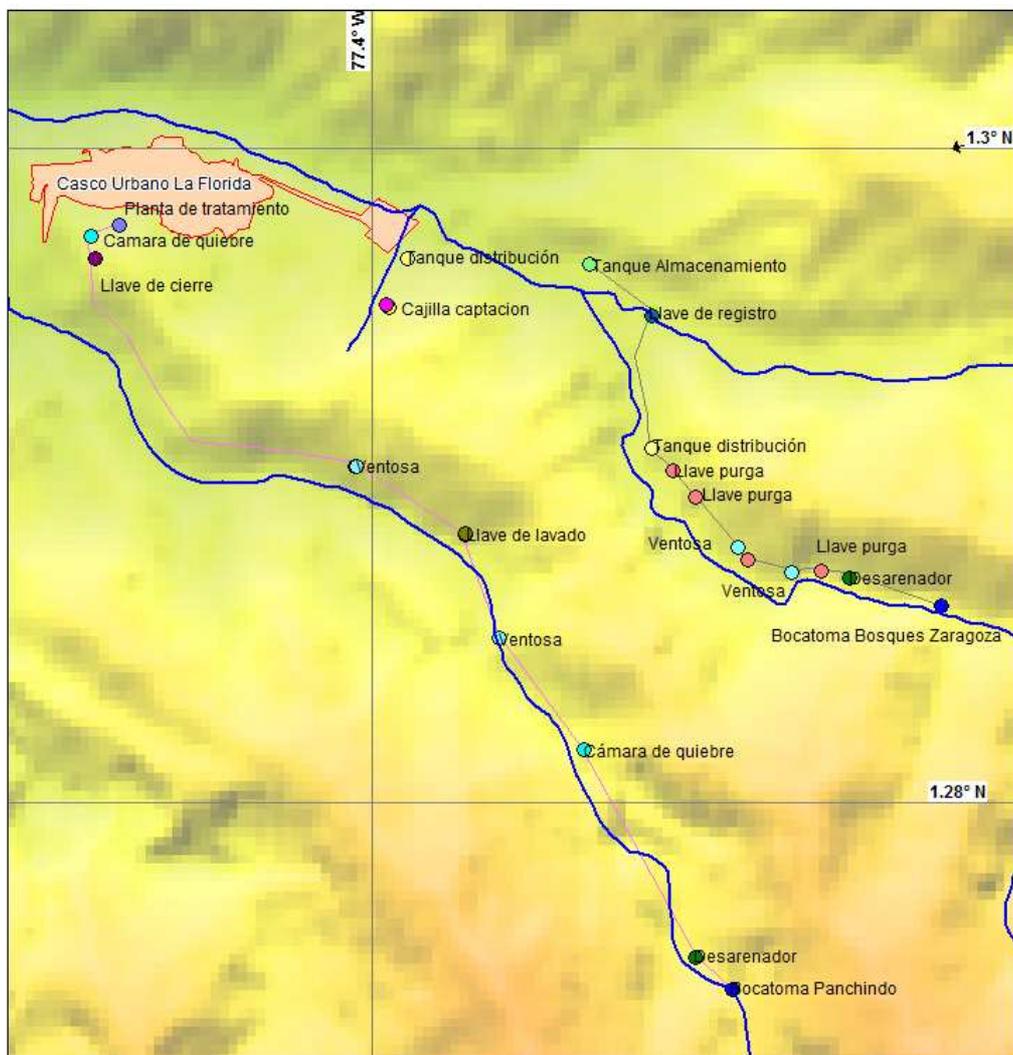
Tabla 33. Resultado Vulnerabilidad General

Elemento	Cantidad	% Exposición	Vulnerabilidad General	% Daño Severo
No. componentes				
Long. Tubería (km)				

Además se determinó la vulnerabilidad física en función de la localización de los elementos, con respecto al fenómeno que se encontraba expuesto a la solicitación (S) y su resistencia (R) al fenómeno, que se define primero que todo, con respecto a su instalación sobre el terreno que puede ser: (i). enterrado; (ii). semienterrado; (iii).elevado; (iv). superficial y segundo de acuerdo a su condición de protección que puede ser (i). al aire libre; (ii). cubierto; (iii) parcialmente cubierta.

6.3.1 Vulnerabilidad física de los sistemas de abastecimiento del municipio de La Florida

Figura 88. Mapa temático – Inventario acueductos La Florida



Convenciones		Bocatoma	Llave de cierre	Ventosa
	Region casco urbano			
	Rios			
	Tuberia Bosques de Zaragoza			
	Tuberia Panchindo			
				
				
				
				

Nota:

Los diversos componentes de los sistemas de acueductos evaluados fueron levantados directamente en campo con ayuda de equipos de GPS y el acompañamiento de los fontaneros encargados del mantenimiento de cada acueducto y funcionarios de la alcaldía municipal.

Las estructuras de aducción y conducción generalmente están enterradas, lo que dificulta su trazado exacto con el equipo GPS. Por lo tanto los trazados que aparecen en los mapas son aproximados y se colocan para indicar la conectividad entre los sitios de captación y distribución en los centros poblados.

Sistema de acueducto Panchindo

Elemento	Long/Can t. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Aducción	0,17			100		CPB, OCHB OCHM	BAJA	0
Conducción	3,38			98,2	1,8	CPB, OCHB, NAM, FPM	BAJA	0
Distribución	3,01	23,9	76,1			CPB, OCHB, NAM, FPM, FLA	ALTA	0

Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Bocatoma	1			100		CPB, OCHM	ALTA	0
Desarenador	1			100		CPB, OCHB	ALTA	0
Accesorios - Tratamiento	6		100			FPM, CPB, OCHB	ALTA	FP (100)
Tanque	1		100			FPM, CPB, OCHB, NAM	ALTA	FP (100) NA (100)
Accesorios – Conducción	8		12,5	87,5		FPM, CPB, OCHB, NAM	BAJA	FP (100) NA (100)

Sistema de acueducto Sector Oriental

Elemento	Long/C ant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Cajilla	2		100			CPB, OCHB, FPM, NAM	ALTA	0
Caseta/Tanque	1	100				CPB, OCHB	ALTA	0

Elemento	Long/C ant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Aducción	0,19	21,1	78,9			CPB, OCHB, FPM, NAM	ALTA	0
Distribución	0,4	100				CPB, OCHB, FLA	ALTA	0

Sistema de acueducto Bosques de Zaragoza

Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Aducción	0,32			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Conducción	1,59	30,2	14,5	55,3		CPB, OCHB, FPM, NAM,	MEDIA	0
Distribución	1,69	100				CPB, OCHB, FLA	ALTA	0

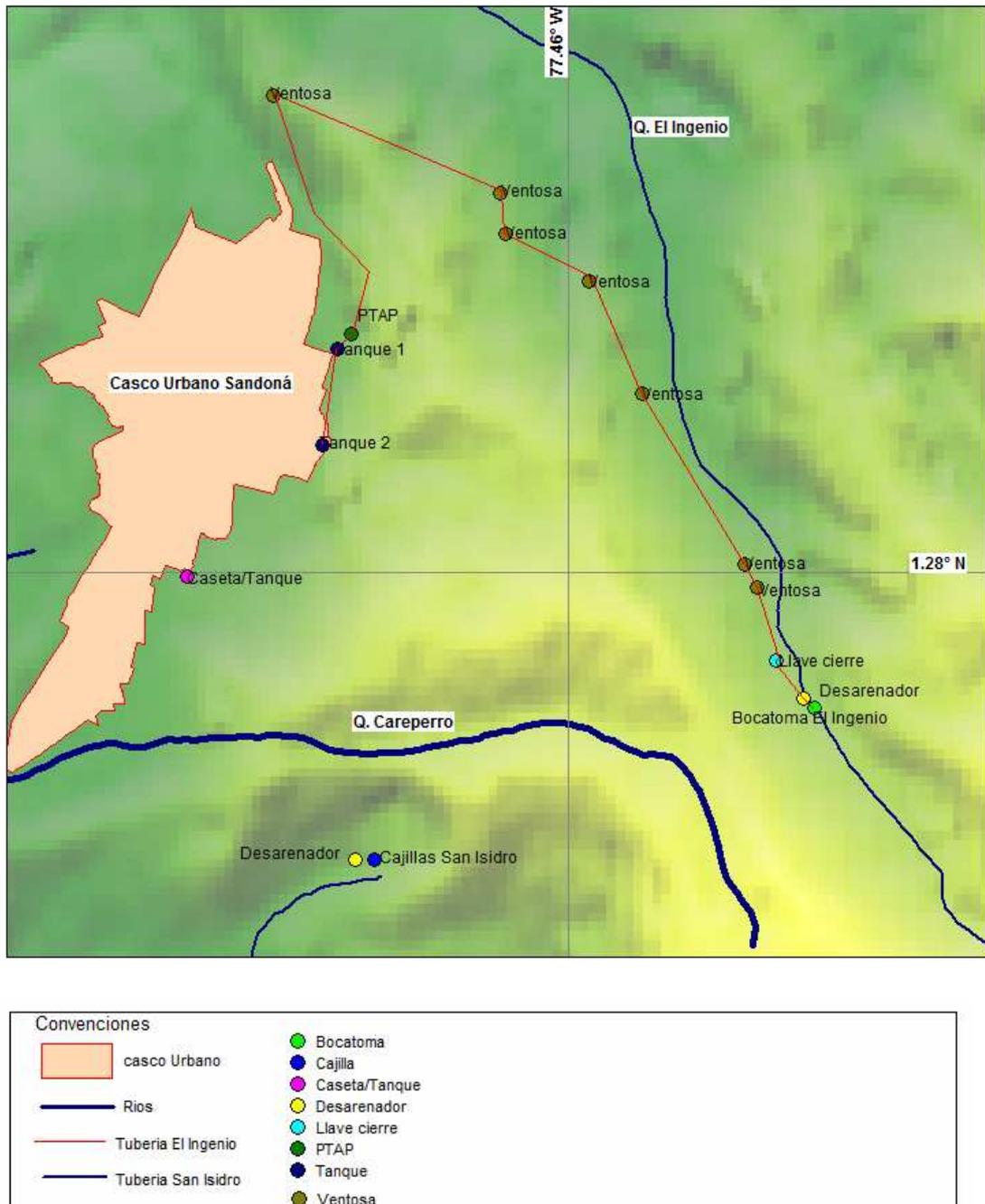
Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Bocatoma	1			100		CPB, OCHB	ALTA	0
Desarenador	1			100		CPB, OCHB	ALTA	0
Accesorios - Conducción	7			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Tanque	1			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Accesorios – Distribución	4	100				CPB, OCHB, FLA	ALTA	FL (75)

Convenciones

FPA	Flujo piraclástico en zona de amenaza alta	OCHM	Onda choque en zona de amenaza media
FPB	Flujo piraclástico en zona de amenaza baja	OCHB	Onda choque en zona de amenaza baja
FPN	Flujo piraclástico en zona de amenaza nula	OCHN	Onda dchoque en zona de amenaza nula
LVA	Flujo de lava en zona de amenaza alta	PBA	Proyectiles balísticos en zona de amenaza alta
LVN	Flujo de lava en zona de amenaza nula	PBM	Onda de choque en zona de amenaza media
CPA	Caída piroclástica en zona de amenaza alta	PBB	Onda de choque en zona de amenaza baja
CPN	Caída piroclástica en zona de amenaza nula	PBN	Onda de choque en zona de amenaza nula
FLA	Flujo de lodo en zona de amenaza alta	NAM	Nube acompañante en zona de amenaza media
FLN	Flujo de lodo en zona de amenaza nula	NAN	Nube acompañante en zona de amenaza nula
OCHA	Onda choque en zona de amenaza alta		

6.3.2 Vulnerabilidad física de los sistemas de abastecimiento del municipio de Sandoná

Figura 89. Mapa temático – Inventario acueductos Sandoná



Nota:

Los diversos componentes de los sistemas de acueductos evaluados fueron levantados directamente en campo con ayuda de equipos de GPS y el acompañamiento de los fontaneros encargados del mantenimiento de cada acueducto y funcionarios de la alcaldía municipal.

Las estructuras de aducción y conducción generalmente están enterradas, lo que dificulta su trazado exacto con el equipo GPS. Por lo tanto los trazados que aparecen en los mapas son aproximados y se colocan para indicar la conectividad entre los sitios de captación y distribución en los centros poblados.

Sistema de acueducto El Ingenio

Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Aducción	0,046			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Conducción	2,899			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Distribución	13,09			100		CPB, OCHB	BAJA	0

Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Bocatoma	1			100		CPB, OCHB	ALTA	0
Desarenador	1			100		CPB, OCHB	BAJA	0
PATP	1			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Tanque ventosa	2			100		CPB, OCHB	BAJA	0
	7			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Accesorios Conducción	3			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Accesorios Distribución	68			100		CPB, OCHB	BAJA	0

Sistema de acueducto San Isidro

Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Aducción	0,066			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Conducción	1,11			100		CPB, OCHB	BAJA	0

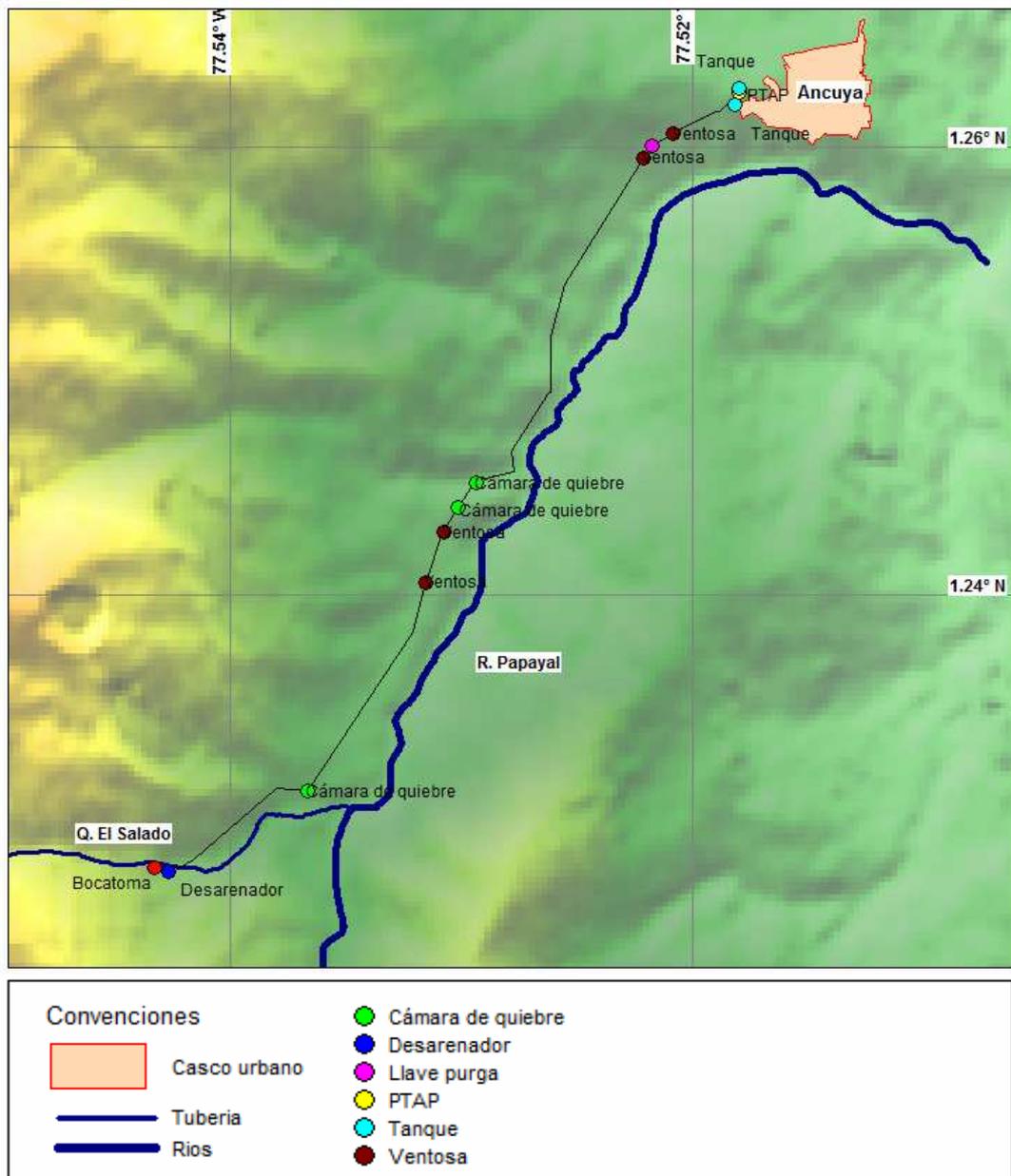
Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Cajilla	2			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Desarenador	1			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Caseta / Tanque	1			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Llave de cierre	1			100		CPB, OCHB	BAJA	0

Convenciones

FPA	Flujo piraclástico en zona de amenaza alta	OCHM	Onda choque en zona de amenaza media
FPB	Flujo piraclástico en zona de amenaza baja	OCHB	Onda choque en zona de amenaza baja
FPN	Flujo piraclástico en zona de amenaza nula	OCHN	Onda dchoque en zona de amenaza nula
LVA	Flujo de lava en zona de amenaza alta	PBA	Proyectiles balísticos en zona de amenaza alta
LVN	Flujo de lava en zona de amenaza nula	PBM	Onda de choque en zona de amenaza media
CPA	Caída piroclástica en zona de amenaza alta	PBB	Onda de choque en zona de amenaza baja
CPN	Caída piroclástica en zona de amenaza nula	PBN	Onda de choque en zona de amenaza nula
FLA	Flujo de lodo en zona de amenaza alta	NAM	Nube acompañante en zona de amenaza media
FLN	Flujo de lodo en zona de amenaza nula	NAN	Nube acompañante en zona de amenaza nula
OCHA	Onda choque en zona de amenaza alta		

6.3.3 Vulnerabilidad física del sistema de abastecimiento del municipio de Ancuya

Figura 90. Mapa temático – Inventario acueductos Ancuya



Nota:

Los diversos componentes de los sistemas de acueductos evaluados fueron levantados directamente en campo con ayuda de equipos de GPS y el acompañamiento de los fontaneros encargados del mantenimiento de cada acueducto y funcionarios de la alcaldía municipal.

Las estructuras de aducción y conducción generalmente están enterradas, lo que dificulta su trazado exacto con el equipo GPS. Por lo tanto los trazados que aparecen en los mapas son aproximados y se colocan para indicar la conectividad entre los sitios de captación y distribución en los centros poblados.

Sistema de acueducto El salado

Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Aducción	0,067				100	OCHB	NULA	0
Conducción	5,114				100	OCHB	NULA	0
Distribución	4,979			100		CPB, OCHB	BAJA	0

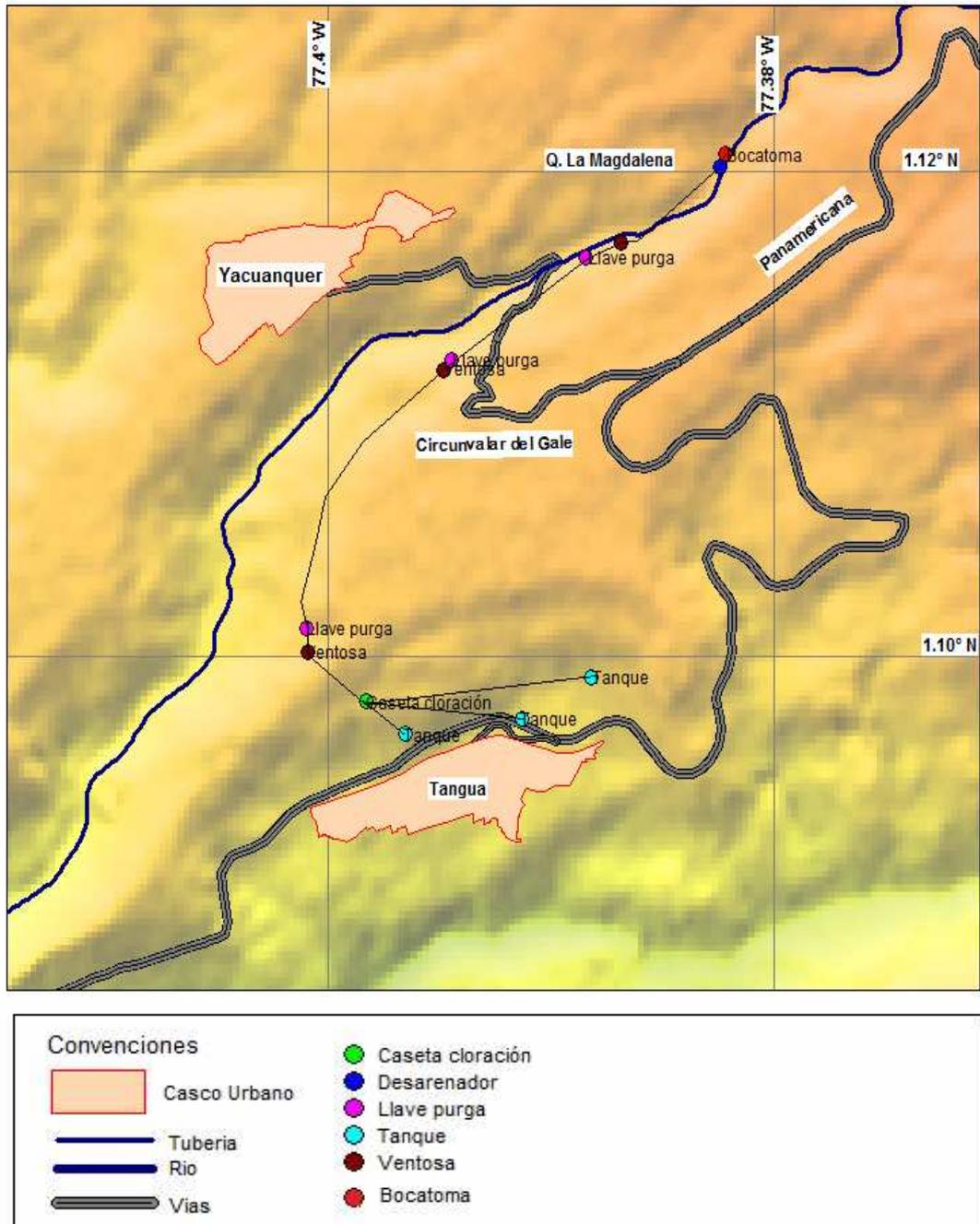
Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Bocatoma	1				100	OCHB	NULA	0
Desarenador	1				100	OCHB	NULA	0
FIME	1				100	OCHB	NULA	0
Tanque	2				100	OCHB	NULA	0
Accesorios Conducción	19				100	OCHB	NULA	0
Hidrantes	3			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Llaves de corte	6			100		CPB, OCHB	BAJA	0

Convenciones

FPA	Flujo piroclástico en zona de amenaza alta	OCHM	Onda choque en zona de amenaza media
FPB	Flujo piroclástico en zona de amenaza baja	OCHB	Onda choque en zona de amenaza baja
FPN	Flujo piroclástico en zona de amenaza nula	OCHN	Onda dchoque en zona de amenaza nula
LVA	Flujo de lava en zona de amenaza alta	PBA	Proyectiles balísticos en zona de amenaza alta
LVN	Flujo de lava en zona de amenaza nula	PBM	Onda de choque en zona de amenaza media
CPA	Caída piroclástica en zona de amenaza alta	PBB	Onda de choque en zona de amenaza baja
CPN	Caída piroclástica en zona de amenaza nula	PBN	Onda de choque en zona de amenaza nula
FLA	Flujo de lodo en zona de amenaza alta	NAM	Nube acompañante en zona de amenaza media
FLN	Flujo de lodo en zona de amenaza nula	NAN	Nube acompañante en zona de amenaza nula
OCHA	Onda choque en zona de amenaza alta		

6.3.4 Vulnerabilidad física del sistema de abastecimiento del municipio de Tangua

Figura 91. Mapa temático – Inventario acueductos Tangua



Nota:

Los diversos componentes de los sistemas de acueductos evaluados fueron levantados directamente en campo con ayuda de equipos de GPS y el acompañamiento de los fontaneros encargados del mantenimiento de cada acueducto y funcionarios de la alcaldía municipal.

Las estructuras de aducción y conducción generalmente están enterradas, lo que dificulta su trazado exacto con el equipo GPS. Por lo tanto los trazados que aparecen en los mapas son aproximados y se colocan para indicar la conectividad entre los sitios de captación y distribución en los centros poblados.

Sistema de acueducto Santa Isabel

Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Aducción	0,19			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Conducción	6,47			22,3	77,7	OCHB	BAJA	0
Distribución	7,5				100	0	NULA	0

Elemento	Long/Cant. (km)	(% de exposición por amenaza volcánica)				Fenómenos a los que está expuesto el elemento	V Física	% Nivel de Daño Severo
		A	M	B	N			
Bocatoma	1			100		CPB, OCHB	ALTA	0
Desarenador	1			100		CPB, OCHB	BAJA	0
Caseta cloración	1				100	0	NULA	0
Tanque	3				100	0	NULA	0
Accesorios Conducción	7			42,9	57,1	CPB, OCHB	BAJA	0
Accesorios Distribución	9				100	0	NULA	0

Convenciones

FPA	Flujo piraclástico en zona de amenaza alta	OCHM	Onda choque en zona de amenaza media
FPB	Flujo piraclástico en zona de amenaza baja	OCHB	Onda choque en zona de amenaza baja
FPN	Flujo piraclástico en zona de amenaza nula	OCHN	Onda dchoque en zona de amenaza nula
LVA	Flujo de lava en zona de amenaza alta	PBA	Proyectiles balísticos en zona de amenaza alta
LVN	Flujo de lava en zona de amenaza nula	PBM	Onda de choque en zona de amenaza media
CPA	Caída piroclástica en zona de amenaza alta	PBB	Onda de choque en zona de amenaza baja
CPN	Caída piroclástica en zona de amenaza nula	PBN	Onda de choque en zona de amenaza nula
FLA	Flujo de lodo en zona de amenaza alta	NAM	Nube acompañante en zona de amenaza media
FLN	Flujo de lodo en zona de amenaza nula	NAN	Nube acompañante en zona de amenaza nula
OCHA	Onda choque en zona de amenaza alta		

6.4 VULNERABILIDAD POR CAÍDA PIROCLÁSTICA

En la tabla 34, se presenta los elementos principales de los sistemas de acueductos con mayor exposición a caída piroclástica.

Tabla 34. Afectación por caída de ceniza sobre componentes de los sistemas de acueducto espesor en (cm)

Municipio	Acueducto	Elemento	Espesor Ceniza (cm)
La Florida	Panchindo	Bocatoma	18,95
		Desarenador	6,93
		Filtro 1	25,21
		Filtro 2	25,21
		Filtro 3	25,17
		Bodega de químicos	25,21
		Tanque contacto cloro	25,11
		Caseta de cloración	25,11
		Tanque de almacenamiento	25,11
		Desarenador	27,43
		Tanque contacto cloro	16,16
		Tanque de almacenamiento	14,36
	El Cucho	Bocatoma	13,66
		Desarenador	24,51
		Tanque distribución hospital	9,39
		Tanque de almacenamiento	6,76
	Sector Oriental	Cajilla 1	22,49
		Cajilla 2	25,22
		Caseta de cloración/Tanque de almacenamiento	26,04
		Caseta de cloración/Tanque de almacenamiento	14,51
		Desarenador	10,13
		Bocatoma	21,22
		Desarenador	21,22
		Tanque de almacenamiento	7,34
		Caseta de cloración/Tanque de almacenamiento	7,4
		Desarenador	6,91
		Tanque 1	18,95
Tanque 2	7,11		
Sandoná	El Ingenio	Bocatoma	21,12
		Desarenador	12,05
		PTAP Convencional	5,62
		Tanque 1	5,61
		Tanque 2	5,63
	San Isidro	Cajilla 1	6,64
		Cajilla 2	6,68
Ancuya	El Salado	Desarenador	11,52
		Caseta de cloración/Tanque de almacenamiento	11
		Bocatoma	4,43
		Desarenador	6,43
		Tanque Zona Alta	14,66
Tangua	Santa Isabel	Tanque Zona Baja	9,48
		PTAP FIME	15,14
		Bocatoma	15,49
		Desarenador	15,24
		Caseta de cloración	21,62
		Tanque Zona Baja	21,45

Municipio	Acueducto	Elemento	Espesor Ceniza (cm)
		Tanque Zona Media	20,06
		Tanque Zona Alta	12,41

6.5 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS

Para evaluar la vulnerabilidad funcional de los sistemas de acueducto del área de estudio, se procedió a realizar un análisis de interdependencia, para conocer cuál es el elemento más importante para el sistema de abastecimiento de agua del sistema. Vale la pena señalar que no todos los acueductos analizados de la zona de estudio, cuentan con todos los componentes básicos para su funcionamiento. De otro lado se analizó la dependencia de cada uno de los componentes de los sistemas, en relación con el resto. Los resultados se presentan en la siguiente tabla, y se hacen los análisis respectivos.

Figura 92. Matriz de interdependencia de los sistemas de acueductos

Elemento Dependiente \ Elemento de Apoyo	Bocatoma	Aducción	Desarenador	Conducción	Tratamiento	Almacenamiento	Distribución	Accesorios	Acceso vial	Suministro Energía	Oficina Administración	Total Importancia	
	Suma	%											
Bocatoma	0	5	3	3	3	3	1	0	0	0	0	18	14
Aducción	0	0	5	3	3	3	1	1	0	0	0	16	12
Desarenador	0	1	0	5	5	3	1	0	0	0	0	15	11
Conducción	0	0	1	0	5	3	1	1	0	0	0	11	8.3
Tratamiento	0	0	0	1	0	5	3	0	0	0	0	9	6.8
Almacenamiento	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0	0	8	6
Distribución	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	5	8	6
Accesorios	0	1	1	5	5	0	5	0	0	0	0	17	13
Acceso vial	3	0	1	0	5	1	0	1	0	0	1	12	9
Suministro Energía	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	3	9	6.8
Oficina Administración	1	1	1	1	3	1	1	1	0	0	0	10	7.5
Total Dependencia	Suma	5	8	12	18	38	20	18	5	0	9	133	
	%	3.86	6	9	14	29	15	14	3.8	0	6.8		100

Nulo = 0, Baja = 1, Moderado = 3, Alta = 5

De acuerdo con los resultados obtenidos de la matriz anterior, el elemento más importante para el funcionamiento del sistema que recibió la calificación más alta (18), fue la bocatoma, seguido de los accesorios hidráulicos del sistema, la aducción y el desarenador. Su importancia radica en que estos elementos son el inicio del sistema y por lo tanto, su afectación interrumpiría todo el funcionamiento del mismo. De otro lado el elemento con mayor dependencia es el tratamiento, es decir que para funcionar requiere de muchos elementos y por lo tanto es más susceptible de fallar.

Figura 93. Nivel de importancia de los componentes del sistema

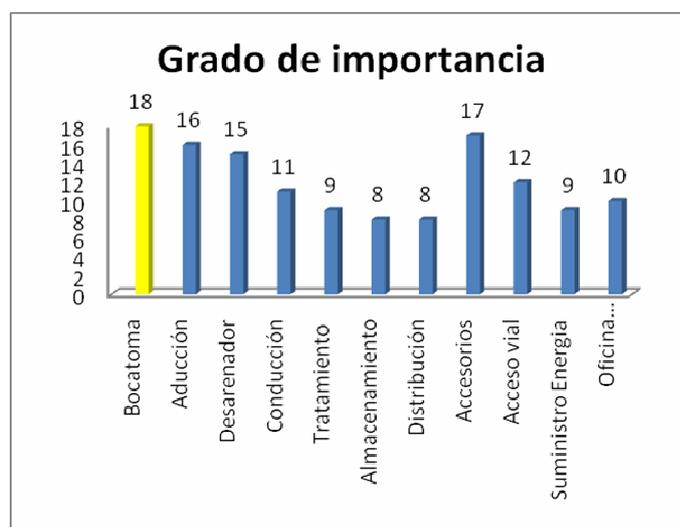
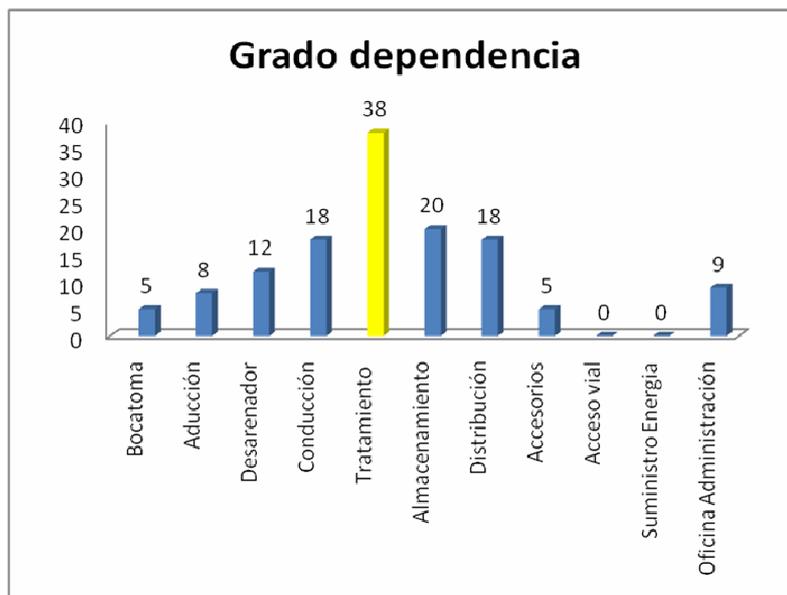


Figura 94. Nivel de dependencia de los componentes



Para la determinación de las jerarquías de variables en el plano (Y/X) de influencias y dependencias y para analizar y establecer las variables o componentes claves; se toman los pares de valores que corresponden a cada variable, es decir los porcentajes del eje de Influencia (Y) y el de Dependencia (X) de cada variable como en el siguiente cuadro.
Valores de % de influencia y dependencia

No	Variabes	Dc	Ic
1	Bocatoma	3.8	14
2	Aducción	6	12
3	Desarenador	9	11
4	Conducción	14	8.3
5	Tratamiento	29	6.8
6	Almacenamiento	15	6
7	Distribución	14	6
8	Accesorios	3.8	13
9	Acceso vial	0	9
10	Suministro Energia	0	6.8
11	Oficina Administración	6.8	7.5

El análisis de la dispersión de los puntos, en el plano, puede ser orientado en base a una caracterización de las Zonas llamadas de Poder, Conflicto, de Salida y de Problemas Autónomos. Aunque el criterio para dividir estas zonas es un tanto arbitrario, la experiencia ha demostrado que tiene una indudable utilidad. Se trata de un promedio (m) que puede variar en cada ejercicio y que se obtiene de la forma siguiente:

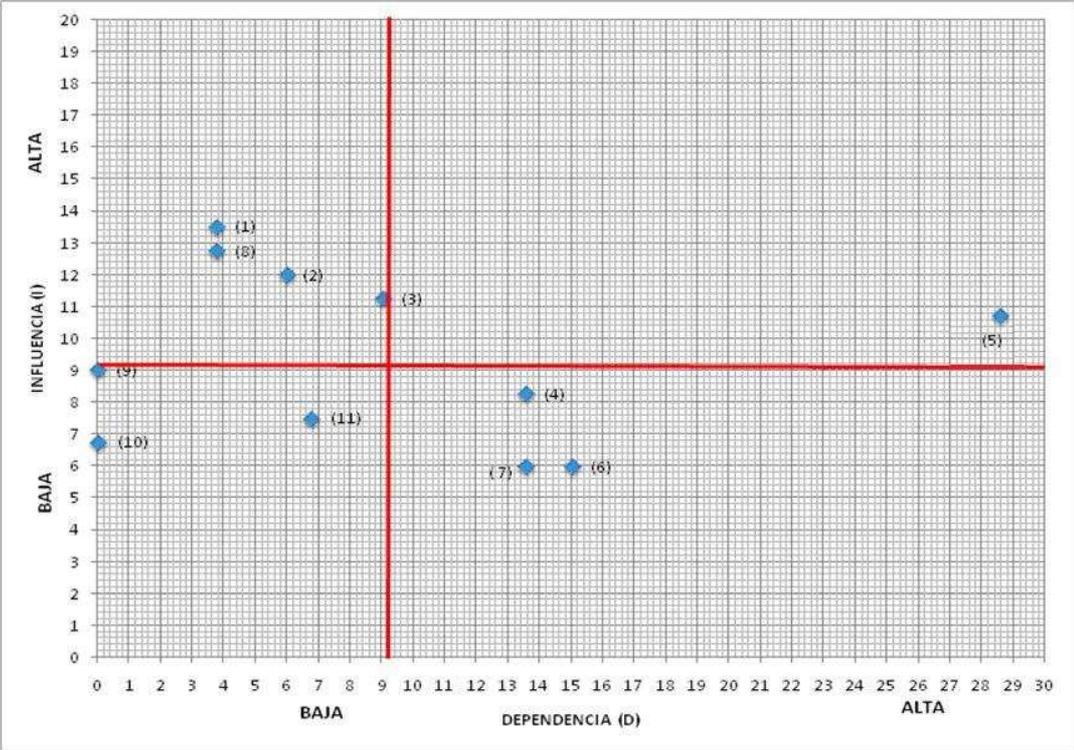
$m=100/n$; donde: n= número de variables

Aplicando la fórmula al caso que hemos tomado como ejemplo tenemos que:
n = 11

Luego: $m = 100/11=9.1$

Es decir que la división de las zonas, en este ejemplo, se haría a partir de valor de 9.1%

Figura 95. Plano de influencias y dependencias



7. CONCLUSIONES

Los resultados del análisis arrojaron el grado de daño que sufrirán los sistemas de acueductos no solo a la caída de ceniza volcánica sino a los siete fenómenos volcánicos (Flujos piroclásticos, Flujos de lodo, Flujos de lava, Onda de choque, Nube acompañante, Proyectiles balísticos y caída de ceniza) sobre todo en los sistemas de acueductos de la Florida ya que parte del casco urbano se encuentra en zona de amenaza alta, logrando demostrar el grado de exposición en que se encuentra cada componente del sistema de una manera cualitativa.

Estos resultados generaron insumos para la evaluación de la vulnerabilidad física y funcional de los sistemas de acueductos en que se encontraban expuestos, siendo este un proyecto piloto en la región que tiene como objeto contribuir con medidas que ayuden a reducir la vulnerabilidad.

Como resultado se obtuvo que los sistemas de acueductos más vulnerables son los del municipio de la Florida a fenómenos volcánicos como flujos de lodo, flujo de lava, nube acompañante, fenómenos que podrían afectar severa o totalmente la infraestructura, así mismo se encuentran vulnerable a la caída piroclástica pero esta afectaría directamente su funcionalidad.

Los acueductos de Sandoná, Ancuya y Tangua se ven afectados a caída piroclástica y los daños por los otros fenómenos volcánicos es bajo o nulo lo que indica que la vulnerabilidad ante esos fenómenos también es nula y que estos podrían verse afectados únicamente en el aspecto funcional y no en lo físico.

Dado que el municipio de La Florida se encuentra en zona de amenaza alta se determino que el suministro de agua podría realizarse a partir de fuentes localizadas en las partes altas de las cuencas de las quebradas Honda y Curiaco-Chupadero, identificadas con un Alto potencial de uso por tener indicadores de rendimiento hídrico, contaminación por ceniza, distancia al volcán favorables para las zonas de reasentamiento, cabe anotar que para futuras inversiones se necesita un nivel mayor de detalle tal como lo estipula en la Norma Ras 2000, las posibles nuevas fuentes complementarían las ya existentes que surten los acueductos comunitarios de Matituy, Tunja Grande y Duarte.

La ceniza volcánica no solo afecta a los sistemas de abastecimiento y calidad del agua sino que también pueden ocasionar daños a la salud publica dado que esta constituida principalmente por dióxido de azufre presentando irritación y desarrollo de silicosis, en pacientes con enfermedades pulmonares o bronquiales se pueden presentar complicaciones, abrasiones e irritaciones en las corneas debido a los

cristales de azufre que contiene la ceniza, posible desarrollo de enfermedades cancerígenas a causa de los microelementos de bromo volcánico que pueden formar parte del agua y durante la potabilización generar trihalometanos, en general ocasionar problemas de salud a mediano y largo plazo.

Al mismo tiempo los efectos causan daño en la atmósfera e impacto en el ecosistema si las emanaciones son frecuentes, llevando a generar también problemas sociales y económicos.

Entre los municipios de La Florida, Sandoná, Ancuya Y Tangua se encuentran aproximadamente mas de 60.000 personas (según el DANE) expuestas a todos los fenómenos volcánicos y sus efectos.

Todo esto se logro gracias a la participación de todo el grupo de la Corporación OSSO, ejecutora del proyecto y demás instituciones de la región que colaboraron con la transferencia de información presentando al final un producto de calidad, al mismo tiempo se ayuda a capacitar personal en el tema de gestión del riesgo para promover nuevos proyectos afines al tema.

Con los insumos generados (documentos, cartografía, etc.) pueden utilizarse en la iniciación de una campaña dirigida a toda la comunidad para la concientización de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo por encontrarse ubicados en una zona de amenaza volcánica.

8. RECOMENDACIONES

Dar a conocer los estudios de vulnerabilidad a todas las alcaldías municipales y a las empresas de prestadoras de servicios públicos para que sirva de indicador base para poner implementar medidas que reduzcan la vulnerabilidad.

Lograr que los nuevos proyectos de inversión en infraestructura de acueductos tome como base estos estudios como una técnica de construcción en zona de amenaza volcánica.

Cubrir las bocatomas para evitar que se encuentre en exposición directa a una eventual caída de ceniza evitando así que se incremente los niveles de acidez y turbidez.

Agregar un agente coagulante o floculante ya que la ceniza fina puede permanecer en suspensión durante largo tiempo (días a semanas), siendo alumbre (sulfato de aluminio) la mejor opción.

Evitar que sustancias contaminantes tanto las generadas por las actividades antrópicas como las generadas por la actividad volcánica puedan afectar la calidad del agua captada, por tal razón es necesario proteger las unidades expuestas (captaciones, sedimentadores, tanques) cubriendo con plástico, tol, zinc o materiales de la zona. Mediante esta protección se puede disminuir el uso de tratamientos costosos de purificación.

Proteger en zonas de caída de ceniza y contaminación externa los sedimentadores, desarenadores o filtros usando estructura metálica de bajo costo para sostener un techado de fibrocemento o eternit.

Evaluar periódicamente las características físico – químicas bacteriológicas del agua a que se capta en los sistemas de abastecimiento actuales y en uso.

Asegurar la continuidad del servicio, impidiendo o reduciendo los daños que puedan provocar los fenómenos asociados al proceso volcánico del Galeras, a partir de la identificación de las zonas de mayor exposición definidas en el mapa de Ingeominas y teniendo en cuenta los resultados del estudio de vulnerabilidad en el tema agua: que para el caso de fenómenos como flujos piroclásticos, flujos de lodo, nube ardiente, aplicar la redundancia construyendo sistemas alternos, que se diseñen y se construyan en zona de menor exposición, teniendo en cuenta que la fuente de agua no provenga del Volcán.

Definir la posibilidad de suspender el funcionamiento de la planta de tratamiento, o unidad expuesta a la ceniza volcánica, sin embargo a fin de mantener el servicio a la población se recomienda implementar un by-pass en las unidades expuestas de la planta de tratamiento, a fin de que se brinde el servicio de una manera provisional cuando ocurra el fenómeno.

Implementar y desarrollar un plan de control de calidad del agua en los sistemas de tratamiento, así como monitoreo continuo en las fuentes y captaciones para asegurar que el agua que llegue a los usuarios sea de buena calidad.

Brindar la protección adecuada y recuperación de la cobertura de los bosques a las cuencas y fuentes de agua iniciando campañas de reforestación de la zona y conciencia en los pobladores del mal uso que se está dando a este recurso tanto en actividades como la agricultura y ganadería

Estudiar la factibilidad de construcción de más tanques de almacenamiento en cada uno de los municipios que puedan abastecer por cierto tiempo mientras se desecha el agua contaminada en todos los elementos del sistema y se le hace el respectivo lavado de cada uno de ellos.

Dar a conocer al público en general el estudio así como las medidas de mitigación a desarrollar.

9. BIBLIOGRAFÍA

CAMPO de Ferreras, Alicia; ALVARADO, Mariana; CISNEROS Jackeline. Determinación de las zonas de riesgo hídrico asociado a la dispersión de cenizas del Volcán Cayambe – Cantón Cayambe. XXXI Curso internacional de geografía aplicada, geografía ambiental: “Uso y manejo del agua”. CEPEIGE, 2003.

CORPONARIÑO. Anexo 1. Instrumentos para la gestión de la calidad del agua, datos de calidad de las corrientes hídricas. Ítem 2 Equipo técnico Programa de tasas retributivas por vertimiento PSMV, laboratorio de aguas, 2007.

CORPORACIÓN OSSO (Observatorio Sismológico del Sur Occidente). Comprendiendo la vulnerabilidad física y funcional de poblaciones. Cali: Corporación OSSO, 2008.

CORPORACIÓN OSSO (Observatorio Sismológico del Sur Occidente). Estudio de vulnerabilidad física y funcional a fenómeno volcánicos, en el área de influencia del Volcán Galeras: propuesta técnico-económica. Cali: Corporación OSSO, 2006.

IDEAM – MAVDT. Guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia (Decreto 1729) de 2002. Segunda versión. Instituto de investigaciones ambientales – IDEAM; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. Colombia, 2003.

INGEOMINAS (Instituto Geológico de Minas y Energía). Atlas de Amenaza Volcánica en Colombia. Popayán: Impretec Ltda, 1999.

INGEOMINAS (Instituto Geológico de Minas y Energía). Mapa de amenaza volcánica del Galeras (tercera versión). Santafé de Bogotá: INGEOMINAS, 1997.

INGEOMINAS. Volcán Galeras: generalidades. (en línea). En: Observatorio vulcanológico y sismológico de Pasto. San Juan de Pasto: 3 ago. 2008 (consultada: 3 ago. 2008). Disponible en la dirección electrónica: <http://intranet.ingeominas.gov.co/pasto/images/3/35/Generalidades2.PDF>

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DEL INTERIOR Y JUSTICIA. Documento CONPES 3501. Santa fe de Bogotá: Presidencia de la República de Colombia, 2007.

ANEXO 1
Formatos para el inventario de fuentes y
sistemas de acueductos



Libertad y Orden
Ministerio del Interior
y de Justicia

**Estudio de vulnerabilidad física y funcional a fenómenos volcánicos,
en el área de influencia del Volcán Galeras – Convenio de
Cooperación N° 1005-08-12-07 entre el Fondo Nacional de
Calamidades/DPAD y la Corporación OSSO**



Dirección de
Prevención y Atención
de Desastres

BOCATOMA

CONTEXTO ESPACIAL

Ficha Foto Departamento Municipio
 Corregimiento Vereda Comuna
 Georreferenciación (hddd.ddddd° - WGS84) Latitud . Longitud .
 Altitud msnm
 Entidad o persona que administra el sistema Fuente:

CONTEXTO FUNCIONAL

Caudal: Lps Años de servicio Continuidad: Si No
Funcionamiento: Estado bocatoma: Bueno Regular Malo Estado rejilla: Bueno Regular Malo Horas de funcionamiento
 Gravedad Bombeo Otro Mantenimiento? Si No
 Periódico Cada días
 Cuenta con un sistema de medición de caudal?
 No Si Cual?

CONTEXTO FÍSICO

Dimensiones L m A m H m
Tipo de bocatoma Fondo Lateral Otro
Material Bocatoma Concreto Otro
Rejilla Dimensiones L m A m
 Diámetro varilla pulg
 Espaciamiento varilla cm
 No. de varillas
Material de rejilla Metálico Otro
 Señales de deterioro? Si No
 Antigüedad Socavación Fugas
 Fisuras Desgaste paredes Otro

Cámara de Recolección L m A m H m
 El sistema cuenta con un sistema de rebose? No Si Diámetro: pulg
 El sistema cuenta con un sistema de Desagüe-Lavado? No Si Diámetro: pulg

OBSERVACIONES

ADUCCION

CONTEXTO ESPACIAL

Ficha Inicio	<input type="text"/>	Ficha Final	<input type="text"/>	Foto	<input type="text"/>
Georreferenciación(hddd.ddddd° - WGS84) Inicio	Latitud	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Longitud	<input type="text"/>
Georreferenciación(hddd.ddddd° - WGS84) Final	Latitud	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Longitud	<input type="text"/>

CONTEXTO FUNCIONAL

Años de servicio ?	<input type="text"/>	Continuidad:	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
Funcionamiento:	Estado:	Acceso:	Horas de funcionamiento	<input type="text"/>			
Gravedad	Buena	A pie	Mantenimiento? Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
Bombeo	Regular	Vehículo	Periódico	<input type="checkbox"/>	Cada	<input type="text"/>	días
Otro	Mala	Aire	<input type="text"/>				

CONTEXTO FÍSICO

Material Aducción	Diámetro	<input type="text"/>	pulg.	Localización	Tipo de conducto							
P.V.C	Longitud	<input type="text"/>	m	Superficial	Canales abiertos							
A.C.				Semi-enterrada	Tuberías							
Gres				Enterrada								
Otros				Señales de deterioro ? Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>					
<input type="text"/>	Antigüedad	<input type="text"/>	Fugas	<input type="checkbox"/>	Porosidad	<input type="text"/>						
	Fisuras	<input type="text"/>	Falla en uniones	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Existen cámaras de quiebre ?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Válvulas compuerta?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>			
Numero:	<input type="text"/>	Dimensiones	L	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	Numero:	<input type="text"/>			
			A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	Válvulas ventosa ?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
			H	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	m	Numero:	<input type="text"/>			
								Válvulas purga ?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
								Numero:	<input type="text"/>			

OBSERVACIONES

DESARENADOR

CONTEXTO ESPACIAL

Ficha Foto
Georreferenciación (hddd.ddddd° - WGS84) Latitud Longitud
Altitud msnm

CONTEXTO FUNCIONAL

Mantenimiento? Si No Estado: Bueno
Periódico Acceso: Regular Años de servicio?
Cada días A pie Vehículo Aire Continuidad: Si No
Horas de funcionamiento
Malo

CONTEXTO FÍSICO

Dimensiones L m A m H m
Material Localización Tipo Aireación? Si No
Concreto Superficial Convencional Tipo
Prefabricado Semi-enterrado Placas inclinadas Cono # Ø pulg.
Gres Enterrado Otros Codo PVC # Ø pulg.
Otros #
Señales de deterioro? Si No Cuenta un sitio de disposición de lodos? Si No
Antigüedad Fugas Otro Fisuras Infiltración Cuenta con by-pass? Si No
Diámetro
Cuenta con un sistema de rebose? No Si Diámetro: pulg. Cuenta con un sistema de Desagüe-Lavado? No Si Diámetro: pulg.
Cámara de Aquietamiento Dimensiones L m A m H m

OBSERVACIONES

CONDUCCION

CONTEXTO ESPACIAL

Ficha Inicio Ficha Final Foto

Georreferenciación(hddd.ddddd° - WGS84) Inicio Latitud Longitud

Georreferenciación(hddd.ddddd° - WGS84) Final Latitud Longitud

CONTEXTO FUNCIONAL

Años de servicio ? Continuidad: Si No

Funcionamiento: Estado: Acceso: Horas de funcionamiento

Gravedad Bueno A pie Mantenimiento? Si No

Bombeo Regular Vehículo Periódico Cada días

Otro Malo Aire

CONTEXTO FÍSICO

Material Conducción P.V.C
 A.C.
 Gres
 Otros

Diámetro pulg.
Longitud m

Localización
Superficial
Semi-enterrada
Enterrada

Tipo de conducto
Canales abiertos
Tuberías

Señales de deterioro ? Si No

Antigüedad Fugas Porosidad

Fisuras Falla en uniones Otro

Existen cámaras de quiebre ? Si No

Wálvulas compuerta? Si No

Numero: Dimensiones

1 2 3

L m
A m
H m

Wálvulas ventosa ? Si No

Numero:

Wálvulas purga ? Si No

Numero:

OBSERVACIONES

5. TRATAMIENTO

TIPO PTAP Convencional FIME Caseta de Cloración

Funciona ? Si No

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

CONTEXTO ESPACIAL

Ficha Foto Altitud msnm
 Georreferenciación (hddd.ddddd° - WGS84) Latitud Longitud

CONTEXTO FUNCIONAL

Mantenimiento? Si No
 Periódico Cada días
Continuidad: Si No
 Horas de funcionamiento

Estado:
 Bueno
 Regular
 Malo

Disposición
 Serie
 Paralelo
 Único

Acceso:
 A pie
 Vehículo
 Años de servicio?

CONTEXTO FÍSICO

Dimensiones L m A m H m
Material Concreto Prefabricado Gres
Tipo Elevado Distribución Compensación
Disposición Superficial Semi-enterrada Enterrada
 Volumen m3
 No. Tanques
Aireación? Si No
Tipo
 Cono # Ø pulg
 Codo PVC # Ø pulg
 Otros

Señales de deterioro? Si No
 Antigüedad Fugas Infiltración Otro

OBSERVACIONES

RED DE DISTRIBUCION

CONTEXTO ESPACIAL

Ficha Inicio Ficha Final Foto
 Georreferenciación(hddd.ddddd° - WGS84) Inicio Latitud Longitud
 Georreferenciación(hddd.ddddd° - WGS84) Final Latitud Longitud

CONTEXTO FUNCIONAL

Años de servicio ?	<input type="text"/>	Continuidad: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Horas de funcionamiento	<input type="text"/>
Funcionamiento:	Estado:	Nivel de servicio	Cobertura:	Mantenimiento?
Gravedad <input type="text"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Urbano <input type="text"/> %	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Bombeo <input type="text"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Rural <input type="text"/> %	Periódico <input type="checkbox"/>
Otro <input type="text"/>	Malo <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>		Cada <input type="text"/> días
<input type="text"/>				
Cuenta con Macromedición	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
Cuenta con Micromedición	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			

CONTEXTO FISICO

Material	<input type="text"/>	Diámetros	<input type="text"/> pulg	Longitud	<input type="text"/> m	Existe hidrantes de calle Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> # <input type="text"/>
	<input type="text"/>		<input type="text"/> pulg		<input type="text"/> m	Existe válvula de corte Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> # <input type="text"/>
	<input type="text"/>		<input type="text"/> pulg		<input type="text"/> m	Existe válvula de Lavado Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> # <input type="text"/>
	<input type="text"/>		<input type="text"/> pulg		<input type="text"/> m	
				Longitud Total	<input type="text"/> m	

OBSERVACIONES

Responsables		
Levantado por	<input type="text"/>	Sistematizado por <input type="text"/>
Fecha (AMD)	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Fecha (AMD) <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

Formato para evaluación de cuencas



Estudio de vulnerabilidad física y funcional a fenómenos volcánicos,
en el área de influencia del Volcán Galeras – Convenio de
Cooperación N° 1005-08-12-07 entre el Fondo Nacional de
Calamidades/DPAD y la Corporación OSSO



CONTEXTO ESPACIAL

Ficha	<input type="text"/>	Foto	<input type="text"/>	Departamento:	<input type="text" value="Nariño"/>	Municipio	<input type="text"/>
Corregimiento	<input type="text"/>	Vereda	<input type="text"/>	Comuna	<input type="text"/>		
Cuenca a la que pertenece	<input type="text"/>	Georreferenciación de la fuente (hddd.ddddd° - WGS84)					
Nombre Microcuenca	<input type="text"/>	Inicio	Latitud	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Longitud	<input type="text"/>
		Medio	Latitud	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Longitud	<input type="text"/>
Codificación	<input type="text" value="520"/>	Orden	<input type="text"/>	Final	Latitud	<input type="text"/>	Longitud <input type="text"/>

CARACTERIZACION

Área (ha)	<input type="text"/>	Perímetro (m)	<input type="text"/>	Caudal captado (L/s)	<input type="text"/>	Disponibilidad Buena	<input type="checkbox"/>
						Regular	<input type="checkbox"/>
						Mala	<input type="checkbox"/>
Clima							
T° med (°c)	<input type="text"/>	Precipitación anual (mm)	<input type="text"/>	Estado Microcuenca	Arborización	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> B
T° max (°c)	<input type="text"/>	Brillo solar (h)	<input type="text"/>		Pastos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> B
Humedad (%)	<input type="text"/>	Evaporación (mm)	<input type="text"/>		Deforestación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> B
				Contaminación	Si	<input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> B
				Vertimientos	Si	<input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> B

CALIDAD AGUA

Lugar	Caudal (L/s)	pH	Turbiedad	Oxígeno disuelto	Sólidos totales	Sólidos suspendidos	DBO5	DQO
Aguas arriba								
Parte media								
Aguas abajo								

CONTEXTO FUNCIONAL

Uso fuente									
Consumo humano	<input type="checkbox"/>	Ganadería	<input type="checkbox"/>	Piscícola	<input type="checkbox"/>	Riego	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="text"/>

EXPOSICION

Flujos piroclastos	<input type="checkbox"/>	Cenizas	<input type="checkbox"/>	Proyectiles balísticos	<input type="checkbox"/>	Concentración de gases	<input type="checkbox"/>
Flujos de lava	<input type="checkbox"/>	Flujo de lodo	<input type="checkbox"/>	Ondas de choque	<input type="checkbox"/>	Lluvia acida	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

Ficha	<input type="text"/>	Fecha (AMD)	<input type="text"/>	Levantado por	<input type="text"/>
Sistematizado por	<input type="text"/>	Fecha (AMD)	<input type="text"/>		

CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS Y FUENTES

