

CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

- 1.1 INTRODUCCIÓN
- 1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
- 1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO
- 1.4 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES, DIAGNÓSTICO Y MARCO CONCEPTUAL

- 2.1 INTRODUCCIÓN
- 2.2 ANTECEDENTES
- 2.3 DIAGNÓSTICO: DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA
- 2.4 MARCO CONCEPTUAL

CAPÍTULO 3. ESTUDIOS BÁSICOS

- 3.1 INTRODUCCIÓN
- 3.2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE
- 3.3 CARTOGRAFÍA BASE
- 3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA
- 3.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA
- 3.6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA
- 3.7 MEDIO BIÓTICO

CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA URBANA

- 4.1 INTRODUCCIÓN
- 4.2 CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN
- 4.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS EDIFICACIONES.
- 4.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS
- 4.5 FACTOR ANTRÓPICO

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

- 5.1 INTRODUCCIÓN
- 5.2 AMENAZA POR INUNDACIÓN
- 5.3 AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
- 5.4 AMENAZA POR INESTABILIDAD DE MÁRGENES

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

- 6.1 INTRODUCCIÓN
- 6.2 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS
- 6.3 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS
- 6.4 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO
- 6.5 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
- 6.6 PERCEPCIÓN DE LA COMUNIDAD Y DAÑOS ASOCIADOS A EVENTOS OCURRIDOS

6.7 VULNERABILIDAD DE LA SOCIEDAD

CAPÍTULO 7. VALORACIÓN DEL RIESGO

7.1 DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

7.2 MITIGABILIDAD DE RIESGO

CAPÍTULO 8. PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO

8.1 INTRODUCCIÓN

8.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES

8.3 PLAN GENERAL DE ACCIÓN

8.4 NIVEL DE RESPONSABILIDAD

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 10. BIBLIOGRAFÍA

CONTENIDO

1 GENERALIDADES.....	1-1
1.1 INTRODUCCIÓN	1-1
1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	1-1
1.2.1 Localización general	1-1
1.2.2 Generalidades.....	1-2
1.2.3 Área de estudio.....	1-3
1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO	1-4
1.3.1 Objetivo general.....	1-4
1.3.2 Objetivos específicos	1-4
1.3.3 Alcances del estudio	1-5
1.3.3.1 Estudios básicos	1-5
1.3.3.2 Evaluación de amenazas	1-5
1.3.3.3 Evaluación de vulnerabilidad.....	1-6
1.3.3.4 Evaluación del riesgo	1-6
1.3.3.5 Plan de medidas de mitigación de riesgos	1-6
1.3.3.6 Identificación e inventario de viviendas en riesgo no mitigable	1-6
1.3.3.7 Gestión con los municipios para incorporar los resultados en los POT	1-6
1.4 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	1-6
1.4.1 Evaluación preliminar.....	1-6
1.4.2 Elaboración de la cartografía base	1-7
1.4.3 Análisis geológico y geomorfológico	1-7
1.4.4 Análisis hidrológico	1-7
1.4.5 Análisis hidráulico	1-7
1.4.6 Análisis geotécnico	1-8
1.4.7 Análisis detallado de la amenaza.....	1-8
1.4.8 Análisis detallado de la vulnerabilidad	1-8
1.4.9 Evaluación del riesgo.....	1-8
1.4.10 Plan de medidas de mitigación de riesgos	1-8
1.4.11 Identificación de viviendas en riesgo no mitigable	1-9
1.4.12 Gestión del riesgo con los municipios.....	1-9
1.4.13 Informe final.....	1-9

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- 1 Localización general del área urbana del corregimiento de Belén de Bajirá en el Municipio de Mutatá.....	1-2
Figura 1- 2 Vista general de la vereda de Belén de Bajirá (Zona Urbana Consolidada)..	1-3
Figura 1- 3 Predios Ubicados cerca de las márgenes del Río Bajirá.	1-3
Figura 1- 4 Viviendas Ubicadas en la ladera oriental	1-4

ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS DE ORIGEN NATURAL EN EL CENTRO POBLADO DE BELÉN DE BAJIRÁ DEL MUNICIPIO DE MUTATÁ

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Corpourabá, a través del Contrato de Consultoría No 200-10-01-09-0178-11 en el marco del Plan de Acción para la Atención de la Emergencia y la Mitigación de sus Efectos - PAAEME, acordó con el Consorcio JAM-IGR la realización de un estudio para la zonificación de amenazas y riesgos de origen natural en las áreas urbanas de los municipios de Frontino, Giraldo, San Juan de Urabá y San Pedro de Urabá, y en los centros poblados de Pavarandocito y Belén de Bajirá del municipio de Mutatá, como herramienta fundamental en la planificación del territorio.

La necesidad de llevar a cabo el estudio obedece a que en las áreas urbanas de estos municipios se ha incrementado el riesgo causado por eventos de origen natural como inundaciones, erosión fluvial e inestabilidad de taludes, debido en gran parte al fenómeno de la Niña que ha azotado al país en el año 2010 - 2011. En estos últimos años se han presentado eventos críticos de inundaciones y erosión fluvial en los cauces de las corrientes que cruzan las áreas urbanas de los municipios mencionados y han afectado las comunidades de los barrios construidos en las zonas de riesgo.

El desarrollo de los trabajos contempla la realización de las siguientes actividades: levantamiento topográfico, levantamiento geológico, zonificación geomorfológica, análisis de información climática, hidrológica e hidráulica, análisis de antecedentes, e identificación de procesos, con base en lo cual se llevará a cabo la evaluación de amenazas, evaluación de vulnerabilidad y evaluación del riesgo. A partir de los resultados obtenidos se presentará un plan de mitigación de riesgos y la identificación e inventario de viviendas en zonas de riesgo no mitigable, además de que se adelantará la gestión con los municipios para incorporar los resultados del proyecto en los planes de ordenamiento territorial.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.2.1 Localización general

Mutatá está localizado en la zona noroccidental del Departamento de Antioquia, y es la puerta de entrada al Urabá Antioqueño, con una extensión de 121.084 ha (1210 km²). El municipio se encuentra sobre la carretera troncal Medellín - Turbo a 139 kilómetros de Turbo, 58 Km de Chigorodó, 56 Km de Dabeiba y a 238 Km de Medellín. Al norte limita con los municipios de Chigorodó y Turbo, al Sur con Dabeiba, al occidente Riosucio (Chocó) y al oriente Tierralta (Córdoba) e Ituango (Antioquia).

El Municipio está localizado en el piedemonte de la serranía de Abibe en una ramificación de las estribaciones de la cordillera occidental, que corresponde una parte a la región Caribe (parte oriental y montañosa); esta región comprende la mayor parte del litoral del océano Atlántico la cual a su vez presenta subregiones; la otra parte del territorio pertenece a la región Pacífica (parte occidental y plana).

La vereda de Belén de Bajirá está ubicada al noroccidente de la cabecera urbana del municipio de Mutatá al cual corresponde su jurisdicción, se encuentra a 37 km de la cabecera municipal por la vía Mutatá - Caucheras – Belén de Bajirá, en el área limítrofe entre el departamento de Antioquia y Chocó, lo que ha ocasionado discusiones por su jurisdicción con el departamento vecino, toda vez que se es un eje central de comunicación entre el Urabá Antioqueño y Riosucio (Chocó).

Belén de Bajirá se encuentra ubicada en la actualidad en una zona plana delimitada por una pequeña ladera, el Río Bajirá y el Caño el Indio.

En la Figura 1- 1 Se presenta la localización a nivel regional de la zona de estudio.

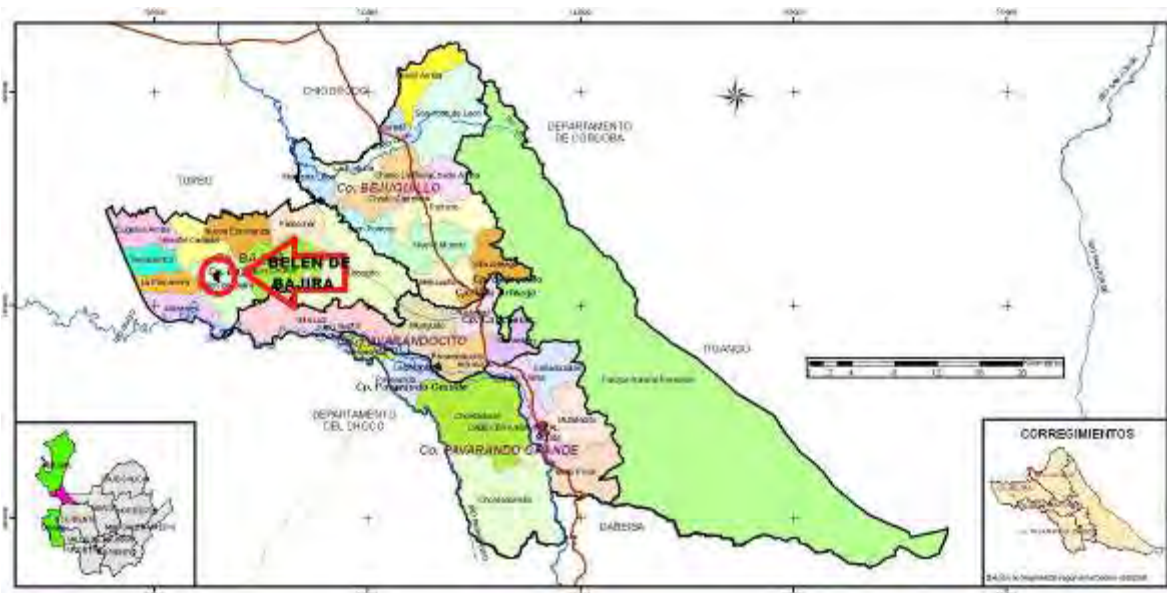


Figura 1- 1 Localización general del área urbana del corregimiento de Belén de Bajirá en el Municipio de Mutatá.

Fuente: Municipio de Mutatá

1.2.2 Generalidades

Belén de Bajirá está ubicada a 24 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son 7°22'21" latitud Norte y 76°42'53" longitud Oeste y el centro poblado de Belén de Bajirá ocupa un área aproximada de 112 Ha (1,12 km²). Tiene una población de 7000 habitantes aproximadamente.

Su topografía es relativamente plana, con una ladera de 10° de inclinación, que quiere decir que cada 5 (cinco) a 7 (siete) metros en dirección horizontal sube en 1 (uno) metro

en la vertical; dicha ladera tiene una altura aproximada de 50 metros, comenzando en la cota 24 hasta la cota 74 donde se ubican las antenas.

En la Figura 1- 2 se presenta una fotografía general de la zona de estudio.



Figura 1- 2 Vista general de la vereda de Belén de Bajirá (zona urbana consolidada).
Fuente: Propia

1.2.3 Área de estudio

La zona de estudio, se encuentra dentro del corregimiento de Belén de Bajirá del municipio de Mutatá en lo que corresponde a su centro poblado – urbano, siendo de interés para el estudio el área de influencia del río Bajirá y el caño el Indio. Además es también de interés del estudio analizar el riesgo asociado a la ladera oriental donde se ubican las antenas y donde hay emplazadas algunas viviendas. Ver Figura 1- 3 y Figura 1- 4.



Figura 1- 3 Predios ubicados cerca de las márgenes del Río Bajirá.
Fuente: Propia



Figura 1- 4 Viviendas ubicadas en la ladera oriental

En periodos invernales el río y la quebrada crecen invadiendo el área urbana de la vereda, por tal motivo varias de las edificaciones se encuentran elevadas a 1 o 2 metros del terreno en estructura palafítica, además se encuentra en una zona de alta precipitación.

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

1.3.1 Objetivo general

Zonificar las amenazas y riesgos de origen natural del área urbana de la vereda de Belén de Bajirá en el municipio de Mutatá como herramienta fundamental en la planificación del territorio.

1.3.2 Objetivos específicos

Se plantea realizar un proyecto de zonificación por amenazas y riesgos en el área urbana de la vereda de Belén de Bajirá en el municipio de Mutatá, siendo estructurado por los siguientes elementos:

- Realizar la zonificación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo en el área urbana del centro poblado de acuerdo a una evaluación multidisciplinaria y técnica.
- Realizar la evaluación geológica, geomorfológica e hidráulica que proporcione los criterios básicos para la determinación del grado de amenaza por inundación.
- Realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geotécnica que proporcione los criterios básicos para la determinación del grado de amenaza por procesos de remoción en masa.

- Realizar un diagnóstico y caracterización de la zona urbana en cuanto a viviendas y población, asociando sus características a su respuesta frente a los eventos amenazantes.
- Elaborar un plan de mitigación para garantizar la estabilidad, funcionalidad y habitabilidad de las edificaciones e infraestructura en riesgo, que incluya el diseño de las obras de mitigación que deberán realizarse a corto plazo y un inventario de viviendas en riesgo no mitigable.
- Realizar la gestión para incorporar los resultados del estudio a los planes de ordenamiento territorial de los municipios.

1.3.3 Alcances del estudio

El estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural del área urbana del centro poblado de Belén de Bajirá contempla los siguientes aspectos:

1.3.3.1 Estudios básicos

Los estudios básicos considerados son los siguientes:

- Geología y geomorfología: Realización de un levantamiento geológico en una base cartográfica a escala adecuada (1:2000), además de un diagnóstico que contemple la descripción litológica, origen, espesor, distribución, perfiles y características estructurales. Además se considera la elaboración de una zonificación geomorfológica del área de estudio en donde se detallen los procesos morfodinámicos actuantes.

- Clima, Hidrología, hidráulica e Hidrogeología: Además del análisis de la información climática disponible, se considera una evaluación hidrológica e hidráulica, incluyendo la realización del levantamiento topográfico necesario del cauce y de las orillas del río Bajirá y caño el Indio, con detalles de taludes, barras, paramentos y vías en la zona de influencia o de alcance de los procesos de inundación y erosión fluvial y con secciones transversales a lo largo de las corrientes hídricas y perfil del mismo.

- Exploración Geotécnica: Se realizará en aquellas zonas donde se requiera caracterizar las condiciones geotécnicas de acuerdo a las recomendaciones del estudio geológico y geomorfológico.

1.3.3.2 Evaluación de amenazas

La evaluación de amenazas se realizará de acuerdo con la caracterización geológica, geomorfológica e hidráulica en el área urbana del centro poblado. La zonificación de amenazas será trabajada sobre una base cartográfica a escala adecuada.

1.3.3.3 Evaluación de vulnerabilidad

En el análisis de vulnerabilidad se determinará el grado de exposición y predisposición del área de estudio ante los fenómenos amenazantes identificados, y contempla la evaluación de la vulnerabilidad física, ambiental y socio-económica.

1.3.3.4 Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo es el resultado de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, a fin de determinar las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios eventos. La evaluación de riesgo será presentada como una zonificación sobre una base cartográfica a escala adecuada.

1.3.3.5 Plan de medidas de mitigación de riesgos

De acuerdo con la identificación de las viviendas y/o infraestructura en riesgo mitigable, serán presentadas las medidas de mitigación del riesgo para cada una de las categorías definidas en la respectiva evaluación.

1.3.3.6 Identificación e inventario de viviendas en riesgo no mitigable

En el plano de riesgo se identificarán las viviendas e infraestructura ubicadas en zonas de riesgo no mitigable.

1.3.3.7 Gestión con los municipios para incorporar los resultados en los POT

Se ejecutará un plan de gestión con los municipios incluyendo reuniones de socialización del proyecto, reuniones con los funcionarios municipales para desarrollar el ejercicio de incorporación del proyecto en el POT y la generación de un documento técnico que sirva de soporte y herramienta para que los municipios incorporen los resultados del proyecto en los POT.

1.4 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Para el desarrollo del estudio se considera la realización de una serie de actividades según se describe a continuación:

1.4.1 Evaluación preliminar

Esta actividad comprende inicialmente la realización de una visita de campo a los sectores de interés para el desarrollo del estudio, por parte del grupo de profesionales y especialistas considerado. Con base en los aspectos observados en la visita de campo se elaborará un diagnóstico preliminar de la problemática encontrada, a partir del cual se orientará el desarrollo de las demás actividades.

Dentro de esta actividad también se incluye la recopilación y análisis de información secundaria, que corresponde a la consulta y adquisición de toda la información disponible que pueda resultar de utilidad para la realización del estudio. Las fuentes de esta

información secundaria incluyen IGAC, Ingeominas, Catastro, DANE, SISBEN, entre otros.

1.4.2 Elaboración de la cartografía base

Para la generación de la cartografía base se considera inicialmente la realización del levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico de los sectores de interés, a partir una georeferenciación adecuada, incluyendo la toma de secciones transversales de las corrientes de agua a estudiar en cada sitio, y detallando las vías existentes, las obras de drenaje, protección y/o contención, además de la ubicación de los paramentos de la zona urbana aledaños a las corrientes de agua estudiadas.

Como resultado de lo anterior se generarán mapas topográficos a escala acorde con los lineamientos del proyecto, los cuales servirán de base para la elaboración de los diferentes mapas temáticos requeridos en el desarrollo del estudio. La elaboración de la cartografía base también comprende la identificación de la estructura existente y la recopilación de cartografía predial y social a partir de la información disponible.

1.4.3 Análisis geológico y geomorfológico

Incluye la revisión y análisis de información de referencia encontrada para cada sitio, además de los aspectos observados en la visita de campo, con el fin de identificar los rasgos litológicos y procesos morfodinámicos existentes en la zona de estudio. Como resultado de esto se generará un mapa de zonificación geomorfológica del área de estudio.

1.4.4 Análisis hidrológico

El análisis hidrológico comprende inicialmente la caracterización física de la zona de estudio y la caracterización hidrológica general a partir de los aspectos observados en la visita de campo y de lo encontrado en la información secundaria consultada. Esta actividad también incluye la recopilación de información como valores de precipitación, temperatura, evaporación o brillo solar, con base en la cual se debe adelantar la respectiva evaluación de los aspectos climatológicos de la zona de estudio.

1.4.5 Análisis hidráulico

Este análisis incluye la revisión de antecedentes de inundación y socavación, el análisis del manejo actual de las aguas de escorrentía y la realización de un inventario de procesos de inundación y erosión, a partir de la información obtenida al inicio del estudio, de lo observado en la visita de campo y de los datos suministrados por los pobladores de los sectores afectados por estos fenómenos. También comprende el análisis del sistema de drenaje y el cálculo de crecientes para diferentes periodos de retorno. Como resultado de la identificación de las zonas afectadas por fenómenos de inundación, socavación y procesos erosivos se generarán los planos de localización y zonificación respectivos.

1.4.6 Análisis geotécnico

Con base en la información geológica, geomorfológica y geotécnica disponible, y a partir de lo observado en la visita de campo, se llevará a cabo un inventario de los procesos de inestabilidad de las márgenes de las corrientes de agua u otros procesos considerados en el desarrollo del estudio. A partir de lo anterior se establecerá un plan de exploración geotécnica y de ensayos de laboratorio, con base en el cual se pueda llevar a cabo una adecuada caracterización geotécnica de los materiales encontrados en cada sector, con el fin de realizar posteriormente los análisis geotécnicos que se requieran, tanto para evaluación de la estabilidad de las márgenes como de capacidad de soporte para las obras de protección o mitigación que se diseñen.

1.4.7 Análisis detallado de la amenaza

El análisis de la amenaza se hace de acuerdo con los criterios geomorfológico e hidrológico de acuerdo con los requerimientos técnicos de los documentos contractuales del proyecto. A partir de lo obtenido en los análisis de amenaza se generarán planos de zonificación en los que se delimitarán los sectores expuestos a diferentes grados de amenaza definidos cualitativamente, para lo cual se empleará la cartografía base definida anteriormente. El análisis de amenazas también comprende la definición de los procesos generadores de daño y el planteamiento inicial de alternativas para el manejo de los problemas encontrados.

1.4.8 Análisis detallado de la vulnerabilidad

Al inicio de esta actividad se considera la identificación y caracterización de los elementos expuestos, que corresponden tanto a las edificaciones como a las obras de infraestructura que pueden resultar afectadas, además de la definición de los modos de daño que pueden sufrir dichos elementos. Para la identificación de los elementos expuestos se llevará a cabo la realización de un inventario de viviendas y de obras de infraestructura situadas en las zonas urbanas en los sectores aledaños a la corriente de agua considerada. El análisis detallado de la vulnerabilidad comprende tanto la valoración de la vulnerabilidad física como la valoración de la vulnerabilidad social, por lo que para la realización de los inventarios de viviendas se tendrán en cuenta ambos aspectos.

1.4.9 Evaluación del riesgo

Inicialmente se presentará la definición de los criterios de decisión, para posteriormente presentar los escenarios del riesgo y realizar la evaluación del mismo. El riesgo se define con base en la amenaza y la vulnerabilidad en un mapa a escala 1:2000, que califica de manera cualitativa (alto, medio, bajo) la magnitud esperada del daño que podría presentarse en la vivienda por la materialización de las diferentes amenazas.

1.4.10 Plan de medidas de mitigación de riesgos

Inicialmente se hace la definición y evaluación de alternativas de mitigación, para lo cual se tendrá en cuenta su funcionalidad frente al desarrollo social sostenible, su factibilidad y la relación costo/beneficio, de cada una de las alternativas planteadas. Dentro de las medidas de mitigación a considerar se encuentran la restricción del uso del suelo, la

reubicación de familias, la definición de zonas de aislamiento, la información pública y la implementación de obras de protección y control.

1.4.11 Identificación de viviendas en riesgo no mitigable

Con base en la información obtenida en los inventarios de viviendas y en la evaluación del riesgo se identificarán las viviendas situadas en zonas de riesgo no mitigable.

1.4.12 Gestión del riesgo con los municipios

Se ejecutará un plan de gestión con los municipios, el cual incluirá actividades como la realización de reuniones de socialización del proyecto y reuniones con los funcionarios municipales para desarrollar el ejercicio de incorporación del proyecto en el POT.

1.4.13 Informe final

Al final del desarrollo de los estudios se elaborará un documento que contenga lo indicado en las secciones anteriores.

CONTENIDO

2	ANTECEDENTES, DIAGNÓSTICO Y MARCO CONCEPTUAL.....	2-1
2.1	INTRODUCCIÓN.....	2-1
2.2	ANTECEDENTES	2-1
2.2.1	Aspectos hidrográficos y geológicos descritos en el POT	2-1
2.2.1.1	Hidrografía.....	2-1
2.2.1.2	Geología y Geomorfología	2-2
2.2.2	Eventos y amenazas identificadas en el POT.....	2-3
2.2.2.1	Amenaza Sísmica.....	2-4
2.2.2.2	Amenaza por movimientos en masa	2-6
2.2.2.3	Amenazas por inundación.....	2-6
2.2.3	Evento de Septiembre de 2010.....	2-8
2.2.4	Diciembre de 2011	2-11
2.3	DIAGNÓSTICO: DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA.....	2-12
2.4	MARCO CONCEPTUAL.....	2-17
2.4.1	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE	2-17
2.4.1.1	Generación de Cartografía Base.....	2-17
2.4.1.2	Caracterización física	2-18
2.4.2	MODELOS DE ANÁLISIS	2-20
2.4.2.1	Evaluación de la Amenaza por inundación	2-20
2.4.2.2	Evaluación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales.....	2-20
2.4.2.3	Evaluación de la Amenaza por inestabilidad de las márgenes y fenómenos de remoción en masa.....	2-21
2.4.2.4	Análisis de Vulnerabilidad	2-21
2.4.2.5	Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes	2-22
2.4.2.6	Plan de medidas de reducción del riesgo	2-23
2.4.3	MARCO METODOLÓGICO PARA EVALUACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO.....	2-25
2.4.3.1	Análisis detallado de la amenaza.....	2-26
2.4.3.2	Análisis detallado de la vulnerabilidad	2-28
2.4.3.3	Análisis detallado del riesgo.....	2-29

LISTA DE FIGURAS

Figura 2- 1	Puente de acceso al Barrio Belencito 2. Época seca	2-8
Figura 2- 2	Puente de acceso al Barrio Belencito 2. Época invernal.	2-9
Figura 2- 3	Zona más inundable Barrio 4 de Agosto	2-9
Figura 2- 4	Zona inundable Barrio el progreso	2-10
Figura 2- 5	Barrio el progreso un mes después de la inundación.....	2-10
Figura 2- 6	Viviendas sobre Caño el Indio	2-11
Figura 2- 7	Inundación barrio Buenos Aires por río Bajirá.....	2-13
Figura 2- 8	Inundación barrio El indio por caño del mismo nombre.....	2-13

Figura 2- 9 Inundación Barrio el centro	2-14
Figura 2- 10 Inundación Barrio 4 de Agosto.....	2-14
Figura 2- 11 Encharcamiento Barrio El Progreso.....	2-15
Figura 2- 12 Intervención antrópica en cortes, sector la colina.....	2-15
Figura 2- 13 Erosión hídrica unida a intervención de las márgenes	2-16
Figura 2- 14 Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo.....	2-21

2 ANTECEDENTES, DIAGNÓSTICO Y MARCO CONCEPTUAL

2.1 INTRODUCCIÓN

Se presenta a continuación la conceptualización del estudio y la problemática de riesgo natural por inundación, avenidas torrenciales y/o fenómenos de remoción en masa, a partir de la valoración respectiva de la amenaza y la vulnerabilidad asociada a cada evento sobre los drenajes y laderas vecinas que delimitan el área urbana del centro poblado de Belén de Bajirá en el municipio de Mutatá.

2.2 ANTECEDENTES

A continuación se describen los estudios anteriores, los eventos relevantes y demás acontecimientos que permitan aportar información primaria y caracterizar los posibles daños.

2.2.1 Aspectos hidrográficos y geológicos descritos en el POT

2.2.1.1 Hidrografía

En el municipio de Mutatá se presentan tres cuencas hidrográficas principales las cuales son los ríos Bajirá y Sucio (vertientes del Atrato), y la del río León vertiente del océano Atlántico en el Golfo de Urabá.

A partir de Mutatá el río Sucio se despliega en una llanura aluvial amplia, con un régimen trezado e inestable, susceptible a inundaciones durante todo el año por el acelerado proceso de apertura del bosque y expansión de áreas ganaderas. Los afluentes localizados entre Dabeiba y Mutatá drenan las áreas de mayor pluviosidad en toda la cuenca. Esta zona registra también el máximo pluviométrico en la cuenca con valores anuales cercanos a 5000 mm.

Los eventos de creciente en el Cañón del Río Sucio están principalmente asociados a tormentas de tipo orográfico que suceden entre fines de la tarde y primeras horas de la noche. Las características hidráulicas del río Sucio y sus afluentes determinan flujos de alta velocidad y capacidad erosiva. Las mayores incidencias de crecientes extremas corresponden a los meses de mayo y octubre produciendo inundaciones en los poblados del corregimiento de **Bajirá y Pavarandocito** en Mutatá.

Tal vez la característica más clara de las aguas del río Sucio es su alta turbidez asociada a un transporte de sedimentos muy considerable. Las condiciones de depositación y el trenzamiento del río en la zona aluvial indican además un activo transporte de carga de fondo. En este sector el río se emplea para evacuar las maderas hacia el Atrato y el golfo.

El río Sucio se caracteriza por la multiplicidad de brazos y canales de variado ancho, hasta de 150 m, con un cauce de muy poca profundidad.

Los principales afluentes del río sucio son:

Margen derecha: Ríos Tasidó, Bedó, Mutatá, quebrada Daida; riachuelos Longani y Longanicitos; río Cañaduzales; quebradas Candi, Barrígamo y Aguas Claras; río Surrumbay, quebrada Antazalez y caños Mungudo y Bajirá.

Margen izquierda: Quebradas La Mina, Los Cacaos, Uraudó, Llano Grande, La Secreta y el río Pavarandó.

Por otra parte el río Bajirá nace en la vereda Leoncito con el nombre de caño Tirrimiguidó y hasta su desembocadura en el río Sucio recorre una distancia de 27 km, algunos de ellos navegables desde el núcleo urbano de Bajirá. Sus principales afluentes, por la margen derecha son, en su orden, la quebrada los Cedros y el caño el Indio de 12 y 6 km de longitud respectivamente; ambos son causantes de inundaciones en las áreas que bañan. Su cauce es de reciente formación y el aumento de su caudal se ha dado posiblemente como consecuencia del incremento de las aguas de escorrentía superficial por la deforestación, lo cual ha motivado las inundaciones en los últimos años, afectando incluso al propio poblado.

La información hidrológica disponible para el río Bajirá es muy fragmentaria y tan solo se puede indicar que el caudal medio es del orden de 10 m³/s, lo que indica un rendimiento hídrico de aproximadamente 154 l/s/km², aún más alto que los observados en el río León (INAT, 1995).

Se destaca el mes de septiembre como el de mayor caudal, un período de altas descargas de septiembre a diciembre, uno de caudal muy bajo en el trimestre de enero a abril y un período de descargas medias intercalado entre los anteriores. Los caudales medios oscilan entre 2 y 20 m³/s.

El río Bajirá se caracteriza por tener pendientes bajas, con valores entre 0.2 % y 0.02%, con tramos intermedios que oscilan alrededor de 0.1%.; además, presenta una relativa variabilidad en la conformación de su cauce. El canal posee anchos que fluctúan entre 10 y 40 m, y alturas de banca entre 2 y 4 m., sin embargo, profundidades mayores se observan en la margen derecha frente al casco de Belén de Bajirá.

El cauce principal del Bajirá, se caracteriza por una relativa variabilidad de la conformación de su cauce. El canal posee anchos que fluctúan entre 10 y 40 m, y alturas de banca entre 2 y 4 m. Sin embargo profundidades mayores se observan en la margen derecha frente al casco de Belén de Bajirá.

2.2.1.2 Geología y Geomorfología

La zona de interés para el estudio en mención que contempla los centros poblados de Belén de Bajirá y Pavarandocito se enmarcan dentro de una macrounidad geomorfológica denominada "MACROUNIDAD GEOMORFOLOGICA DE ABANICO Y LLANURA ALUVIAL" y a continuación se describe su conformación litológica:

2.2.1.2.1 Rocas Ígneas Terciarias

Son cuerpos que forman cerros testigos con una elevación inferior a 50 metros, los cuales se encuentran en los alrededores de Bajirá. Su composición corresponde a una cuarzdiorita con variaciones a diorita.

2.2.1.2.2 Sedimentos Cuaternarios (Q)

El cuaternario en el Municipio está conformado por depósitos de origen aluvial y/o coluvial relacionados con la dinámica de los principales ríos (Tasidó, Bedó, Chadó, Porroso, Surrambiae, la Fortuna, Villarteaga, Sucio y Mutatá) y por la gran llanura aluvial de Mutatá-Turbo.

En particular la cabecera municipal se encuentra asentada sobre depósitos aluviales y aluvio-torrenciales del cuaternario medio-superior originados a partir de los ríos Sucio y Mutatá (INGEOMINAS, 1991). Los perfiles observados sobre el margen derecho del río a la altura del barrio la Paz, conformados por material tamaño grava subredondeado y con escasa presencia de limos y arcillas, sugieren un ambiente de formación torrencial. El sector occidental del Municipio está conformado por una llanura aluvial en zonas inundables de los ríos Sucio, León y sus afluentes. Presenta gran cantidad de áreas planas o ligeramente inclinadas, conformada por sedimentos de composición muy variada que depende de la procedencia de estos. Los corregimientos de Pavarandocito, Bajirá y el sector de Llano Rico se encuentran dentro de esta unidad litológica.

La Llanura Aluvial está ubicada en las llanuras de inundación de los ríos Sucio-León, conformados por aportes de sedimentos cuaternarios fluviales. Se caracteriza por ser un relieve plano con poca permeabilidad en sus suelos, los cuales están conformados en su mayoría por limos estratificados con arena, sobre la plataforma de rocas del terciario, aunque en algunos sitios existe material mucho más grueso alcanzando tamaños grava, lo cual determina un pobre drenaje superficial y la acumulación de aguas subterráneas (INAT, 1995). Dentro de esta macrounidad se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas y geformas de origen aluvial: Meandros, terrazas, barras, playas y basines.

La socavación lateral es un fenómeno que está restringido a los márgenes de los ríos, donde ocurren desgarres o pequeños desplomes por la constante degradación de los suelos en la base de los taludes, lo cual los desestabiliza. Se da como respuesta al cambio de dinámica y dirección de los ríos, en la cual, como en los procesos anteriores, los factores antrópicos afectan esta dinámica. Este es un proceso que está afectando los asentamientos humanos de los corregimientos de Bajirá, Pavarandocito y Mutatá, debido a la dinámica de los ríos Bajirá, Sucio y Mutatá respectivamente.

2.2.2 Eventos y amenazas identificadas en el POT

Se considera amenaza de origen geológico a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno o evento de tipo geológico que pueda afectar negativamente un área

determinada. Dentro de las amenazas observadas son sísmica, fenómenos de remoción en masa e inundación.

2.2.2.1 Amenaza Sísmica

En general se entiende por amenaza sísmica a la probabilidad de que un sismo de cierta magnitud ocurra en una zona en un periodo futuro. En la actualidad pueden controlarse hasta cierto punto los efectos de los sismos, conociendo el tipo de sismo máximo que puede presentarse en una región determinada y de acuerdo a esto, desestimulando las construcciones en el área, reforzando las estructuras ya existentes o construyendo bajo las normas requeridas.

Debido a que las principales causantes de los sismos son las fallas, las cuales son estructuras de cientos de kilómetros y en ocasiones del orden de miles, estas pueden afectar grandes regiones que obviamente superan el contexto municipal. Es por esto que para este análisis toda la región de Urabá tiene características similares. En este orden de ideas, el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, publicado en 1996 por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, ha enmarcado a todos los municipios del eje central dentro de una zona de amenaza sísmica alta. Esta clasificación se debe a que el noroccidente Colombiano se encuentra en una zona de alta actividad sísmica bajo la influencia de varias sismofuentes (volúmenes de la corteza terrestre con alta actividad sísmica). Algunas sismofuentes reconocidas en el área de influencia en el noroccidente de Antioquia son las siguientes:

SISMOFUENTE DE MURINDO: Está ubicada dentro del municipio de Murindó, en los alrededores de los límites Antioquia-Chocó. En la actualidad es un área de alta actividad sísmica, responsable de los sismos del 17 y 18 de octubre de 1992, con magnitudes 6.7 y 7.3 en la escala Richter. La liberación de esfuerzos en esta sismofuente es producida por las fallas Murrí-Mutatá y Murindó. Los sismos producidos son superficiales, lo cual no permite una gran atenuación de la onda sísmica antes de alcanzar la superficie de la corteza, por lo que son sentidos con gran intensidad dentro del área de influencia.

SISMOFUENTE DE FRONTINO: Está ubicada al norte del municipio del mismo nombre. Sus características son similares a la sismofuente de Murindó, por lo que algunos autores la consideran una misma sismofuente. La poca profundidad de los eventos generados en estas dos sismofuentes, hacen sus zonas de influencia de alta amenaza sísmica (Estrada, 1998)

SISMOFUENTE DEL DARIEN: Esta sismofuente se localiza en el área de la frontera Colombo-Panameña, entre 6 a 7° norte y 78 a 83° oeste. Se caracteriza por una fuerte sismicidad que se interpreta como la consecuencia del cabalgamiento de la microplaca Panamá sobre el bloque Andino. (Estrada, 1998).

SISMOFUENTE ZONA DE SUBDUCCION: Esta sismofuente se localiza al occidente de Colombia y es ocasionada por la liberación de tensiones consecuencia del doblamiento de la placa Nazca al subducir por debajo de Suramérica. Esta sismofuente se ha dividido en los segmentos norte, central y sur. El segmento norte se encuentra entre 6,5 y 8° de latitud norte, es decir dentro del área de influencia de este estudio.

Aunque la información que se tiene de esta sismofuente es escasa, se conoce que los sismos poseen magnitudes pequeñas con profundidades alrededor de 30 Km (Estrada, 1998).

Tabla 2-1 Recopilación de sismos ocurridos en el NW de Antioquia y Norte de Chocó

MUNICIPIO	COORDENADAS EPICENTRO	FECHA/ (magnitud si se conoce)
Turbo	N 8,5° W 76,2°	Sep.7/1882
Urrao	N 6,4° W 76,4°	Dic. 1/1903
Mutatá (Pavarandocito)	N 7,5° W 76,4°	Feb. 14/1952 M=6.2.
Dabeiba	N 7,0° W 76,0°	Dic. 12/1957
Frontino	N 6,7° W 76,5°	Feb. 26/1959
Dabeiba	N 7,0° W 76,5°	Enero 1/1960
Chigorodó	N 7,7° W 76,7°	Marzo 29/1966
Urrao	N 6,5° W 76,4°	Abril 8/1970
Urrao	N 6,2° W 76,1°	Agosto 2/1970
Murindó	N 6.73 W 76.83 N 7.12 W 76.88	Octubre 17, 18/1992 M=6.7 y 7.3

Modificado de Ramírez (1975)

Además de las sismofuentes arriba citadas, dentro del municipio de Mutatá existen otras generadas por fallas que por su tamaño se pueden denominar de carácter local, pero cuyos efectos pueden afectar igualmente al municipio y a la región de Urabá.

Estas fallas son la falla Mutatá (o falla Abibe) ubicada al oriente de la cabecera urbana del municipio y la falla Cañaduzales ubicada entre Pavarandocito y Barranquillita, las cuales pueden hacer parte de un mismo sistema. Para la falla Mutatá se ha propuesto actividad cuaternaria, la cual se hace evidente en levantamientos de terrazas cuaternarias y cambios bruscos en el curso del río Sucio (al occidente de la cabecera) de una orientación sur-norte a este-oeste. Otra evidencia de esta actividad reciente es el cambio de cauces que en el pasado tenían una dirección noroccidente y en la actualidad drenan al suroccidente, caso de los ríos León, Guapá Chadó, Porroso y sus afluentes. (INAT, 1995). El sismo ocurrido en Pavarandocito en 1952 el cual tuvo solamente una profundidad de 44 Km (INGEOMINAS, 1991), podría estar relacionado a movimientos recientes de estas fallas, por lo que es aconsejable realizar estudios de neotectónica en el área de Pavarandocito para determinar con precisión la estructura que produjo este movimiento, el cual de repetirse en la actualidad por su intensidad y poca profundidad afectaría toda la región centro de Urabá.

El fenómeno de licuación se presenta en suelos conformados por material tamaño arena saturadas (por nivel freático) o en llenos realizados con baja compactación que se encuentren a una profundidad inferior a 15 metros. Este tipo de suelos saturados, bajo el efecto de aceleración producido por un evento sísmico pierden su cohesión y por esta razón las estructuras que están asentados sobre ellos pierden su soporte. Debido al origen aluvial de los suelos sobre los que se encuentran los asentamientos humanos del municipio de Mutatá, existen suelos arenosos en sectores de algunos de estos asentamientos, los cuales dependiendo de su espesor, profundidad y material

suprayacente son susceptibles de ser licuables. Durante el sismo de octubre de 1992 con epicentro en Murindó este fenómeno se presentó en el Camino Bajirá-río Sucio, en Caucheras, Bejuquillo, Villa Arteaga, Mungudo y en el poblado de Bajirá.

En la cabecera del municipio algunas viviendas sufrieron daños estructurales parciales. La razón para estas fallas estuvo más relacionada con prácticas inadecuadas de construcción que con problemas relacionados con los suelos, los cuales no presentaron licuación. En Pavarandocito según reportan los habitantes, todas las casas construidas en material colapsaron con este sismo.

2.2.2.2 Amenaza por movimientos en masa

Como se ha mencionado anteriormente este tipo de amenaza se presenta en las macrounidades de Vertiente y Piedemonte como consecuencia de la pérdida de cobertura vegetal y de pastoreo sumado a unas condiciones naturales de altas precipitaciones y altas pendientes locales. Esta amenaza puede atenuarse evitando la pérdida de cobertura vegetal dentro de las cuencas.

El sismo de octubre de 1992 con epicentro en Murindó, ocasionó deslizamientos cosísmicos de diferente volumen en zonas de pendientes moderadas a fuertes. Estos deslizamientos estuvieron concentrados en la carretera Mutatá-Dabeiba, en las Macrounidades de Vertiente y Piedemonte y en algunas terrazas asociadas al río Sucio.

2.2.2.3 Amenazas por inundación

Esta es una amenaza que afecta con periodicidad las macrounidades de Abanico y Llanura aluvial. Las zonas amenazadas dependen de la intensidad y duración de las lluvias, siendo las más vulnerables las que se encuentran en pendientes menores, cerca de los márgenes de los ríos y quebradas, en cambios de dirección de los cauces y en proximidad a estructuras hidráulicas insuficientes. Sin embargo hay varios factores que bajo condiciones de precipitación son determinantes para favorecer las inundaciones, cuyo origen es principalmente antrópico. Algunos de ellos son deforestación en las cabeceras, extracción incontrolada de material de los cauces, infraestructuras como canales y desviación de la corriente con fines agrícolas, depositación de basuras y desechos orgánicos, entre otros.

En el municipio de Mutatá los ríos que inundan mayores áreas son el Sucio y el León. Estos dos ríos corren por valles amplios en cauces de lecho móvil, con libertad para ajustar dimensiones, forma y patrón del cauce. Los patrones de sus cauces son de tipo trenzado a meándrico. Algunos de estos meandros son abandonados y rellenos por sedimentación de limos y arcillas (INAT, 1995), mientras que en otros aumentan los flujos en épocas de crecientes de los ríos principales.

En particular los asentamientos que se encuentran afectados por esta amenaza son los corregimientos de Pavarandocito, Bejuquillo y Bajirá y la cabecera municipal.

En el municipio de Mutatá existen dos áreas de interés desde el punto de vista de las inundaciones: la zona alta, caracterizada por los conos aluviales de los ríos afluentes de las cuencas de los ríos León y Sucio y la zona baja dominada por los ríos Bajirá (aparentemente una difluencia antigua del río Sucio), y León.

En la zona alta las inundaciones son esporádicas y adquieren la forma de avalanchas y flujos de lodo a medida que los procesos dinámicos de construcción de abanicos actúan. Dado que los conos poseen zonas de cabecera con cauces más confinados y definidos, la mejor forma de estimar la extensión y periodicidad de las inundaciones es mediante la combinación de información hidrología, geología y dinámica fluvial.

En el sector más bajo del municipio, las inundaciones ocurren por una combinación de desbordamiento de los ríos y mal drenaje superficial en la planicie en presencia de excesos muy grandes de precipitación.

El río sucio presenta no solo el abanico aluvial más amplio y desarrollado del piedemonte de la serranía de Abibe, sino que tiene un gran caudal y una alta carga de sólidos, lo que hace que avulsione notablemente en Pavarandocito y así igualmente por su margen derecha hasta Bajirá.

En las visitas realizadas a las zonas afectadas por fenómenos de avulsión, revela la alta depositación de limos y arcillas en las zonas invadidas, que atestiguan la alta capacidad de transporte especialmente de material fino, razón por la cual se le da el nombre de "Sucio". Como otros ríos de la zona, sin embargo, durante la visita presentaba aguas cristalinas y claras y un lecho predominante de gravas y arenas medias a gruesas.

Concentrando el análisis en la porción aguas abajo de los abanicos, esta se caracteriza por una variedad de cauces de variado tamaño y una reducida capacidad para evacuar el gran aporte hídrico que percibe el municipio. Se exceptúa al menos en parte, al río León, más no sus afluentes mayores como el Villarteaga, el León-Porroso y el Chadó que conforman el León alto; el Leoncito, la quebrada Palo Negro, entre otros.

Estos afluentes discurren en general en una zona muy plana, donde sus desbordamientos pueden afectar áreas de más de 2.5 km de ancho, a lo largo de los cauces. Debido a la zona plana y mal drenada de la zona, estas inundaciones son irreconocibles de las producidas por encharcamiento de las aguas lluvias.

En cuanto a las láminas máximas de inundaciones que se producen sobre la planicie por concepto de desborde únicamente, se estima que no exceden de 0.5 a 1 m en promedio, aunque algunas secciones presentan notables deficiencias en la altura de sus bancas que hacen que sus láminas sean algo mayores en tales puntos, fenómeno que es apreciable en la margen derecha. De todas maneras resulta muy difícil precisar el comportamiento e interrelación de los desbordes con los encharcamientos, lo cual requeriría una información más detallada que la disponible, en cuanto a topografía de precisión, registros de los niveles alcanzados por las aguas y aerofotografías de un evento de inundación. También el río Bajirá presenta frecuentes desbordamientos a todo lo largo del recorrido de su cauce mayor, al sur de la subcuenca, pero su extensión es muy reducida (limitada a unos cuantos cientos de metros en el peor de los casos), en virtud de que el canal se encuentra más incidido en el terreno que le circunda.

2.2.3 Evento de Septiembre de 2010

Belén de Bajirá se encuentra en su mayor parte delimitada por el río Bajirá y por el caño el Indio los cuales aumentan sus caudales en época de invierno. Uno de los eventos de aumento de caudal más reciente fue el observado el 15 de Septiembre de 2010, donde según información recopilada en campo, el río Bajirá se desbordó inundando gran parte de Belén de Bajirá. Los relatos de los encuestados indican que el río Bajirá fué represado por el río Sucio, río que a su vez está generando un brazo derecho más cerca del centro poblado, siendo ésta dinámica general la encargada de causar la inundaciones. El río Sucio, a la altura de Belén de Bajirá se encuentra a una distancia de 5 a 6 Km, y busca su zona natural especialmente hacia el norte, desbordándose hasta el centro poblado.

Esta inundación afectó principalmente los barrios Belencito 2 y 4 de agosto, donde se presentaron niveles de inundación mayores a 1 metro; en Belencito 2 casi la totalidad de las viviendas presentaron niveles de lámina de agua dentro de ellas entre 0.50 y 1 metro y el puente peatonal, que los conecta con Belencito 1 que es su única vía de acceso, fue afectado gravemente, dejándolos incomunicados. Figura 2-1 y Figura 2-2.



Figura 2- 1 Puente de acceso al Barrio Belencito 2. Época seca.
Fuente: propia

En el barrio 4 de agosto se encontraron los niveles de inundación mayores a 1.0 metros dentro de las viviendas y esto corresponde principalmente a aquellas construidas en la margen derecha del río Bajirá. Aunque estas viviendas en su gran mayoría corresponden a estructuras palafíticas, su sobre altura no fue suficiente para protegerse de la inundación (Figura 2-3). La mayoría de personas afectadas de este barrio junto con las de Belencito 2, buscaron refugio en la Institución Educativa Rural Belén de Bajirá.



Figura 2- 2 Puente de acceso al barrio Belencito 2. Época invernal.
Fuente: Municipio de Mutatá



Figura 2- 3 Zona más inundable barrio 4 de Agosto
Fuente: propia

Otra de las zonas de Belén de Bajirá más afectadas fue el barrio el progreso debido a la existencia de una zona baja asociada a un brazo antiguo del río Bajirá o madre vieja; esta condición impide la rápida salida de las aguas acumuladas y por ende, a pesar de no afectar o dañar las viviendas directamente por inundación (Figura 2-4), si existe una afectación a la movilidad y la salubridad de los habitantes por aguas reposadas (figura 2-5).



Figura 2- 4 Zona inundable barrio el progreso
Fuente: propia



Figura 2- 5 Barrio el progreso un mes después de la inundación.
Fuente: propia

El caño el Indio también presentó aumento en sus niveles de lámina de agua y aunque éste no presenta amenaza por inundación significativa para Belén de Bajirá, sí afectó a las viviendas que están construidas cerca o sobre él. Figura 2-6.



Figura 2- 6 Viviendas sobre Caño el Indio
Fuente: propia

En general, todo el centro poblado de Belén de Bajirá fue afectado por esta inundación ya sea por la velocidad de la corriente, la acumulación de aguas o por incomunicación entre sectores secos.

2.2.4 Diciembre de 2011

Esta emergencia fue de características similares a la anteriormente descrita, fue el resultado del desbordamiento de río Sucio, el cual en parte buscó esta área como zona de descarga lo que generó un represamiento del río Bajirá, ocasionando que este inundara gran parte de Belén de Bajirá.

El caño el Indio al igual que en la inundación anterior, no presentó mayor afectación que a las viviendas que se han construido muy cerca o sobre él.

El Barrio Belencito 2 es inundado en su mayor parte por las aguas que vienen de río Sucio; el cual encuentra a su paso este barrio antes de llegar al río Bajirá; Generando una inundación rápida que afecta a casi la totalidad de este barrio, una de las causas es que las viviendas están construidas a nivel y no en relleno, debido a que es muy difícil y costoso traer algún material a este lugar por la vía de acceso.

El puente peatonal que los comunica con los demás barrios quedó por debajo del nivel de la inundación lo que ocasionó que quedaran incomunicados.

Este fue uno de los motivos para construir hace unos años la escuela urbana Belencito 2, para evitar que los niños trataran de cruzar el río en época invernal.

Antes de presentarse la inundación, algunos de los habitantes se informaron por la emisora lo que les permitió proteger sus objetos de valor en las partes altas dentro de sus viviendas o en casas de dos pisos.

En esta emergencia ayudaron Bomberos y Defensa Civil de Chigorodó y Rio Sucio; días después de la inundación, algunas de las familias recibieron mercados.

2.3 DIAGNÓSTICO: DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA

El centro poblado de Belén de Bajirá se ha visto afectado principalmente por el evento de inundación y asociada a este el encharcamiento; esta inundación se genera por la amplia red de drenajes y ríos desde el río Bajirá y Caño el Indio hasta el río Sucio. Un segundo evento de interés son los deslizamientos o fenómenos de remoción en masa, los cuales se reconocen como eventos potenciales debidos a la intervención antrópica en la zona. Basados en los eventos anteriores y en los trabajos de campo, se describen las características de estas amenazas.

Inundación

El río Sucio, ubicado a una distancia de 5 a 6 kilómetros del centro poblado de Belén de Bajirá, es el drenaje más importante del municipio de Mutatá. Una vez pasa el área urbana del municipio, el río cambia sus características de corriente encauzada y de pendiente media a una corriente de pendiente baja, trezada y amplia zona de divagación.

En las crecientes súbitas del río, la corriente busca su zona natural de inundación, la cual esta conformada por más de 12 kilómetros de ancho y 40 kilómetros de largo hasta llegar a su desembocadura en el río Atrato. En este sector la topografía es plana, con algunos bajos que facilitan el empozamiento del agua y el tránsito de las aguas. Por su carácter trezado o anastomótico, el río continuamente cambia de cauce principal: en los últimos 5 años se reconoce la dinámica del brazo derecho del río el cual se mueve aún más al norte, acercándose cada vez más al centro poblado.

Sin embargo y a pesar de la dinámica del río, dentro de la zona de inundación natural del río Sucio se encuentra localizada Belén de Bajirá lo cual hace a la población una zona continuamente amenazada inclusive si no existieren cambios en la corriente. Esta condición representa una alta amenaza, donde a pesar de la baja velocidad del agua y la poca duración general de la inundación, la presencia de bajos topográficos facilitan la permanencia de aguas (lluvias y de crecidas). Además y como el río Sucio controla la dinámica hidráulica de la región, los ríos de menor tamaño y los caños son represados, generando un aumento del nivel del agua en todo el sector (Figuras 2-7 y 2-8).



Figura 2- 7 Inundación barrio Buenos Aires por río Bajirá
Fuente: propia



Figura 2- 8 Inundación barrio El indio por caño del mismo nombre.
Fuente: propia

Los barrios más expuestos a una emergencia por inundación son los sectores Belencito 1 y 2, el centro, Buenos Aires, 4 de Agosto y el Progreso (Figuras 2-9 y 2-10), no sólo por su cercanía a los cauces de menor tamaño sino por las características de las viviendas y por los accesos a los mismos.



Figura 2- 9 Inundación barrio el centro
Fuente: propia



Figura 2- 10 Inundación barrio 4 de Agosto
Fuente: propia

La topografía semiplana del terreno, con la presencia ocasional de bajos, favorecen el encharcamiento local por lluvias, tal y como se presentó recientemente en el barrio El progreso (Figura 2-11). Además, existen deficiencias en la prestación de servicios públicos, hecho que se evidencia en el estancamiento del agua producto de un fuerte aguacero y un mal desagüe. Estas condiciones no son evaluadas en este estudio, teniendo en cuenta los conceptos, términos y diferencias entre inundación y encharcamiento. Es entonces donde se requiere el tratamiento del encharcamiento como un problema de servicios públicos.



**Figura 2- 11 Encharcamiento barrio El Progreso.
Fuente: propia**

En forma complementaria, es notorio el alto nivel de insalubridad en el centro poblado, con deficiencia de servicios básicos de acueducto y alcantarillado. Estas condiciones unidas a las inundaciones y encharcamientos facilitan la proliferación de enfermedades y hace aún más vulnerable a la población.

Fenómenos de remoción en masa

La necesidad de materiales de relleno y de protección frente a la inundación ha llevado a los habitantes de Belén de Bajirá a intervenir la colina aledaña a la zona central. Esta intervención se ha hecho con cortes de ladera sin ningún tipo de control, donde se ha realizado la extracción del material y en algunos casos se han implantado viviendas (Figura 2-12).



**Figura 2- 12 Intervención antrópica en cortes, sector la colina.
Fuente: propia**

La exposición de estos materiales arcillo limosos a la acción del ambiente (lluvias intensas, humedad, cambios de temperatura) cambia las características de los mismos, haciendo la ladera susceptible a procesos tipo deslizamiento traslacional o flujos de detritos. Aunque hasta el momento no se han presentado procesos de remoción en masa, la continuidad de prácticas de intervención inadecuadas conjunto al retiro de la vegetación hacen inminente la presencia de eventos amenazantes de este tipo.

Erosión lateral y desprendimiento de material

Dentro de los efectos de la intervención antrópica en las márgenes de los ríos se encuentra la erosión hídrica, la cual se presenta sobre material expuesto por retiro de la vegetación. Este material limoso es lavado por la acción de la lluvia continua, el paso de la corriente y la disposición inadecuada de aguas servidas. Estos procesos se observan en las márgenes del río Bajirá principalmente, sin dejar de lado la pérdida de vegetación natural de los caños.

En forma complementaria es necesario anotar que las márgenes del río se han convertido en botadero de basuras y de aguas servidas, lo cual genera malas condiciones de salubridad y puede convertirse en un factor contribuyente a la inestabilidad



Figura 2- 13 Erosión hídrica unida a intervención de las márgenes
Fuente: Propia

2.4 MARCO CONCEPTUAL

2.4.1 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE

2.4.1.1 Generación de Cartografía Base

La cartografía base hace referencia a la información geográfica necesaria para realizar las evaluaciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo; por ello, su precisión debe ser alta y corresponderá a la escala de trabajo 1:1000 definida en la formulación del estudio.

- | | | |
|-----------------|---|--|
| - La topografía | – | Altimetría y planimetría. |
| - El urbanismo | – | Edificaciones (catastro), vías y redes. |
| - Mapa social | – | Estratificación, centros de salud, colegios, iglesias, centros deportivos, salones comunales, comedores comunitarios, etc. |

La cartografía base existente se consultó en Planeación municipal. Una vez verificada la calidad de la información y el tiempo en el cual fue realizada, se genera un mapa base. Lo importante es contar con las escalas adecuadas para los análisis de amenaza y vulnerabilidad.

2.4.1.1.1 *Levantamiento topográfico*

El levantamiento topográfico comprende tanto la planimetría como la altimetría del terreno (curvas de nivel) así como la georreferenciación de los elementos cartográficos que se encuentren dentro del área, tales como cursos de agua, taludes, barras, edificaciones, vías, cercas, etc.

La información topográfica de la zona se levantará a escala 1:1000, con curvas de nivel cada 1 m. y debidamente amarrado a placas del IGAC bajo el nuevo sistema de georeferenciación Magna Sirgas. Con mayor detalle de los elementos cercanos a las riveras de los cuerpos y/o corrientes de agua ya mencionados.

2.4.1.1.2 *Mapa urbanístico*

El mapa urbanístico es la base para la evaluación de la vulnerabilidad en la zona urbana. Con base en la información topográfica levantada, se procede a realizar la complementación de la información urbanística con la información DANE, SISBEN de Catastro Municipal. Esta contempla:

- Delimitación del urbanismo de la zona, definiendo con claridad las manzanas.
- Delimitación de las vías de acceso, tanto vehicular como peatonal, estructuras de arte como puentes, box, alcantarillas, etc.

2.4.1.1.3 *Mapa social*

El mapa social es un primer nivel de análisis sobre la vulnerabilidad social. Con base en la información disponible previamente recogida y con la información que manejan las organizaciones sociales y líderes comunitarios se establece:

- Definición de las áreas según estratificación
- Definición de áreas según densidad de población
- Presencia institucional con base en la identificación de edificaciones públicas como centros de salud, colegios, centros deportivos, salones comunales, comedores comunitarios, hogares comunitarios, Iglesias entre otros.
- Presencia de entidades de socorro para la atención de emergencias
Identificación de organizaciones sociales (JAC, Asociaciones de Vivienda, Grupos Ambientales, etc.).

2.4.1.2 Caracterización física

2.4.1.2.1 *Caracterización Geológica – Geomorfológica*

El estudio integrará la geología regional, local y de detalle, teniendo en cuenta aspectos de génesis, litología, estratigrafía y geología estructural, unidades de superficie, perfiles de meteorización y procesos de erosión.

Así el levantamiento geológico de detalle se hará a escala 1:2000, comprende el reconocimiento de campo con el levantamiento de columnas estratigráficas. La evaluación geológica se orienta principalmente hacia la obtención de un modelo geológico y estratigráfico de la zona que permita definir las dinámicas geomorfológicas que puedan generar eventos amenazantes sobre el Municipio.

La evaluación geomorfológica incluye los aspectos regionales mediante el análisis de información cartográfica regional y de imágenes o fotografías aéreas multitemporales y los aspectos locales a partir del levantamiento detallado de las características morfométricas, morfogenéticas y morfodinámicas. En particular se realiza un levantamiento de los procesos morfodinámicos presentes en el área de estudio.

En la caracterización geomorfológica se definen las unidades de terreno y se identifican los procesos de degradación presentes en el área en estudio. Un aspecto determinante en los estudios geomorfológicos con propósitos de evaluación de amenaza lo constituye el inventario de los procesos generadores de la amenaza como la erosión y los deslizamientos, por lo que se presentara un mapa de inventario de procesos o morfodinámico a lo largo del cauce y de las laderas adyacentes.

2.4.1.2.2 Caracterización climatológica e hidrológica

El régimen hidrográfico es el resultado de la interacción de variables como clima, morfología, litología del subsuelo, propiedades de los suelos desarrollados, vegetación y uso del terreno. Por lo tanto la caracterización hidrográfica de una zona puede realizarse a través de criterios geomorfológicos, incluyendo el análisis del drenaje superficial y la caracterización del patrón de flujo en función de la longitud y rugosidad de las pendientes, y capacidad de infiltración de los suelos.

El sistema de drenaje de un valle o una vertiente se constituye en un factor primordial en la generación de procesos morfodinámicos y de inundación, los cuales son los responsables del modelado de la superficie del terreno. Los canales naturales constituyen los agentes más importantes de transporte de material desde áreas altas a zonas bajas y son parte integral del ciclo hidrológico.

Entonces, se busca mediante esta caracterización un análisis de la información climática e hidrológica del sector de estudio, donde se tengan en cuenta aspectos como las características de evapotranspiración, los histogramas de precipitaciones máximas, mínimas y medias, las curvas de intensidad-duración-frecuencia de lluvias y los análisis de las condiciones de drenaje natural. Esta información deberá emplearse para analizar su influencia en las amenazas por inundación, inestabilidad de las márgenes y fenómenos de remoción en masa que se pueden presentar en el área de estudio.

2.4.1.2.3 Caracterización hidráulica

La caracterización hidráulica del cauce se efectuará partiendo de la determinación de los caudales de crecientes, de acuerdo al periodo de retorno de caudales y niveles más altos en estaciones hidrométricas. Para ello se consultara información histórica confiable de registros de precipitación, caudales y niveles. Se construirá la curva de duración de caudales y de niveles. Se utilizará un modelo hidráulico apropiado para determinar los perfiles de flujo para los diferentes caudales, así como la obtención de los diferentes parámetros hidráulicos necesarios para el diseño de obras de mitigación y los cálculos de socavación de las mismas. Como resultado se busca obtener zonas de inundación para diferentes periodos de retorno, y por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia.

2.4.1.2.4 Investigación Geotécnica

La investigación geotécnica tendrá por objeto el levantar mediante trabajos de campo, complementados con trabajos de laboratorio, la información suficiente y adecuada que permita caracterizar cuantitativamente los diferentes materiales que conforman las márgenes y lecho de los cauces.

La investigación geotécnica implicará un programa razonable de exploración directa mediante apiques, trincheras, perforaciones, etc., adecuadamente distribuidos sobre el área de manera de garantizar la obtención de la información geotécnica requerida para completar el modelo o modelos geológico-geotécnicos de las diferentes zonas. El trabajo de campo se complementará con un programa de ensayos de laboratorio que permita

establecer adecuadamente las características esfuerzo-deformación, resistencia u otras propiedades de los materiales.

La caracterización geotécnica de los materiales busca obtener parámetros para los análisis de estabilidad de las márgenes como para la proyección de obras de mitigación y/o control del los riesgos evaluados.

2.4.2 MODELOS DE ANÁLISIS

De acuerdo con la naturaleza de las amenazas identificadas inundaciones, avenidas torrenciales e inestabilidad de las márgenes, se realizará la evaluación y zonificación de cada una, con una representación gráfica a una escala 1:1000, aplicable para la evaluación de su magnitud, probabilidad de ocurrencia y/o excedencia y distribución espacial. La selección de los métodos de análisis está sujeto a los modelos que mejor represente los escenarios de falla y cuyos requerimientos de información sean coherentes con la información primaria y secundaria recolectada. Es necesario considerar en los análisis de amenaza las zonas de su posible influencia.

La Zonificación de las Amenazas para cada evento identificado se presentará mediante la delimitación de zonas con diferente grado de exposición a la amenaza (alto, medio, bajo). Para el efecto se elaborarán mapas de amenaza el cual será de carácter temporal y por tanto, sujeto a las condiciones presentes en un momento dado, ya que estas son cambiantes a través del tiempo; así mismo, los niveles de amenaza pueden estar variando, máxime cuando la intervención antrópica juega un papel muy importante.

2.4.2.1 Evaluación de la Amenaza por inundación

La evaluación de la amenaza se adelanta con base en métodos determinísticos que permiten el tránsito de caudales en la zona de estudio. Se utilizará la aplicación del software HEC-RAS, el cual permite obtener niveles de inundación para cada uno de los períodos de recurrencia.

El HEC-RAS, es un software desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers). El modelo numérico incluido en este programa permite realizar análisis del flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre, una de sus principales aplicaciones es la Modelación hidráulica en régimen permanente de cauces abiertos, ríos y canales artificiales.

2.4.2.2 Evaluación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales

Teniendo en cuenta las características de este tipo de eventos, la evaluación se basa en métodos heurísticos soportados en criterio de experto. Para lo cual se adelanta un trabajo geomorfológico específico no solamente de la zona en estudio sino de la parte alta de las corrientes de agua.

2.4.2.3 Evaluación de la Amenaza por inestabilidad de las márgenes y fenómenos de remoción en masa

Se aplicará una metodología cuantitativa de análisis y cálculo de reconocida validez, con una representación gráfica a una escala 1:1000, aplicable para la evaluación de la magnitud, probabilidad de excedencia y distribución espacial de la amenaza que esté acorde con las características de las márgenes de los ríos. La distribución espacial del evento amenazante se realizara en función de la tipología de evento, la morfometría de la margen o ladera y de las condiciones del entorno donde se modela el evento.

Para el estudio de la estabilidad de los taludes representativos de cada unidad, se establece un modelo de análisis a partir de la estratigrafía de la zona, los mecanismos de falla definidos de acuerdo con los tipos de deslizamientos observados, empleando los métodos de análisis Bishop Modificado, Rankine y Janbu, mediante el programa SLIDE. Para ello se tienen en cuenta los factores ambientales como la lluvia y el sismo.

2.4.2.4 Análisis de Vulnerabilidad

Se puede hablar de vulnerabilidad de un elemento a partir del momento en que se sospecha de la ocurrencia de un evento amenazante determinado, de una cierta magnitud y caracterizado por un proceso generador de daño. Su evaluación pasa por determinar el nivel de daño potencial de un cierto número de elementos expuestos situados en una zona de extensión previsible del fenómeno.

Para valorar la vulnerabilidad en los términos expuestos se acude a la definición de funciones de daño, por tanto el nivel de daño de un elemento expuesto está en función de la naturaleza del evento amenazante y del tipo del elemento expuesto y esta describe la interacción elemento /evento en términos de daño potencial.

Se definen 2 tipos de funciones de daño, cada una de ellas agrupando las 3 familias de elementos expuestos, así:

Elemento expuesto	Función de daño
Bienes físicos	Daños estructurales
Personas	Perjuicios corporales

Los niveles de daño asociados a los eventos pueden ser traducidos o cuantificados en términos de pérdidas que pueden ser de naturaleza económica (costos directos e indirectos) de naturaleza humana o naturaleza funcional. Y dados los niveles de daño físico sobre los elementos expuestos se evalúa los perjuicios corporales y la perturbación funcional.

Al proceso de evaluación de la vulnerabilidad se introduce el concepto de vulnerabilidad de la sociedad, la cual permite establecer sobre el contexto socio – económico la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada. Ante la ocurrencia de un evento potencialmente dañino, los hogares ubicados bajo la línea de pobreza presentan una mayor dificultad para su atención y recuperación que los de altos ingresos, ya que suelen tener menor diversidad de recursos.

La vulnerabilidad se expresa por medio de una escala cualitativa, así: vulnerabilidad alta, media y baja, incluyendo una descripción detallada de los criterios adoptados para este efecto e incluirá un plano de zonificación por vulnerabilidad en la escala de trabajo adoptada: 1:1000.

2.4.2.5 Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes

El riesgo corresponde a la estimación cualitativa o cuantitativa de las consecuencias físicas, sociales, o económicas, representadas por las posibles pérdidas de vidas humanas, daño en personas, en propiedades o interrupción de actividades económicas, debido a los eventos amenazantes que se presenten en el área en estudio, en su forma más precisa y cuantificada. Su objetivo es optimizar económicamente el plan de medidas de mitigación al permitir enmarcar la decisión sobre éstas en un análisis beneficio/costo. El riesgo se define con base en la amenaza y la vulnerabilidad en un mapa a escala 1:1000, que califica de manera cualitativa (alto, medio, bajo) la magnitud esperada del daño que podría presentarse en la vivienda por la materialización de las diferentes amenazas.

La valoración cuantitativa del riesgo se adelanta sobre los elementos físicos identificados dentro del área de influencia de evento, mientras el riesgo a los elementos corporales y funcionales se valora de manera cualitativa.

Para la estimación cuantitativa del riesgo de los elementos físicos, partiendo de la definición de riesgo como la magnitud probable esperada de un cierto nivel de daño, puede evaluarse para cada elemento expuesto como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad:

$$R = F(A \times V)$$

Donde:

A: Amenaza en términos de probabilidad de falla (Pf) y

V: Vulnerabilidad como la pérdida potencial (Tasa de daño x Costo de daño).

Si conceptualmente se define la Vulnerabilidad como

$V = \text{Exposición (E)} / (\text{S})$ resistencia del elemento, entonces

$R = A \times (E / S)$

Con estas definiciones simplificadas se deduce que el riesgo puede disminuirse:

- a) Reduciendo o evitando la exposición de los elementos al fenómeno
- b) Reduciendo o controlando la amenaza del fenómeno
- c) Incrementando la resistencia del elemento al fenómeno

La valoración cualitativa del riesgo de los elementos corporales y funcionales se adelanta de manera descriptiva de acuerdo a la magnitud de los eventos amenazantes, a los modos de daño establecidos para los elementos físicos y de acuerdo a la importancia de funcional de cada predio, de las líneas y puntos vitales. Por tanto el riesgo corporal se asocia al número de personas afectadas y de acuerdo a la magnitud del evento

amenazante, evaluar el grado de afectación (heridos, muertes, etc.); y el riesgo funcional en términos de población afectada, días de suspensión del servicio, etc.

2.4.2.6 Plan de medidas de reducción del riesgo

Con los diferentes factores y elementos que se evalúan en los escenarios de riesgo establecidos para la determinación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo en el sector objeto de estudio y especialmente con el conocimiento adquirido de cada uno de los procesos que generan las amenazas se plantean las alternativas de prevención, mitigación y control.

Entre los parámetros más importantes que deben tener en cuenta para el planteamiento de acciones y obras de mitigación, están los relacionados con la definición de funcionalidad frente al desarrollo social sostenible, la factibilidad y la relación costo/beneficio, de cada una de las alternativas planteadas.

El plan de medidas de reducción del riesgo en la zona objeto de estudio se define teniendo en cuenta lo establecido y reglamentado en el POT del Municipio de Mutatá cuyos lineamientos serán la base del planteamiento de alternativas de reducción del riesgo. Igualmente, los resultados de los estudios de riesgo a detalle representan un mejoramiento de la precisión de la información, el plan de reducción de riesgo debe contemplar ajuste a las estrategias de intervención de los territorios sujetos de estudio.

Como estrategia se diseña un plan de acciones que permite establecer las medidas preventivas, correctivas y de mitigación que buscan bajar al mínimo los niveles de riesgo a que está expuesta la sociedad, bien sea controlando los procesos o anulando los niveles de exposición de las viviendas y a la vez posibilita la corrección de condiciones del entorno físico y ambiental que favorecen la ocurrencia de los procesos amenazantes.

Las alternativas de solución se plantean teniendo en cuenta el marco de acción de los actores involucrados en la gestión del riesgo de municipio. Por esta razón, se contemplan dos tipos de actividades: Actividades Estructurales, que corresponden a las medidas de prevención y mitigación de los riesgos identificados, y las Actividades No Estructurales y que tienen básicamente que ver con actividades legislativas y organizativas que deberán abordar cada una de las entidades de acuerdo a su función. El grupo de medidas de mitigación se compone de las siguientes acciones:

2.4.2.6.1 Restricción del uso del suelo

Estas restricciones de uso para vivienda son diferenciadas según el riesgo existente o potencial y pueden definirse con diferentes criterios a saber:

- Zonas de restricción de uso por zonas de amenaza alta a muy alta.
- Zonas de restricción de uso por invasión de ronda.

2.4.2.6.2 Congelación del desarrollo Urbanístico

Esta restricción hace referencia a la prohibición de la construcción de vivienda nueva y ampliación de las existentes en zonas de Ronda Hidráulica y zonas identificadas de Vulnerabilidad baja expuestas a un evento amenazante (Inundación o inestabilidad de las márgenes), sin impedir los usos presentes en las edificaciones actuales, lo que permite el emplazamiento de estas viviendas y así evitar la reubicación de algunos predios.

2.4.2.6.3 Reubicación de familias

Comprende el traslado de las familias y adquisición de predios que se localizan en áreas de alta amenaza o alto riesgo no mitigable. Esta acción debe ser complementada con el cambio de uso del suelo por las restricciones enunciadas en el numeral anterior. Para estos efectos se hará un inventario de viviendas localizadas en zonas definidas como de riesgo alto no mitigable o las viviendas localizadas en las zonas de ronda.

Las viviendas que deben reubicarse son aquellas que se encuentran localizadas en zona de riesgo no mitigable o donde el costo de tratamiento de la zona sea mayor que el costo de la edificación. Igualmente dentro de un tratamiento integral de la zona algunos predios o edificaciones pueden ser ingresados a los programas de reubicación para lograr la rehabilitación de la zona.

El proceso de reubicación de familias debe estar enmarcado dentro de un programa de gobierno que garantice el mejoramiento, o en su defecto el mantenimiento de las condiciones de vida de las familias a reubicar.

2.4.2.6.4 Obras de protección y control

Las áreas definidas de alto riesgo por lo general están asociadas a procesos de urbanización de hecho o que se ha construido sin contar con la infraestructura de servicios, situación que contribuye a magnificar la problemática de riesgo.

El plan de obras de protección y control contempla acciones tendientes a consolidar urbanísticamente un área con los servicios mínimos requeridos y el establecimiento de unas normas, también mínimas, que permitan un ordenamiento urbanístico tendiente a erradicar los agentes físicos de riesgo. Ello permite la regularización del sector dentro de los parámetros exigidos por la oficina de planeación municipal, la preservación del entorno y la mejor convivencia ciudadana. De estas, se diseñaran las obras requeridas a corto plazo, que busquen controlar y minimizar los efectos de los riesgos inminentes.

2.4.2.6.5 Definición de zonas de aislamiento

Esta acción está encaminada a establecer dentro de los sectores urbanos las áreas que por su localización geográfica limitan con:

- Áreas forestales.

- Áreas de ronda de los cursos de agua.

2.4.2.6.6 Información pública

Esta actividad busca suministrar mediante campañas educativas la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de la sociedad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental.

El establecimiento de campañas educativas participativas buscan que la comunidad entienda y se apropie de conceptos como:

- El nivel de riesgo a que están expuestos.
- Identificación de agentes detonantes y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos.
- Beneficios de las obras de mitigación del riesgo, su construcción y mantenimiento.
- Manejo ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

Dentro de la información pública, se pueden incluir programas que contemplen asesoramientos a la comunidad en aspectos de procesos constructivos de las viviendas. Las recomendaciones técnicas de construcción deben orientarse a minimizar las acciones que generan inestabilidad durante el proceso constructivo, especialmente durante la conformación de cortes y rellenos.

2.4.2.6.7 Plan de gestión con el municipio para la incorporación de los resultados a los POT

Se debe ejecutar un plan de gestión con los municipios, el cual debe incluir como mínimo las siguientes actividades:

- Reuniones de socialización del proyecto
- Reuniones con los funcionarios municipales para desarrollar el ejercicio de incorporación del proyecto en el POT.

Como resultado se debe generar un documento técnico que sirva de soporte y herramienta para que los municipios incorporen los resultados del proyecto en los POT según lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

2.4.3 MARCO METODOLÓGICO PARA EVALUACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO.

Como estrategia para la elaboración de los mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo para los diferentes eventos considerados, se debe adelantar un trabajo sistemático que permita de manera colectiva generar el conocimiento básico para que las metodologías y técnicas implementadas en las evaluaciones, permitan que la representación de las condiciones físico-sociales donde se generan los eventos amenazantes sean lo más cercanas a la realidad.

El análisis sistemático y retrospectivo de los eventos que han originado emergencias, permite la definición de criterios adecuados para la valoración de los niveles de amenaza y vulnerabilidad implícitos en el riesgo que está asumiendo una comunidad.

El trabajo sistemático se debe fundamentar en el estudio ordenado y continuo de los procesos generadores de daño que han ocurrido, que están ocurriendo o que pueden ocurrir sobre escenarios problema, buscando auscultar de manera integral todas las variables involucradas en los eventos amenazantes, incluyendo un recuento de los efectos económicos y sociales asociados a dichos eventos.

A continuación se presenta la propuesta metodológica marco para adelantar, la evaluación del riesgo de los eventos generadores de daño en el centro poblado de Belén de Bajirá

El marco metodológico define las siguientes fases:

- Planteamiento del problema - Diagnostico preliminar de riesgo.
- Análisis detallado del evento generador de daño - la amenaza.
- Determinación de la espacialidad del evento generador de daño.
- Determinación de los procesos generadores de daño.
- Identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos
- Determinación de los tipos de daño, perjuicio o perturbación que puedan sufrir los elementos expuestos
- Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos.
- Evaluación del riesgo.

2.4.3.1 Análisis detallado de la amenaza

Para caracterizar los diferentes tipos de amenaza a que está expuesta la comunidad de la zona urbana del centro poblado de Belén de Bajirá, se debe:

- **Identificar el tipo de evento generador de daño.** Reconocer y Diferenciar los detonantes causantes y/o amplificadores de la amenaza y así Identificar el tipo de evento generador de daño.
- **Determinar las características físicas del evento generador de daño.** Establecer las condiciones físicas bajo las cuales ocurre el evento generador de daño configura la hipótesis de partida en los análisis de riesgo, la cual, en lo posible, debe acercarse al modelo real.
- **Características espaciales del evento.** Se debe localizar y estudiar la posible extensión espacial del evento. La magnitud de este está determinada principalmente por el tipo de proceso y por las condiciones en sitio de los factores permanentes o intrínsecos, y por la ocurrencia de los factores detonantes.
- **Análisis del evento.** Se refiere al análisis resultado del diagnostico general realizado por las diferentes ramas de especialidades como: la geológica, hidrológica, hidráulica,

social, etc., tanto de los factores intrínsecos como de los factores extrínsecos o disparadores. Los factores disparadores determinan generalmente la distribución temporal del evento dependiendo del tipo, se pueden expresar en términos de una función de probabilidad de ocurrencia.

En la práctica no es fácil determinar la distribución temporal del evento generador de daño. En la mayoría de los casos, solo es posible establecer las características del evento; el “cuando” es mucho más difícil de determinar.

Estimación de la espacialidad del evento generador de daño: Una vez se inicia el evento se presentan una serie de factores que influyen en sus consecuencias, y están directamente relacionadas con la espacialidad, entre estos se definen: la ligereza con que se desarrolla el evento, el área involucrada y la frecuencia con que se producen.

La ligereza con que se produce y desarrolla el evento generador de daño depende de las características físicas del área involucrada, de los factores detonantes y de la fragilidad de sus elementos que se traduce como vulnerabilidad.

Lo anterior indica que en los análisis de riesgo se debe incluir tanto el área afectada como las características del evento, el producto de estos factores es directamente proporcional al poder destructor del evento amenazante. En otras palabras la vulnerabilidad de un elemento expuesto frente a un evento se incrementa a medida que la rapidez o la magnitud del evento generador de daño aumenten.

Determinación de los procesos generadores de daño: Los diferentes tipos de ocurrencia de los eventos amenazantes con una distribución espacial dada, pueden llegar a ser caracterizados por tipos de procesos generadores de daño, por ejemplo: impactos, presiones laterales, desplazamientos verticales, etc. El proceso de daño, o sollicitación, describe la acción del evento sobre el elemento estructural (bien) o corporal (persona) que la recibe. El término daño, hace referencia a las consecuencias nocivas de un evento amenazante materializado.

Estas sollicitaciones son de naturaleza mecánica y actúan sobre los elementos expuestos sea de manera dinámica o estática. Varias sollicitaciones se pueden asociar a un mismo evento tanto en el espacio como en el tiempo, e inversamente, varios eventos pueden traducirse por una misma sollicitación. Estas difieren de un evento a otro por su intensidad, o bien por el ritmo y avance del mismo.

La traducción del evento en términos de sollicitación (es) asociada (s), representa en primera instancia la extensión previsible del evento generador de daño y muestran la interdependencia que debe existir entre la vulnerabilidad de un elemento expuesto asociada a las características del evento amenazante. Por tanto los estudios de vulnerabilidad, al menos en su dimensión espacial, dependen de la capacidad de predecir y caracterizar la amenaza, y de que los análisis de vulnerabilidad y amenaza están necesariamente e íntimamente ligados.

2.4.3.2 Análisis detallado de la vulnerabilidad

Identificación, caracterización y localización de los elementos expuestos: Es necesario considerar que varios tipos de elementos pueden estar expuestos a eventos amenazantes: individuos y bienes, elementos móviles e inmóviles, tangibles o intangibles. Tres grandes categorías pueden ser consideradas: Lo humano, físico y social, lo estructural (construcciones, vías, redes, etc.) y lo funcional (actividades económicas y sociales). La vulnerabilidad de cada uno de los elementos de estas tres categorías puede ser expresada de manera diferente.

Los elementos expuestos a las amenazas, deben de ser identificados y caracterizados en función de su utilización (viviendas, rutas, líneas de transmisión, etc.) y de su resistencia a los diferentes tipos de sollicitación:

- Elementos individuales que corresponden a las personas e infraestructura que se pueden identificar en un sitio específico.
- Elementos regionales, que corresponden a las actividades y las funciones que se desarrollan en las zonas de influencia regional. Estos elementos están íntimamente ligados a los elementos individuales.

Determinación de los tipos de daño, perjuicio o perturbación que pueden sufrir los elementos expuestos: Cada uno de los elementos identificados y caracterizados pueden presentar uno o varios tipos de daño en función del tipo de evento que los afecta (el impacto del evento). En otras palabras, el tipo de daño va a determinar la forma en que el elemento recibirá o sufrirá la eventualidad generadora de daño (el efecto causado). El tipo de daño puede ser expresado en términos cualitativos o cuantitativos según el tipo de elemento.

Para elementos individuales el nivel de daño esperado queda definido en función directa de los procesos generadores de daño o de las sollicitaciones asumidas por el elemento expuesto. El tipo de perturbaciones potenciales que pueden afectar las actividades o funciones regionales van a depender del tipo de daño que pueda sufrir un elemento individual. La relación entre ambos daños va a depender a su vez de la correspondencia entre el elemento local y el elemento regional. Sin embargo la perturbación de una actividad solo se materializará a partir de una cierta intensidad.

Según lo anterior el tipo de perturbación potencial podrá expresarse como una función del tipo de daño y su influencia regional. Como ejemplo aclaratorio se presenta la obstrucción de una vía principal por la ocurrencia de un deslizamiento, el tipo de perturbación, en este caso estará en función del nivel de daño que sufra el elemento expuesto afectado por el deslizamiento, bien sea un puente o un tramo de vía.

Evaluación de vulnerabilidad de los elementos expuestos: Se puede hablar de vulnerabilidad de un elemento a partir del momento en que se sospecha de la ocurrencia de un evento, de una cierta magnitud, y caracterizado por un proceso generador de daño.

La vulnerabilidad debe determinar el grado de inutilización potencial de un elemento en el caso de la materialización del evento generador de daño, puede ser evaluada en

porcentaje y expresada como un valor entre 0 (ningún daño potencial) y 1 (daños potenciales del 100%). Será función del tipo de daño potencial asociado a cada elemento y de la localización de los mismos frente al evento generador del daño.

Cada proceso generador de daño puede relacionarse con cada elemento por medio de una función de daño determinada. Se deben también definir funciones de perjuicios para describir y evaluar las consecuencias sobre los individuos, al igual que las funciones de perturbación para lo que tiene que ver con las actividades y funciones.

Los niveles de daño asociados pueden ser traducidos o cuantificados en términos de pérdidas que pueden ser de naturaleza económica (costos directos e indirectos) de naturaleza humana o naturaleza funcional. La utilización del concepto de tasa de daño permite establecer el grado de inutilización de un elemento. Esta tasa se expresa en unidades adimensionales, en valores entre 0 y 1; se definen tres tipos de tasa de daño siguiendo la naturaleza de los daños a los cuales aplican:

- Tasa de daño estructural
- Tasa de perjuicio corporal

2.4.3.3 Análisis detallado del riesgo

Evaluación del riesgo para la sociedad en términos de la distribución potencial de las pérdidas y los daños: La evaluación de riesgo debe traducir los porcentajes de daño de cada elemento en términos de criterios de cuantificación o cualificación que sea de uso común para la comunidad o sociedad que lo sufre.

Normalmente se utiliza una cuantificación o cualificación en términos de pérdidas que la materialización del fenómeno provocaría a la sociedad:

- Pérdidas en vidas humanas
- Pérdidas económicas
- Pérdidas patrimoniales
- Perturbaciones indirectas
- Otras.

La evaluación debe cubrir dos aspectos:

- Las personas y elementos de infraestructura expuestos en el sitio
- Las actividades o funciones en la zona de influencia.

Y la interpretación del riesgo debe realizarse en una dimensión espacial y en lo posible representada de una manera cercana a la realidad. Ver Figura 2-14.

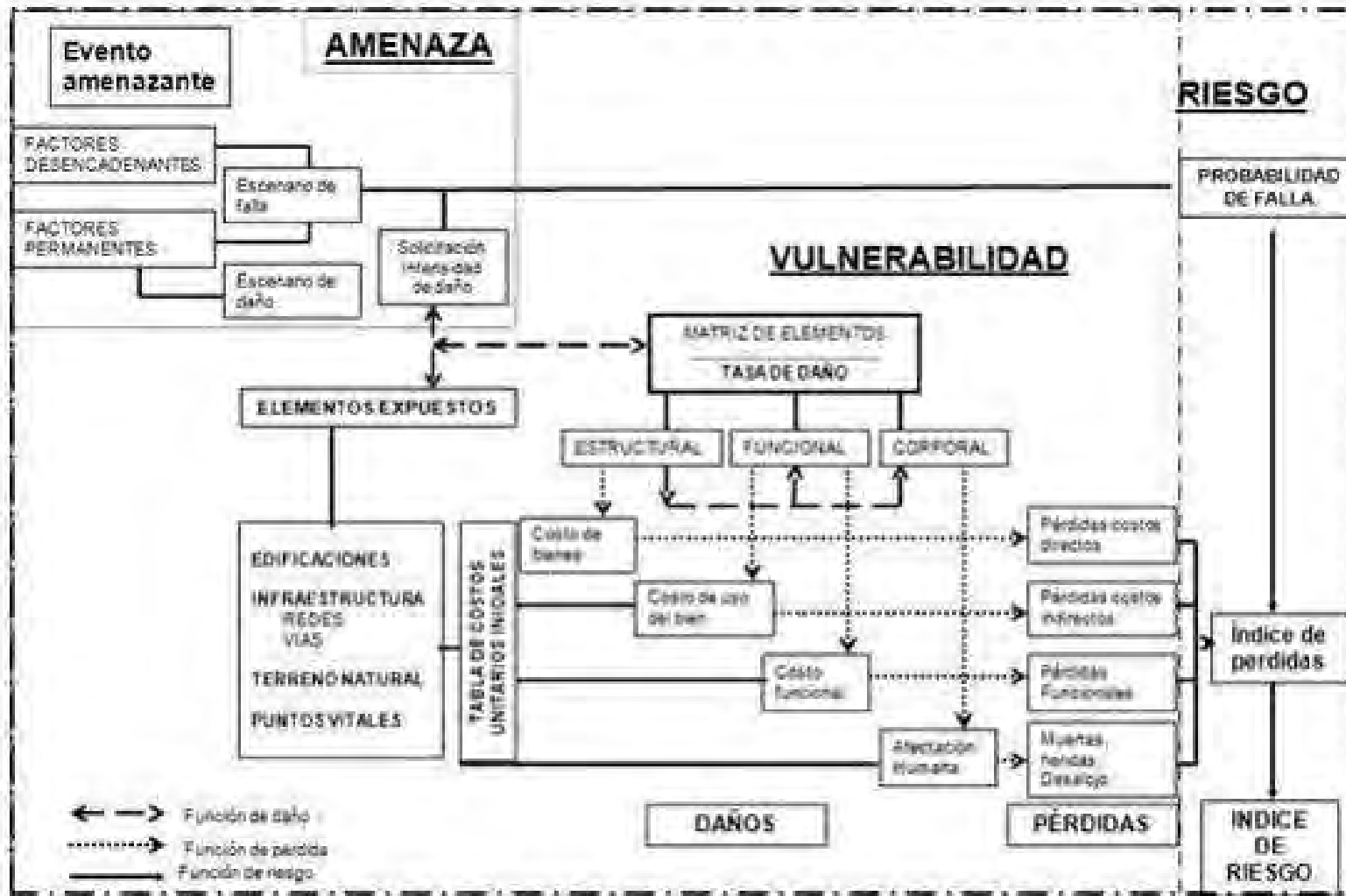


Figura 2- 14 Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo

CONTENIDO

3 ESTUDIOS BÁSICOS	3-1
3.1 INTRODUCCIÓN.....	3-1
3.2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	3-1
3.2.1 Información de referencia	3-1
3.2.1.1 Información general.....	3-1
3.2.1.2 Centro poblado de Belén de Bajirá	3-1
3.3 CARTOGRAFÍA BASE	3-2
3.3.1 Introducción	3-2
3.3.2 Localización cartográfica del área.....	3-2
3.3.3 Cartografía existente	3-2
3.3.3.1 Cartografía DANE.....	3-3
3.3.3.2 Cartografía IGAC.....	3-3
3.3.3.3 Cartografía e Información Catastral.....	3-3
3.3.4 Levantamiento topográfico.....	3-3
3.3.4.1 Georreferenciación	3-3
3.3.4.2 Levantamientos topográficos.....	3-7
3.3.4.3 Generación Mapa Topográfico	3-8
3.3.5 Información predial a nivel de manzanas.....	3-8
3.3.6 Generación de mapa base.....	3-10
3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	3-10
3.4.1 Contexto Geológico y Geomorfológico Regional y Local	3-11
3.4.2 Geología.....	3-12
3.4.2.1 Batolito de Mandé.....	3-12
3.4.2.2 Aluviones Cuaternarios (Qal).....	3-13
3.4.3 Geomorfología.....	3-14
3.4.3.1 Colinas Bajas Redondeadas (D1).....	3-14
3.4.3.2 Planicie Aluvial.	3-15
3.4.4 Amenazas geológicas.....	3-16
3.4.4.1 Amenaza por Inundación.....	3-16
3.4.4.2 Amenaza Sísmica.....	3-17
3.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....	3-18
3.5.1 Introducción.....	3-18
3.5.2 Hidrología - clima.....	3-18
3.5.2.1 Precipitación.....	3-19
3.5.2.2 Temperatura.....	3-20
3.5.2.3 Humedad relativa	3-21
3.5.2.4 Evapotranspiración.....	3-21
3.5.3 Hidrología - Caudales.....	3-22
3.5.3.1 Caudales del río Bajirá	3-23
3.5.3.2 Caudales del rio Surrumbay	3-27
3.5.3.3 Caudales del Rio Sucio	3-31
3.5.4 Hidráulica	3-32

3.5.4.1	Río Bajirá.....	3-32
3.5.5	Resultados	3-43
3.6	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	3-44
3.6.1	Investigación del subsuelo.....	3-45
3.6.1.1	Exploración con sondeos y trincheras	3-45
3.6.1.2	Ensayos In Situ.....	3-46
3.6.1.3	Ensayos de laboratorio	3-46
3.6.2	Caracterización geomecánica.....	3-46
3.6.3	Zonificación geotécnica	3-49
3.7	COBERTURA Y MEDIO BIÓTICO	3-49
3.7.1	Procedimiento cobertura vegetal	3-50
3.7.2	Interpretación de unidades de cobertura vegetal	3-50
3.7.3	Simbología	3-51
3.7.4	Cobertura vegetal y uso actual del suelo	3-52

LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1	Coordenadas geodésicas wgs-84 (época 1995.4)	3-4
Tabla 3-2	Coordenadas planas cartesianas	3-5
Tabla 3-3	Elipsoide world geodetic system 1.984.....	3-5
Tabla 3-4	Coordenadas Geodésicas Wgs-84	3-5
Tabla 3-5	Coordenadas planas cartesianas magna	3-5
Tabla 3-6	Coordenadas Gauss-Kruger Magna – Sirgas Origen Oeste	3-6
Tabla 3-7	Manzanas dentro de la franja de estudio según código propio	3-9
Tabla 3-8	Valores medios mensuales multianuales de precipitación (mm).....	3-19
Tabla 3-9	valores medios mensuales de las variables del clima	3-22
Tabla 3-10	Valores de precipitación máxima en 24 horas de la recurrencia indicada (mm).....	3-24
Tabla 3-11	Valores de p máx. en 24 horas de la recurrencia indicada, Villa Arteaga	3-29
Tabla 3-12	caudales del río Sucio de diferentes recurrencias.....	3-32
Tabla 3-13	Características del flujo Caudal de dos años de recurrencia	3-33
Tabla 3-14	Características del flujo Caudal de diez años de recurrencia.....	3-39
Tabla 3-15	Exploración del subsuelo	3-45

LISTA DE FIGURAS

Figura 3- 1	GPS TOPCON Hlper +	3-6
Figura 3- 2	Navegador Garmin GPSMAP60Cx.....	3-7
Figura 3- 3	Mapa Geológico – geomorfológico	3-11
Figura 3- 4	Banqueo para vivienda en La Colina, se observa el suelo tipo C-III, con bloques de roca.....	3-13
Figura 3- 5	Panorámica de Bajirá, cerró las colinas al fondo, río Bajirá en primer plano. Foto, Fuente: Desconocida.	3-14
Figura 3- 6	Aspecto general del río Bajirá y las terrazas T0 y T1.....	3-16
Figura 3- 7	Amenaza sísmica de Bajirá. Los números representan la aceleración máxima esperada (Aa).....	3-17
Figura 3- 8	Variación intraanual de la precipitación	3-20
Figura 3- 9	Variación de Temperatura.	3-20
Figura 3- 10	Variación de la humedad relativa.	3-21
Figura 3- 11	Valores de evapotranspiración	3-22

Figura 3- 12 Análisis de frecuencia P máx. en 24 horas (mm) - Bajirá.....	3-23
Figura 3- 13 Distribución de precipitación.....	3-25
Figura 3- 14 Hidrogramas de crecida río Bajirá	3-26
Figura 3- 15 Correlación y regresión inicial.....	3-28
Figura 3- 16 Correlación y regresión final	3-29
Figura 3- 17 Análisis de frecuencia.....	3-29
Figura 3- 18 Hidrogramas de creciente Surrumbay	3-30
Figura 3- 19 Análisis de frecuencia río Sucio.....	3-32
Figura 3- 20 Secciones de flujo.....	3-35
Figura 3- 21 Secciones de flujo – caudal 10 años de recurrencia	3-41

3 ESTUDIOS BÁSICOS

3.1 INTRODUCCIÓN

Se describen y analizan en este capítulo los resultados de las actividades o estudios básicos realizados siguiendo la metodología establecida, para llegar finalmente a establecer la zonificación de áreas de comportamiento homogéneo o unidades de análisis particular.

3.2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE

3.2.1 Información de referencia

Para el desarrollo del presente estudio se realizó la recopilación, revisión y análisis de la información disponible en las diferentes empresas y entidades públicas, sobre estudios previos realizados en el área de estudio.

3.2.1.1 Información general

Dentro de la información de referencia a nivel regional y que puede resultar de utilidad para el desarrollo del proyecto se encontraron los siguientes documentos:

- Geología del departamento de Antioquia. Plancha Escala 1:100000. IGAC – INGEOMINAS, 2006.
- Mapa geológico del departamento de Antioquia Escala 1:400000. Memoria explicativa. Ingeominas, 2001.
- Geología regional alrededores inmediatos de Belén de Bajirá. Plancha Escala 1:100000. IGAC – INGEOMINAS, 2006.
- Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Antioquia. Ingeominas, 1995.
- Censo general 2005, nivel nacional. DANE, 2005.

3.2.1.2 Centro poblado de Belén de Bajirá

A continuación se presenta una relación de la información previa existente para el área de estudio:

- Plan de ordenamiento territorial municipio de Mutatá. Alcaldía municipal, 2000.

- Plancha topográfica, 102-II-C, escala 1:100000. IGAC, 1972
- Plancha topográfica 102-II-D, escala 1:25 000. IGAC, 1972
- Plancha topográfica PL_102_2008, escala 1:100000. IGAC, 2008
- Fotografías aéreas, Vuelo C-2776 Fotos 0067 a 0071, escala 1:3340. IGAC, 2006.
- Fotografías aéreas, Vuelo R-986 Fotos 0078-0079, escala 1:20600. IGAC, 1984.
- Plano catastral – departamento Catastro Antioquía - Centro Poblado de Belén de Bajirá, escala 1:10000.
- Imagen del plano Catastral del Centro Poblado de Belén de Bajirá, escala 1:2000. Municipio de Mutatá.
- Boletín del DANE, censo General 2005 Perfil de Belén de Bajirá.
- Censo DANE Belén de Bajirá, 2005.
- Estadísticas municipales SISBEN – Municipio de Mutatá.

3.3 CARTOGRAFÍA BASE

3.3.1 Introducción

Se describe y analiza en este capítulo la información cartográfica recopilada de fuentes secundarias, como el IGAC, Catastro, POT de cada municipio ó imágenes satelitales, además, de la topografía del terreno obtenida directamente en campo.

3.3.2 Localización cartográfica del área

Las siguientes coordenadas planas enmarcan el cuadrángulo en el que se localiza la zona en estudio, la cual corresponde al perímetro urbano de Belén de Bajirá:

1307600 m N 1038800 m E en el extremo noroccidental y 1306200 m N 1040800 m E en el extremo suroriental del municipio.

Altimétricamente se tiene una cota máxima de 73 msnm donde se emplazan las torres de telecomunicaciones de la parte alta de la ladera oriental y una cota de mínima de 18 msnm en el fondo del río Bajirá. La cabecera municipal presenta una altura promedio de 24,5 msnm.

3.3.3 Cartografía existente

Para el estudio se consultó la cartografía existente en el DANE y del POT del Municipio, cuyas planchas se describen a continuación.

3.3.3.1 Cartografía DANE

No fue posible encontrar cartografía DANE, por lo tanto no se pudo obtener un código a nivel de manzanas, que me permitiera relacionar la información del Censo 2005 a nivel de manzanas.

3.3.3.2 Cartografía IGAC

Esta cartografía corresponde a las planchas topográficas 102-II-C y 102-II-D del año 1972 a escala 1:25000 y la plancha PL_102_2008 a escala 1:100 000. Donde se observa la ubicación general de Belén de Bajirá.

3.3.3.3 Cartografía e Información Catastral

La cartografía catastral consultada al municipio corresponde a la actualización realizada en el año 2006 a partir de sobrevuelos aéreos y permite visualizar la distribución espacial de las manzanas, vías y edificaciones especiales. Adicionalmente se consultó el listado de predios del municipio en orden de cédula catastral de la Dirección de Sistemas de Información y Catastro del Departamento de Antioquia.

3.3.4 Levantamiento topográfico

3.3.4.1 Georreferenciación

3.3.4.1.1 Objetivo

Posicionamiento de 4 (Cuatro) puntos principales de primer orden “2 bases de salida, punto y su señal de azimuth” por el sistema de GPS que nos sirvan para el control y cierre de las poligonales de amarre de los levantamientos topográficos y batimétricos adelantados en la zona. Cada base de salida se ubico al principio y fin de los tramos en estudio con el fin de controlar el recorrido total de las áreas del proyecto.

3.3.4.1.2 Metodología

Los trabajos geodésicos se realizaron con el Sistema de Posicionamiento Global GPS., utilizando la constelación de satélites NAVSTAR de los EUA tomando como base la estación permanente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi más cercana al municipio de San Pedro que en este caso es el Vértice MEDE en el municipio de Medellín (Antioquia) a 181 Km aproximadamente, para incluir los datos a la Red Magna-Sirgas, por el método Estático cumpliendo los requerimientos técnicos para ello exigidos:

- Ángulo mínimo de recepción: 15 grados sobre el horizonte
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 4
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 6
- No inclusión de satélites descompuestos
- Recolección de datos para tres dimensiones

- Tiempo mínimo de recolección de datos: 20 minutos por el primer kilómetro y 3 minutos por cada kilómetro adicional con GPS de doble frecuencia (por ello varía dependiendo de la distancia a la estación Permanente del IGAC)
- Duración de épocas a captar: 15 segundos

Dadas estas condiciones y con el adecuado procesamiento de datos se obtiene información de alta calidad para cada punto.

- a) Metodología de campo y oficina: Se ubico una estación principal de GPS de doble frecuencia en el GPS-1 de arranque de nuestros trabajos de amarre sobre la cual el día 17 de febrero se le hizo un rastreo continuo de 5 horas y 2 minutos controlando paulatinamente la buena recepción de satélites que en nuestro caso oscilo de 14 satélites garantizando la precisión de nuestro punto de origen a 5.5 cm de precisión horizontal y 3.4 cm de precisión vertical con respecto a las coordenadas magna-sirgas de Colombia. Simultáneamente se colocaron el GPS-2 que es su señal de azimut de precisión milimétrica al norte sobre la misma vía, otra pareja se coloco para el cierre GPS-3 y GPS-4 con precisiones promedio en horizontal de 2 mm y 4 mm en vertical al nororiente del barrio El Indio.
- b) Para calcular las coordenadas del vértice GPS-1 en el sistema magna-sirgas se partió de los datos que presenta el IGAC del punto MEDE actualizados semana a semana en su página oficial www.igac.gov.co ya que las antenas permanentes no son certificadas sino que publican sus coordenadas geocéntricas, luego se calculan las coordenadas Gauss Krugger con el programa magna_sirgas_prov 3.0 de origen Oeste y la Ondulación Geoidal con el programa Geocol 2004, obteniendo los valores actualizados de:

Antena	Coordenadas Geocéntricas	Coordenadas Gauss	Alturas
MEDE	X=15796088.4574	06°11'57.85758"	Elipsoidal: 1553.421
	Y=-6142783.8307	-75°34'44.09951"	Geométrica: 152 8.637
	Z= 684352.4050		Ondulación: 26.64

Con estos valores y los rinex de cada punto hacemos el post-proceso entre MEDE y nuestra base GPS-2 con el programa original del equipo de gps Topcon Tools y a partir de este se efectúa el postproceso para los tres (3) puntos restantes obteniendo las parejas de GPS de amarre.

- a) *Parámetros Geodésicos y de Transformación:*

Tabla 3-1 Coordenadas geodésicas wgs-84 (época 1995.4)

COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 (época 1995.4)			
LATITUD (N)	LONGITUD (W)	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA (msnm)
03°48'44.63635"	76°46'47.20890"	296.494	275.80

Tabla 3-2 Coordenadas planas cartesianas

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS	
NORTE	ESTE
913332.746 m	1033070.188 m

b) *Procesamiento de la información:* Los parámetros de referencia del elipsoide WGS-84, utilizado por el sistema GPS al elipsoide Internacional, son los siguientes:

Tabla 3-3 Elipsoide world geodetic system 1.984

ELIPSOIDE WORLD GEODETIC SYSTEM 1.984 Unid=metro			
DATUM	A	1 / f	b
WGS / 84	6'378.137.00	298.257223563	6'356.752.3142

Tabla 3-4 Coordenadas Geodésicas Wgs-84

COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 (época 2008.2)			
LATITUD (N)	LONGITUD (W)	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA (msnm)
03°48'44.64140"	76°46'47.20656"	296.4936	275.80

Tabla 3-5 Coordenadas planas cartesianas magna

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS MAGNA	
NORTE	ESTE
913332.900 m	1033070.260 m

Los cálculos se realizan sobre el Elipsoide WGS-84 y luego son trasladados al Elipsoide Internacional, utilizando

Parámetros de traslación: $\Delta X: 307$ Factor de Escala: $\Delta = 0$
 $\Delta Y: 304$
 $\Delta Z: 318$

Parámetros de rotación: $\omega = 0$
 $\psi = 0$
 $\xi = 0$

Valores correspondientes a los presentados por la DMA en 1987.

Este proceso para el IGAC se denomina componente sistemática, pero además se incluye una corrección por componente aleatoria, la cual compensa la deformación del Vértice APTO debido a desplazamientos de los vértices geodésicos por movimientos tectónicos, disminución de precisión de las posiciones a medida que aumenta la distancia del punto Datum y la baja cualificación del Geoide cuando la Red clásica fue establecida. Es llamada aleatoria porque presenta diferentes comportamientos a lo largo del país y sus valores dependen completamente de la zona de interés.

La altura geométrica se calcula partiendo de la Ondulación Geoidal de cada sector en el municipio de Belén de Bajirá que en este caso oscila entre 14.81 y 14.85 m.

Es importante aclarar que estos valores resultan de un proceso matemático aproximado a cada zona del país y obtenemos la altura ortométrica que tal como la garantiza el IGAC tiene más o menos 80 cm de diferencia con la geométrica de este punto.

- Nuestro programa arrojó los siguientes valores de GPS:

Tabla 3-6 Coordenadas Gauss-Krueger Magna – Sirgas Origen Oeste

COORDENADAS GAUSS-KRUGGER MAGNA-SIRGAS ORIGEN OESTE			
PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ORTOMETRICA (msnm)
GPS-1	1306227.646	1039110.195	24.049
GPS-2	1306469.454	1039111.290	24.394
GPS-3	1307402.087	1040376.225	25.359
GPS-4	1307438.734	1040515.540	37.744

El cálculo de estos puntos aparece en los cuadros de post-proceso mostrados más adelante

3.3.4.1.3 Equipos Utilizados

- a) 3 ANTENAS GPS TOPCON HIPER+: Tres equipos de GPS 2 de Doble Frecuencia L1/L2. Descripción: Tiene Integrado el receptor de GPS y la antena, radio transmisor y antena, y por separado CDU/PCMCIA y la batería, posee 40 canales en L1, 20 L1+L2 GPS/GLONASS. Ver Figura 3-1.

Especificaciones en Static/Rapid Static: en Horizontal 3mm+1 ppm y en vertical 5 mm + 1 ppm. GPS ANTENNA / Internal; ANTENNA TYPE 7 Microstrip (zero-centered), GROUND PLANE Antenna on a flan ground plane.



Figura 3- 1 GPS TOPCON Hiper +

- b) *Navegador Garmin GPSMAP60C*sx: Es un navegador de precisión pos-métrica que puede detectar hasta 12 satélites y que con seis (6) que capture da una buena precisión de posicionamiento para localizar puntos de control del trabajo de localización. Ver Figura 3-2.



Figura 3- 2 Navegador Garmin GPSMAP60Cx

3.3.4.2 Levantamientos topográficos

3.3.4.2.1 Objetivo

Determinar la magnitud y forma real (planimétrica y altimétrica) del río cada uno de los frentes de trabajo tanto en la zona urbana como en el cauce y rivera de los ríos y quebradas de este estudio como base de los trabajos de diseño y construcción de las obras de protección, control y mitigación a adelantar en cada uno de ellos.

3.3.4.2.2 Metodología

A partir de las bases de salida compuesta por parejas de GPS (GPS1-GPS2), se trazó una poligonal con cierre en otra parejas de GPS (GPS3-GPS4) con estación total geodésica y por radiación directa se tomaron todos los puntos que describen la zona en estudio, puntos como vías, construcciones, cercas, terrazas, taludes, canales, riveras, lecho de las fuentes de agua, taludes, puentes, árboles y demás existentes generando la base cartográfica georreferenciada de la zona.

Datos técnicos:

Localización del Proyecto: Centro poblado de Belén de Bajirá – Antioquia (Colombia)
Longitud: Sobre el río Bajirá y la Quebrada El Indio en una extensión de 6168.70m

Características Topográficas: Tanto el río como la quebrada se hallan en terrenos planos, pero por sus características meándricas generan erosiones y socavación en las curvas, en varios sitios la diferencia de altura entre la lámina de agua actual y los paramentos presentan diferencias de altura de tan solo 1 m. En términos generales entre la diferencia de altura entre el lecho del río y la quebrada son pequeñas luego cualquier subida del cauce puede lesionar significativamente el entorno urbano.

3.3.4.2.3 Equipo utilizado

- Estación Electrónica Total Geodésica Leica TC1800

Son estaciones de orden geodésico óptimas para cualquier tipo de trabajos de alta precisión.

Datos técnicos:

- Alcance: Con un prisma, entre 3500 y 4000 m. en condiciones malas y/o buenas
- Con tres prismas, entre 6000 y 8000 m en condiciones malas y/o buenas
- Falla en distancia: 3 mm / 7 Km
- Falla en ángulos: 1"
- Precisión: 1" de lectura directa

La estación cuenta con:

- Dos (2) bastones con ojo de pollo de 2.5 m y dos (2) bastones de 5.0 m de altura con sus respectivos prismas, un bastón tiene una pacha de 3 prismas.
- Trípode metálico, dos pilas, cargador.
- Estuches respectivos de los equipos y radios de comunicación con un alcance de 3.3 km.

3.3.4.3 Generación Mapa Topográfico

Los datos de campo se bajaron directamente desde la cartera electrónica al computador, evitando errores de transcripción y agilizando este proceso.

Los cálculos y el dibujo de los levantamientos se realizaron asistidos por computador en sistema CAD, del cual se generaron archivos magnéticos de dibujo, con extensión DWG.

En el proceso de oficina, se realizaron las siguientes actividades:

- a) Post proceso de la información recolectada por los GPS.
- b) Cálculo y procesamiento de datos.
- c) Dibujo del levantamiento en sistema CAD.
- d) Modelo digital del terreno
- e) Informe

3.3.5 Información predial a nivel de manzanas

Teniendo en cuenta que se requiere una numeración básica que permita identificar las manzanas del municipio, se realizó un inventario de manzanas por diversas fuentes.

Inicialmente se buscó información DANE, pero aunque la información del censo DANE 2005 está disponible; no fue posible conseguir un mapa con la codificación que utilizaron para identificar las manzanas.

En esta información DANE aparecen 42 manzanas dentro de las cuales al momento del censo aún no se encontraba el barrio el Belencito 2.

En la información catastral, al igual que en el DANE no fue posible hallar un mapa con la codificación que le asignaron a cada manzana; este mapa era indispensable para relacionar la información Sisben, por lo que esta información no fue relacionada por manzana, sino por Barrio.

Los Barrios que se consideraron fueron:

- Belencito 2
- Belencito 1
- 4 de Agosto
- El progreso
- Buenos Aires
- El centro
- El Indio
- La Colina

Al no tener un código Catastro o DANE donde pudiera relacionar la información DANE y Sisben, se optó por colocar un número propio, el cual consta de las tres letras MBB que significan “Mutata _ Belén de Bajirá” seguido de dos números que corresponden al barrio y dos números más que corresponden a la ubicación e la manzana en el barrio.

El área de estudio comprende, las siguientes manzanas:

Tabla 3-7 Manzanas dentro de la franja de estudio según código propio

MBB_0101	MBB_0124	MBB_0223	MBB_0310	MBB_0401	MBB_0426
MBB_0102	MBB_0125	MBB_0224	MBB_0311	MBB_0402	MBB_0427
MBB_0103	MBB_0201	MBB_0225	MBB_0312	MBB_0403	MBB_0428
MBB_0104	MBB_0202	MBB_0226	MBB_0313	MBB_0404	MBB_0429
MBB_0105	MBB_0203	MBB_0227	MBB_0314	MBB_0405	MBB_0430
MBB_0106	MBB_0204	MBB_0228	MBB_0314	MBB_0406	MBB_0431
MBB_0107	MBB_0205	MBB_0229	MBB_0315	MBB_0407	MBB_0432
MBB_0108	MBB_0206	MBB_0230	MBB_0316	MBB_0408	MBB_0433
MBB_0109	MBB_0207	MBB_0231	MBB_0317	MBB_0409	MBB_0434
MBB_0110	MBB_0208	MBB_0232	MBB_0319	MBB_0410	MBB_0434
MBB_0111	MBB_0209	MBB_0233	MBB_0320	MBB_0411	MBB_0435
MBB_0112	MBB_0210	MBB_0234	MBB_0321	MBB_0412	MBB_0436
MBB_0113	MBB_0211	MBB_0236	MBB_0322	MBB_0413	MBB_0437
MBB_0114	MBB_0212	MBB_0237	MBB_0323	MBB_0414	MBB_0438
MBB_0115	MBB_0213	MBB_0238	MBB_0324	MBB_0415	MBB_0439
MBB_0116	MBB_0213	MBB_0301	MBB_0325	MBB_0416	MBB_0440
MBB_0117	MBB_0214	MBB_0301	MBB_0326	MBB_0417	MBB_0441
MBB_0118	MBB_0215	MBB_0302	MBB_0327	MBB_0418	
MBB_0119	MBB_0216	MBB_0303	MBB_0328	MBB_0419	
MBB_0120	MBB_0217	MBB_0304	MBB_0329	MBB_0420	
MBB_0121	MBB_0218	MBB_0305	MBB_0330	MBB_0421	
MBB_0122	MBB_0219	MBB_0306	MBB_0331	MBB_0422	
MBB_0123	MBB_0220	MBB_0307	MBB_0332	MBB_0423	
MBB_0124	MBB_0221	MBB_0308	MBB_0333	MBB_0424	
	MBB_0222	MBB_0309	MBB_0335	MBB_0425	

3.3.6 Generación de mapa base

A partir de los resultados de la georeferenciación, levantamiento topográfico y cartografía predial y social, se generó el mapa base para los estudios de zonificación.

El mapa base de la zona urbana del municipio contiene:

- Curvas de nivel obtenidas a partir del levantamiento topográfico, cada metro.
- Cauces obtenidos a partir del levantamiento topográfico y contrastado con el mapa catastral.
- Polígonos de manzanas obtenidas del mapa catastral y verificadas con topografía
- Vías urbanas y de acceso, obtenidas del mapa catastral y topografía.
- Numeración de manzanas, según mapa catastral y completada con levantamiento de campo.

El plano No 1 muestra el mapa base.

3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Los aspectos geológicos regionales se tomaron de información publicada de INGEOMINAS y se complementaron en el marco local con observaciones de campo realizadas específicamente para este trabajo y la interpretación de las siguientes aerofotografías:

Vuelo	Año	Escala	Aerofotografías
IGAC R-986	1984	1:20.600	078 - 079
IGAC C-2776	2006	1: 3340	67 a 71
AE- 277	2007	1:10.000	516-518

Fisiográficamente, el área urbana del corregimiento Belén de Bajirá se localiza sobre una gran planicie aluvial, compuesta por una serie de depósitos aluviales subrecientes, depositados en un ambiente transicional de litoral, en la cual se destacan algunos cerros aislados como lo son el cerro La Colina y otro cerro pequeño que se localiza al norte de la quebrada el Indio, los cuales evidencian un paisaje con subsidencia que se llena actualmente con sedimentos aluviales.

Se distinguen únicamente dos niveles de terrazas aluviales, formadas por el río Bajirá y la quebrada el Indio. El área urbana, localizada en la margen norte del río se presenta con un sector principal alargado en dirección E - W y un desarrollo urbano menor, el barrio Belencito localizado en la margen sur del río Bajirá. La precipitación anual es del orden de 3600 mm/año, con un período lluvioso entre marzo y diciembre, donde se alcanzan hasta 400 mm por mes. La temperatura promedio es de 28°C, con muy poca variación a lo largo del año (IGAC, 1977).

3.4.1 Contexto Geológico y Geomorfológico Regional y Local

La geología regional de la zona ha sido estudiada desde principios del siglo XX por diferentes autores y la última compilación fue realizada por IGAC - INGEOMINAS (2006), publicada a escala 1:100.000. En esta publicación se identifica una sola unidad geológica para los alrededores inmediatos de Belén de Bajirá, que genéricamente se le clasifica como aluvión cuaternario, compuesto por gravas, arenas y limos no consolidados de origen por depositación aluvial. Los cerros descritos anteriormente no se han cartografiado previamente por razones de escala.

Para efectos de este estudio, se realizó un trabajo en mayor detalle que incluyó fotointerpretación detallada y verificación de campo para las diferentes unidades, a partir del análisis de varias tomas aerofotográficas que se muestran en la tabla 1. Debido a la poca variedad en las unidades geológicas y geomorfológicas, se diseñó un solo mapa con ambas temáticas (Figura 3-3).

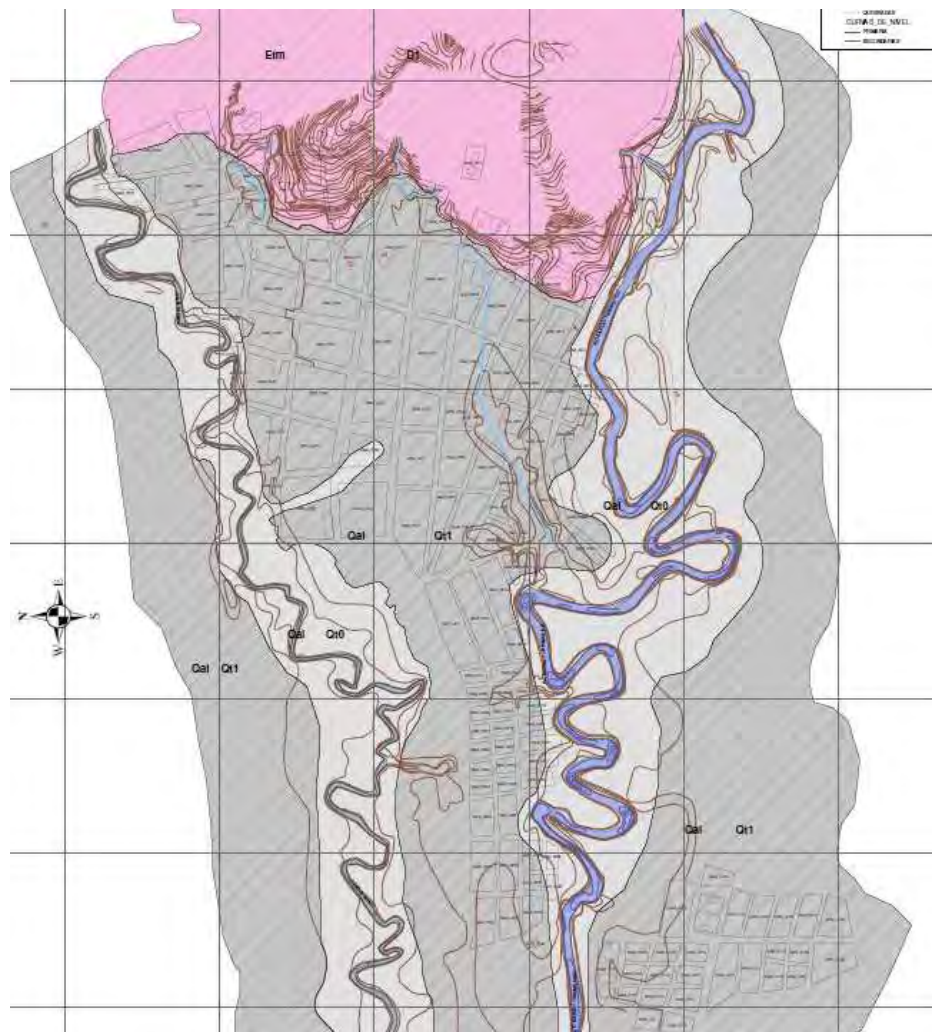


Figura 3- 3 Mapa Geológico – geomorfológico
Fuente: Propia.

3.4.2 Geología.

La planicie inundable que ocupa todos los alrededores de Bajirá hace parte de lo que se ha llamado el Tapón del Darién, una zona cenagosa de origen muy reciente y con depositación de sedimentos actuales dado su bajo relieve y cercanías a la desembocadura del río Atrato al Golfo de Urabá. Solamente al final del siglo pasado, en la década de los años setenta, aserradores de madera y colonos provenientes del área de Dabeiba – Mutatá, comenzaron a tumbar los bosques de esta zona, motivados con la apertura de la supuesta vía Panamericana que pretendía abrir el Tapón del Darién para unir por carretera a Colombia con Panamá, haciendo un carreteable entre Mutatá y Riosucio (Chocó). La construcción de la vía estuvo suspendida varias décadas en un sitio a mitad de la selva, que por ser punto terminal de carretera se fue poblando hasta conformar lo que es actualmente el corregimiento de Bajirá. Solamente en la década del 2000, la vía consiguió llegar a Riosucio y su prolongación hacia Panamá es tema de controversias políticas y ambientales muy complejas, al punto que no han permitido su prolongación.

La apertura de fincas con vocación ganadera ha propiciado canales y desvíos de cauces que han propiciado el secamiento parcial de terrenos antes cenagosos, probablemente de baja productividad en razón éste carácter original. El secamiento de extensos humedales debe ser un tema de atención en el corto plazo por parte de la autoridad ambiental, en vista de la progresiva desaparición de estos por la presión de ampliación de una frontera agrícola que no se justifica ni económicamente, dada la baja productividad de los suelos.

3.4.2.1 Batolito de Mandé.

Este nombre se asigna a un extenso cuerpo intrusivo que compone parte del núcleo de la Cordillera Occidental en su parte norte y aflora desde el límite sur entre los departamentos de Antioquia y Chocó, en el municipio de Carmen de Atrato, unos 150 Km al sur de Bajirá y se extiende más allá de la frontera con la República de Panamá. La Cordillera Occidental va perdiendo altura desde Dabeiba hacia el norte y aproximadamente unos 30 Km al sur de Bajirá, las rocas que la componen han sido erosionadas y se sumergen por debajo de sedimentos relacionados con la depositación reciente y actual del delta del río Atrato y sus afluentes en esta latitud. La cordillera preexistente parece haber sufrido subsidencia (hundimiento regional), y los materiales aluviales fueron llenando sus depresiones y valles, con lo que en la actualidad solamente afloran algunos cerros aislados rodeados por sedimentos.

El anterior origen ilustra la presencia de los dos pequeños cerros cercanos a Belén de Bajirá, el más cercano de ellos haciendo parte del casco urbano y se le conoce como La Colina, donde se encuentran las antenas de comunicaciones del Municipio.

La roca que compone ambos cerros se considera una prolongación del Batolito de Mandé, que en este lugar presenta composición granodiorítica, pues su contenido de cuarzo es relativamente bajo, menor del 8%, mientras que la plagioclasa representa casi el 70% de la masa total, siguiendo en composición Hornblenda con 22%. No existe un afloramiento de roca fresca, sino que ella se encuentra en diversos estados de descomposición, formando un perfil de meteorización de más de 6 m de espesor. Algunos grandes bloques residuales han sido desenterrados en los procesos de banqueos para la construcción de

vivienda y ellos representan la única roca fresca que se puede obtener en la colina. El Perfil de meteorización encontrado tras una de las viviendas (Figura 3-4), es el siguiente:

Profundidad (cm)	Descripción
0 a 15	Horizonte A, color pardo rojizo, areno-limoso, bajo en contenido de materia orgánica, abundantes raíces vivas, maduro por estructuras de <i>peds</i> .
15 a 20	Horizonte B, color ocre rojizo, limoarcilloso, con raíces vivas, poco maduro, con <i>peds</i> de 4 a 5 mm. de diámetro.
20 a 40	Suelo tipo C-VI, color ocre rojizo, homogéneo, limoso, cohesivo.
40 a 120	Suelo tipo C-V, color ocre rojizo, con textura gruesa, de cristales originales de 4 a 5 mm de diámetro, plagioclasas caolinizadas.
120 a 240	Suelo tipo C-IV, con escasos bloques de roca casi totalmente meteorizados, matriz limoarcillosa >90%.
240 a 520	Suelo tipo C-III, con abundantes bloques decimétricos de roca con núcleos frescos.

No se encontró un perfil más profundo.



Figura 3- 4 Banqueo para vivienda en La Colina, se observa el suelo tipo C-III, con bloques de roca.

Fuente: Propia.

El perfil indica una topografía relativamente antigua, con alta oxidación de los minerales, bajo condiciones muy húmedas, semejantes al clima actual.

3.4.2.2 Aluviones Cuaternarios (Qal).

Esta unidad forma mayor parte del suelo urbano de Belén de Bajirá y se compone de una alternancia de arcillas y limos dispuestos en estratos lenticulares, con ocasionales lentes de gravas que evidencian paleocauces. Se distinguen dos niveles de composición igual.

Superficialmente se observan en las aerofotografías estructuras de cauces abandonados muy recientes que revelan depositación de materiales en inundaciones de relativa alta ocurrencia.

3.4.3 Geomorfología.

En el numeral de geología se estableció la génesis del paisaje como un hundimiento de esta parte de la cuenca del río Atrato en épocas recientes, lo que permite una coincidencia en los límites de las unidades geológicas con las geomorfológicas. El perfil montañoso de la cordillera que se hunde y es cubierta casi en su totalidad es la génesis de este paisaje de llanura con cerros aislados. Se definen entonces dos unidades geomorfológicas: Colinas Aisladas y Planicie Aluvial.

3.4.3.1 Colinas Bajas Redondeadas (D1).

Se refiere específicamente al pequeño cerro conocido en el área urbana como La Colina y otro de tamaño y altura similar que se localiza unos cientos de metros al norte del casco urbano de Belén de Bajirá.

Son colinas de altura baja menores de 50m, de topos amplios subredondeados; con vertientes rectas y suaves, de inclinación menor de 20%. Estas se presentan como cerros aislados con baja incisión, sin formar cauces internos debido a su tamaño menor (Fig. 3-5).



Figura 3- 5 Panorámica de Bajirá, cerró las colinas al fondo, río Bajirá en primer plano. Foto, Fuente: Desconocida.

En la actualidad hay alguna presión urbanística sobre el cerro La Colina, seguramente por su característica de no inundable, a la vez que en sus laderas se dan procesos de extracción de suelo para entresuelos de las viviendas. Bajo el primer aspecto, el cerro La

Colina es un referente geográfico muy importante por su singularidad para la zona urbana del corregimiento y debería ser declarado como bien público donde se prohíba toda nueva construcción, su aptitud natural es de zona de conservación.

La explotación de limos arenosos en las laderas de La Colina debe ser una actividad prohibida, en razón a que cada vez se están haciendo cortes más altos y se está llegando al límite de su estabilidad, lo que se convierte en una amenaza potencial por movimientos en masa. Además de lo anterior, las superficies que quedan sin protección vegetal generan focos de erosión que se pueden convertir en cárcavas, con el consecuente deterioro de su estabilidad.

El valor paisajístico de La Colina es invaluable y si este recurso de limos arenosos es estratégico para urbanización del corregimiento, se debe destinar una porción del otro cerro localizado al norte del área urbana para su extracción.

3.4.3.2 Planicie Aluvial.

Esta planicie pertenece al plano mayor de inundación del río Atrato y en consecuencia es inundable con períodos de recurrencia cortos, menores de 5 años y además por la alta pluviosidad de la zona, son encharcables; al punto que para poder aprovechar precariamente sus suelos, ha sido necesario en la mayor parte de los potreros existentes, construir drenajes adicionales para tratar de evacuar más rápidamente las aguas lluvias.

Esta medida presta beneficios solamente parciales en la parte rural, debido al poco desnivel de la planicie. Pero en la parte urbana, los intervalos de recurrencia de las inundaciones que producen afectaciones de leves a moderadas en las viviendas, parecen ser de mayor frecuencia cada cuatro años.

Localmente se definen dos niveles de terrazas aluviales, de composición similar pero de diferente altura sobre el nivel de aguas medias, que se han clasificado como T0 y T1.

Terraza Cero (T0). Este nivel se asocia directamente con los cauces actuales del río Bajirá y la quebrada el Indio y es fácilmente identificable por su menor altura sobre el cauce normal del río, pues alcanza solamente unos 2 m de altura sobre el río Bajirá y 1 m sobre la quebrada El Indio. Es inundable prácticamente cada año durante las temporadas lluviosas y de ninguna manera debe ser permitido construir sobre él, así sea construcción palafítica, para facilitar una futura recuperación de cauces y al menos poder hacer limpieza o dragado de ellos.

Terraza Uno (T1). Este nivel aluvial se levanta de 3 a 3.5 m sobre el nivel de aguas medias del río Bajirá (Figura 3-6), y un poco menos de 2 m sobre la quebrada El Indio. No está definida como una superficie llana porque todavía se presentan sobre ella cauces abandonados que no han sido colmatados completamente por las inundaciones y además porque algunos propietarios han extraído parte del depósito para realzar el nivel de algunas construcciones, dejando depresiones que permanecen encharcadas a casi todo lo largo del año. El resultado de lo anterior es que durante las épocas lluviosas, se presentan numerosas áreas encharcadas en el área urbana, propiciando situaciones de insalubridad.



Figura 3- 6 Aspecto general del río Bajirá y las terrazas T0 y T1
Fuente: Propia.

3.4.4 Amenazas geológicas

Las características geológicas y geomorfológicas de la zona urbana del corregimiento de Belén de Bajirá, permiten establecer que las amenazas geológicas que la pueden afectar son inundaciones, sismos y movimientos en masa.

3.4.4.1 Amenaza por Inundación

Como ya se expresó en su descripción, la terraza T0 tiene una frecuencia de inundación por lo menos anual y en consecuencia este nivel se debe considerar como de Amenaza Alta.

La recurrencia de inundaciones en La terraza T1 es del orden de 4 años, aunque existen diferencias importantes entre las construcciones porque algunas de ellas son menos vulnerables. La razón de lo anterior es que muchas de las construcciones del casco urbano se han hecho en sitios ligeramente más bajos de la planicie como canales abandonados, que no fueron colmatados totalmente por las inundaciones previas al desarrollo del corregimiento y en otros casos, que se han levantado las viviendas a ras de la vía, sin realzar el terreno o hacer pilotes para que su nivel sea menos vulnerable. La alta pluviosidad presente durante casi todo el año, propicia el encharcamiento de todos los bajos, lo que mantiene de manera permanente un nivel freático casi en superficie y por lo tanto, un aumento en el nivel del río se traduce rápidamente en inundación.

El nivel de amenaza de la terraza T1 se puede considerar como intermedio solamente para propiciar el desarrollo de políticas locales de prevención, tanto a nivel educativo como de espacio de tiempo para tomar medidas de disminución de la vulnerabilidad como las recomendadas en el párrafo siguiente, pues su recurrencia lo hace clasificar como de Amenaza Alta.

Una manera de disminuir la vulnerabilidad del casco urbano a las inundaciones podría ser optimizando el drenaje de las calles para que no se acumulen las aguas, llenando los numerosos bajos encharcables y realizando individualmente las edificaciones sobre llenos del orden de 50 cm o más, que serían cotas con menor frecuencia de inundación. Igualmente, la observación del comportamiento y documentación de las zonas inundadas durante los episodios de aguas altas por parte de personas capacitadas de la administración municipal, podría dar pautas del futuro crecimiento urbano del corregimiento hacia zonas menos vulnerables.

3.4.4.2 Amenaza Sísmica

La amenaza sísmica de un lugar en el territorio nacional está dada por el “Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia” (AIS-INGEOMINAS), 1996., donde se clasifica el área donde se localiza Belén de Bajirá como de Amenaza Alta (Figura 5). En 1992, Bajirá fue afectado severamente por los sismos ocurridos en la zona los días 17 y 18 de Octubre, donde las márgenes del río Bajirá se afectaron severamente y numerosas casa también sufrieron destrucción parcial o total. Para disminuir la vulnerabilidad a eventos semejantes que tarde o temprano van a volver a suceder, es necesario que la autoridad municipal y del corregimiento sean estrictos en aplicar el código, vigilando que toda nueva construcción lo cumpla, para evitar el mayor número posible de damnificados. La reglamentación incluye además un retiro adicional de la margen del río que no debe ser menor de 30 m.

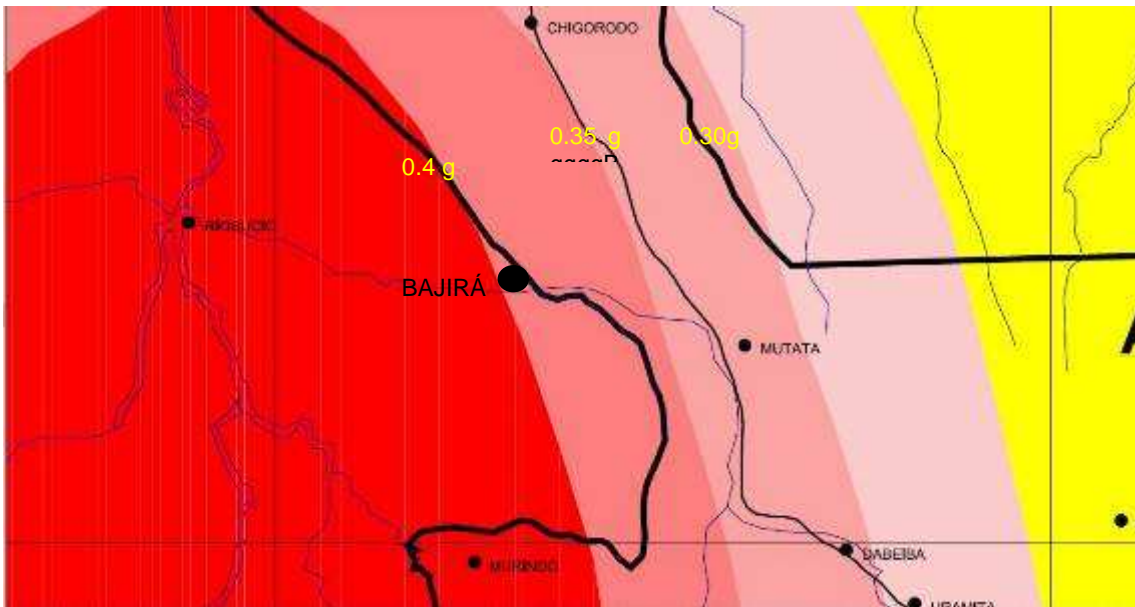


Figura 3- 7 Amenaza sísmica de Bajirá. Los números representan la aceleración máxima esperada (Aa).

Tomado de AIS - INGEOMINAS, (1996).

3.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

3.5.1 Introducción

La población de Belén de Bajirá se localiza al noroccidente del departamento de Antioquia, en el área del Urabá Antioqueño. Parte de la población se ubica al occidente del límite departamental con el Chocó, a orillas de la quebrada Bajirá y del caño El Indio. Por otra parte, el río Sucio discurre a muy poca distancia de la población. Este, en época de avenidas se desborda por su margen derecha, estableciendo comunicación con afluentes del río Bajirá. Como consecuencia de las crecientes de estos cursos de agua, el centro poblado ha sufrido el efecto de las inundaciones por desbordamiento de las aguas de avenida.

El río Sucio en la parte media de su cuenca discurre por un cauce definido y por lo general en forma de V hasta la población de Mutatá. En este sector, el flujo se caracteriza por mostrar velocidades superiores a los dos (2) metros por segundo y una carga de sedimentos tanto de fondo como en suspensión alta, como consecuencia de su poder de arrastre, debido, entre otros factores, a la alta pendiente del cauce. Aguas debajo de Mutatá, las características del cauce y por tanto las del flujo, cambian como consecuencia del abrupto cambio de pendiente. Hacia aguas abajo, el río adopta las características de un río anastomótico (Trenzado lo llaman también). El cauce se convierte en una planicie de inundación de varios kilómetros de ancho en la cual el río deposita los sedimentos más gruesos y el flujo discurre sobre los mismos, formando cauces que se interconectan, en particular durante épocas de estiaje o de caudales bajos. En la ocurrencia de avenidas, el río labra sobre los sedimentos nuevos canales de flujo y puesto que sus orillas son bajas, los desbordamientos se suceden a lo largo del cauce.

Características similares exhibe el cauce de la quebrada Surrumbay, afluente del Sucio aguas arriba de Pavarandocito. Esta corriente tiene una cuenca hidrográfica de más de cien (100) kilómetros cuadrados, en la cual ocurren precipitaciones del orden de 5500 milímetros anuales, con máximos en 24 horas superiores a cien (100) milímetros. Estas precipitaciones dan origen a caudales de avenida, que al alcanzar la parte baja de la cuenca en el pie de las estribaciones de la serranía de Abibe, conforman un cauce anastomótico de características similares a las que exhibe el río Sucio en este sector de su curso. Vale la pena anotar que los caudales máximos obtenidos para esta quebrada, a partir de la precipitación, muestran valores de magnitud importante, los cuales al sumarse a los del río Sucio aumentan considerablemente el caudal de avenida de éste hacia aguas debajo de la confluencia.

El grado de la amenaza a que está sometida la población de Belén de Bajirá por efecto de inundaciones debido a desbordamientos de los ríos Sucio y Bajirá son el objeto del presente estudio. En esta parte del mismo, se presentan los resultados de los análisis realizados en los campos de la Hidrología y la Hidráulica con este propósito.

3.5.2 Hidrología - clima

Las posibilidades de caracterizar adecuadamente el clima del área de Belén de Bajirá se ven menguadas debido a la pobreza de la información climatológica con que se dispuso en el IDEAM. En efecto, las series de datos se inician en 1986 y llegan hasta el año de

1996, con grandes vacíos intermedios que impiden cualquier análisis serio. No obstante, se trata aquí de obtener una idea de las características de los elementos que conforman el clima de la región, al menos, de su variación en el tiempo.

3.5.2.1 Precipitación

La precipitación media mensual multianual del área se obtuvo a partir de los registros existentes en las estaciones Bajirá, Musinga y Tulenapa.

La serie de valores totales mensuales de precipitación correspondiente a la estación de Belén de Bajirá, cubre el período 1986-1996. Las registradas en Tulenapa y Musinga, los períodos 1983 - 2008 y 1983 - 2009, respectivamente. Con el propósito de homogeneizar el período de estudio a la serie más larga, se recurrió a determinar los valores medios mensuales multianuales de Bajirá mediante el empleo de la metodología consistente en hallar la relación de los valores medios mensuales de la estación que presenta la serie corta y los de la estación con la serie larga, para el mismo período de la anterior. Esta relación multiplicada por los valores medios mensuales multianuales de la estación de la serie larga, correspondientes a este período largo, nos produce los medios multianuales de la estación de serie corta, para el período largo, así:

$$P_{x,t} = (P_{x,c} / P_{c,l}) P_{l,t}$$

Donde $P_{x,t}$ es el valor medio multianual para el período largo, en la estación de serie corta; $P_{x,c}$ y $P_{c,l}$ son los valores medios de las series de las estaciones de período corto y largo, correspondientes al período corto y $P_{l,t}$ es el valor medio de la serie larga.

Los valores de precipitación media mensual multianual obtenidos para el período 1983 – 2009, se presentan en la tabla

Tabla 3-8 Valores medios mensuales multianuales de precipitación (mm)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
BAJIRA	162.0	58.0	114.4	271.4	489.5	341.1	446.4	379.0	481.2	352.5	537.8	331.8	3965.2
MUSINGA	79.9	90.9	107.6	211.9	299.5	269.2	213.0	214.1	227.0	255.1	218.7	125.9	2312.8
TULENAPA	94.5	75.9	97.4	264.3	327.6	322.8	286.5	275.8	325.6	329.1	300.4	207.5	2904.4

El promedio de los valores medios obtenidos nos indican que en el área ocurre una precipitación anual de cerca de 3100 mm. Los valores precipitados descienden al avanzar hacia el norte y su génesis se encuentra en los vientos húmedos provenientes del Pacífico.

La variación de la precipitación dentro del año presenta un modelo mono modal, en el cual se presenta un período de escasa precipitación, comprendido entre diciembre y abril y un período de alta precipitación en el período mayo-noviembre, según se aprecia en la Figura siguiente. La precipitación máxima ocurre en los meses de mayo y noviembre, aunque las diferencias con los meses de julio a octubre no son significativas. A partir del mes de diciembre, la cantidad de lluvia desciende hasta alcanzar el mínimo valor en el mes de febrero.

Hacia el oriente de Belén, en las estribaciones de la serranía de Abibe, se registran precipitaciones en 24 horas de más de 200 mm, mientras que en Belén, éstas alcanzan 150 mm y más. Los anteriores valores indican la alta pluviosidad del área y la posibilidad de generación de significativos volúmenes de escorrentía superficial durante la temporada húmeda de los meses de mayo y noviembre, especialmente.

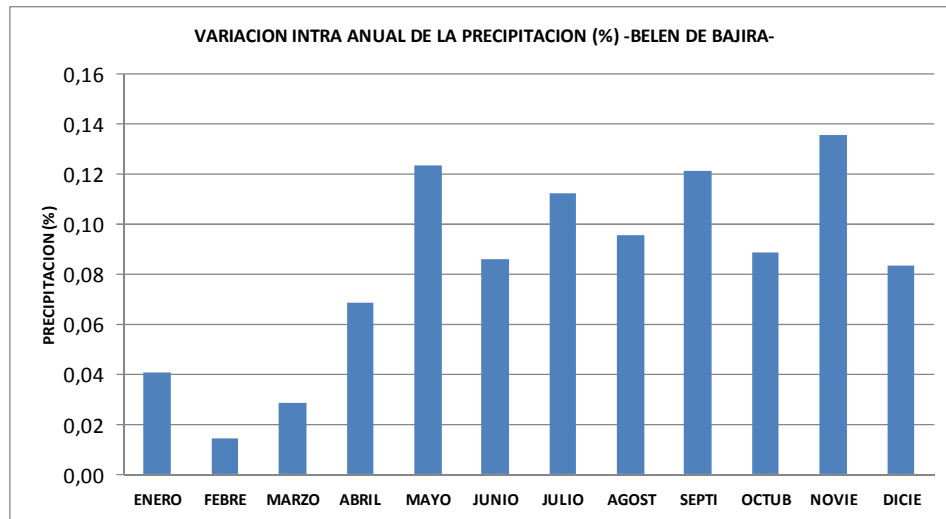


Figura 3- 8 Variación intraanual de la precipitación

3.5.2.2 Temperatura

La temperatura media del aire es de 27° C. El mes más cálido es marzo, en el cual es común la ocurrencia de temperaturas de 27.9°C. Desde este mes hacia el final del año se observa una disminución hasta alcanzar los 26,6° C en el mes de octubre e iniciar el ascenso hasta el mes de marzo nuevamente. La forma de variación de la temperatura del aire dentro del año en la región se aprecia en la siguiente figura.

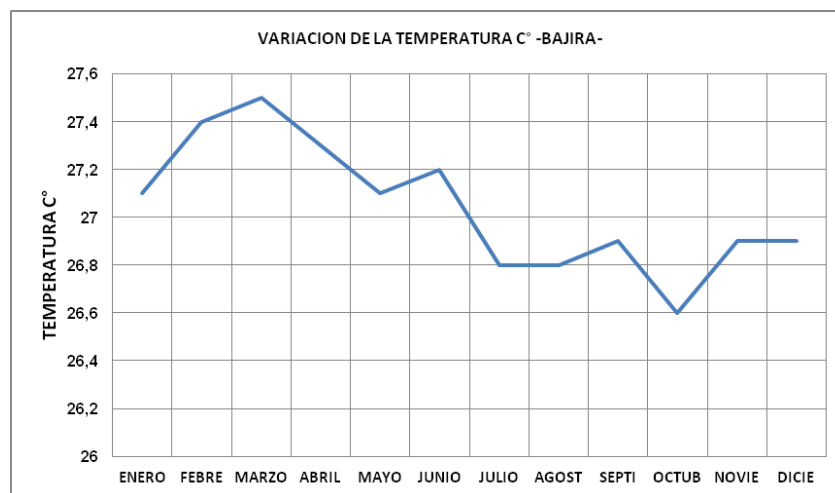


Figura 3- 9 Variación de Temperatura.

3.5.2.3 Humedad relativa

La humedad relativa media del aire de la región es de 84%. Con variaciones menores de mes a mes. El mayor valor se presenta en el mes de junio y se mantiene casi constante hasta finales del mes de enero. Durante abril y mayo, se tienen los valores más bajos dentro del año. En ellos, se observan valores de 74 %, tal como se puede ver en la siguiente Figura.

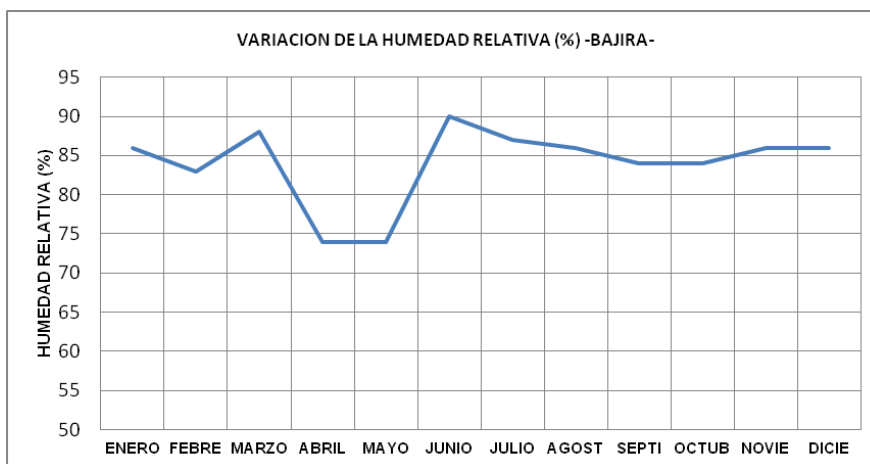


Figura 3- 10 Variación de la humedad relativa.

3.5.2.4 Evapotranspiración

Con base en la información disponible en la estación Bajirá se calculó la evapotranspiración potencial en el área. Puesto que sólo se dispone de información sobre temperatura y humedad relativa del aire, se empleó la fórmula de Hargreaves para su determinación. Esta fórmula utiliza un coeficiente de 13,4 obtenido para Colombia por su autor y se emplea para obtener valores de evaporación de tanque o desde superficies libres de agua. La conversión a valores de evapotranspiración se realiza de acuerdo con los coeficientes de consumo encontrados para diferentes cultivos. En nuestro caso, dado que la región está cubierta primordialmente por pastos, que se caracterizan por el alto consumo, se tomó un factor de 1,0.

La expresión mediante la cual se obtuvieron los valores de evapotranspiración es:

$$E_o = 13,4 d T (1 - 0,01 H_n)$$

Donde d es la relación entre la duración real del día y 12 horas; T es la temperatura media del aire y H_n la humedad relativa al medio día.

Puesto que no se tiene información sobre la humedad relativa al medio día, se calculó mediante la expresión

$$H_n = 1 + 0,4H + 0,005 H^2$$

en la que H es la humedad relativa media para el período de 24 horas

En la gráfica siguiente se puede apreciar que la mayor evapotranspiración corresponde a los meses más secos o de menor porcentaje de humedad en el aire y que se mantiene aproximadamente constante desde el mes de junio.

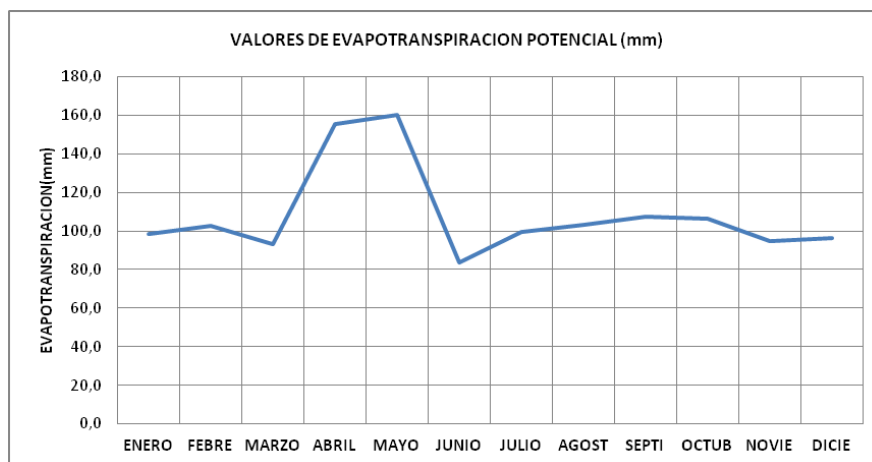


Figura 3- 11 Valores de evapotranspiración

De los resultados del análisis de los elementos que conforman el clima, podemos concluir que la región en la cual se asienta la población de Belén de Bajirá corresponde a clima húmedo, con precipitaciones totales en el año que superan los dos mil milímetros y humedad relativa superior el 80 % en la casi totalidad del año. Por otra parte, aire es cálido, con temperatura que muestra poca variación de un mes a otro.

Los valores medios mensuales de las variables del clima se muestran en el Cuadro siguiente

Tabla 3-9 valores medios mensuales de las variables del clima

VARIABLE	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VALOR ANUAL
PRECIPITACION (mm)	162.0	58.0	114.4	271.4	489.5	341.1	446.4	379.0	481.2	352.5	537.8	331.8	3965.2
TEMPERATURA °C	27.1	27.4	27.5	27.3	27.1	27.2	26.8	26.8	26.9	26.6	26.9	26.9	27.0
HUMEDAD RELATIVA (%)	86	83	88	74	74	90	87	86	84	84	86	86	84
Hn (%)	72	69	75	58	58	78	74	72	70	70	72	72	70
d	0.98	0.89	1.01	1.01	1.05	1.02	1.05	1.04	0.99	0.99	0.95	0.97	
ETP (mm)	98.3	102.5	93.3	155.3	160.2	83.6	99.4	103.2	107.5	106.3	94.6	96.6	1300.7

3.5.3 Hidrología - Caudales

Como resultado de las visitas realizadas al área de Belén de Bajirá, se llegó a la conclusión que la población puede estar sometida a la amenaza por inundación debida al desbordamiento de uno de los ríos Bajirá, o Sucio, o por desbordamiento de los dos, simultáneamente. Esta segunda posibilidad surge de la ocurrencia de crecientes de cierta magnitud del río Sucio, que puedan, en su desbordamiento, conectarse con afluentes del río Bajirá y conducir las aguas de creciente hasta la población y que coincidan con la

ocurrencia de precipitaciones que, a su vez, generen caudales de avenida en la cuenca del río Bajorá. Por otra parte, existe la posibilidad de que la población sea afectada por desbordamientos del río Bajorá debidos a crecientes extraordinarias del mismo.

En consecuencia con las anteriores apreciaciones, se adelantaron estudios sobre las crecientes de los ríos Sucio y Bajorá independientemente.

3.5.3.1 Caudales del río Bajorá

La determinación de los caudales del río Bajorá se llevó a cabo a partir de la información de precipitación máxima en 24 horas registrada en la estación climatológica de Bajorá, localizada en este mismo centro poblado.

Infelizmente, la información disponible tan sólo cubre el período 1986-1996, con varios faltantes que la hacen pobre para obtener resultados satisfactorios sobre su variación inter anual. No obstante, a esta serie se le sometió a análisis de frecuencia, a partir de cuyos resultados se obtuvieron los valores para diferentes períodos de retorno. La distribución teórica que mostró mejor ajuste fue la Log Pearson Tipo III mostrada en la Figura siguiente.

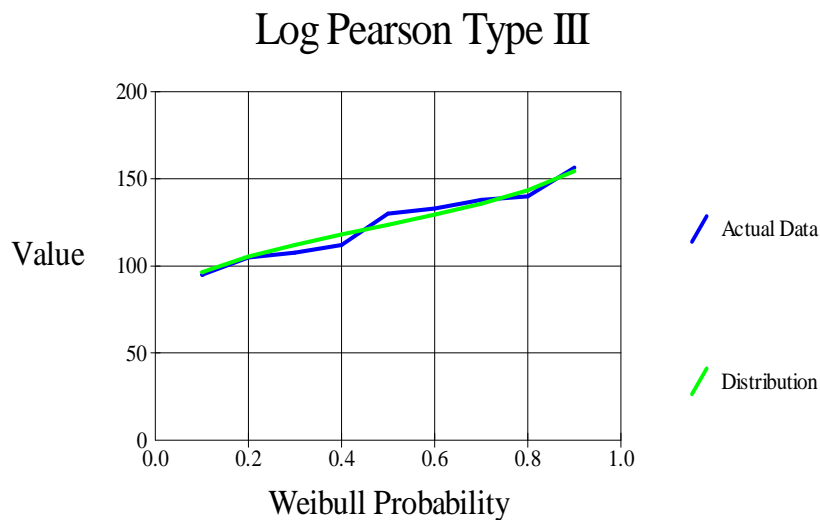


Figura 3- 12 Análisis de frecuencia P máx. en 24 horas (mm) - Bajorá

Los valores de precipitación máxima en 24 horas correspondiente a varias recurrencias, se presentan en la tabla 3.10 a continuación.

Con base en los valores de precipitación de recurrencia dos, diez, veinticinco y cincuenta años, mediante el empleo del modelo Lluvia – Caudal HYDROFLOW desarrollado en la Universidad de La Florida, se obtuvieron los hidrogramas de creciente para estas mismas recurrencias, mostrados más adelante.

Tabla 3-10 Valores de precipitación máxima en 24 horas de la recurrencia indicada (mm)

PROBABILIDAD	PERIODO DERETORNO	PRECIPITACION MAX 24 Hr	DESVIACION ESTANDAR
(%)	AÑOS	(mm)	(mm)
0.995	200	188.6	31.3
0.99	100	181.8	25.6
0.98	50	174.5	20.4
0.96	25	166.5	16.0
0.9	10	154.5	11.6
0.8	5	143.5	9.6
0.667	3	133.6	8.8
0.5	2	123.6	8.3

Características de la cuenca

La cuenca del río Bajirá se localiza al occidente de las estribaciones occidentales de la serranía de Abibe, en un área de baja pendiente. La precipitación en la cuenca es de más de tres mil novecientos (3900) milímetros anuales, de acuerdo con los registros de la estación climatológica de este mismo nombre. A juzgar por la magnitud de las precipitaciones máximas en 24 horas, los aguaceros son de larga duración y de intensidad media a alta. El suelo está, en términos generales dedicado al cultivo de pastos y ganadería, con algunas extensiones de cultivos como yuca y plátano.

El tramo que se extiende desde dos kilómetros aguas arriba de la población de Bajirá, aproximadamente, hasta su desembocadura en el río Sucio, el río Bajirá tiene las características de un río meándrico. Frente a la población se observan meandros de radio de curvatura pequeño, en los que las riberas de uno y otro están separadas por porciones exiguas de terreno.

Dadas las condiciones de pluviosidad del área, se estima que los suelos permanecen en época de invierno o de alta precipitación, en un estado alto de humedad. Si se tiene en cuenta que en su mayor extensión el área corresponde a una planicie de inundación en la cual se encuentran sectores pantanosos de difícil drenaje natural, la clasificación de los suelos del área para efectos de generación de escorrentía a partir de la precipitación, corresponde a una Curva Número 75 de la clasificación del Soil Conservation Service, de los Estados Unidos para estados altos de humedad antecedente.

El área de la cuenca es de 75 Km². El cauce del río tiene una pendiente de 0,2 %.

Tiempo de Concentración

El tiempo de Concentración de la cuenca se calculó con base en la fórmula del US Corps of Engineers

$$T_c = 0,3 (l / (s^{1/4}))^{0,76}$$

en la cual l es la longitud del cauce, en este caso 18 km, y S es la pendiente del mismo. El tiempo de concentración obtenido fue de nueve horas.

Aguacero de diseño

Para la determinación de los caudales se tomaron como dato básico los valores de precipitación máxima en 24 horas de recurrencias antes indicadas. La distribución de la precipitación en el tiempo se realizó siguiendo el modelo del SCS Florida II para 24 horas, tal como se aprecia en la Figura 13.

La distribución espacial de la precipitación de diseño se asumió homogénea en el área, dado que, por una parte, no se dispone de información que nos permita establecer el patrón de distribución territorial de los aguaceros, y por otra habida cuenta de la poca extensión de la cuenca.

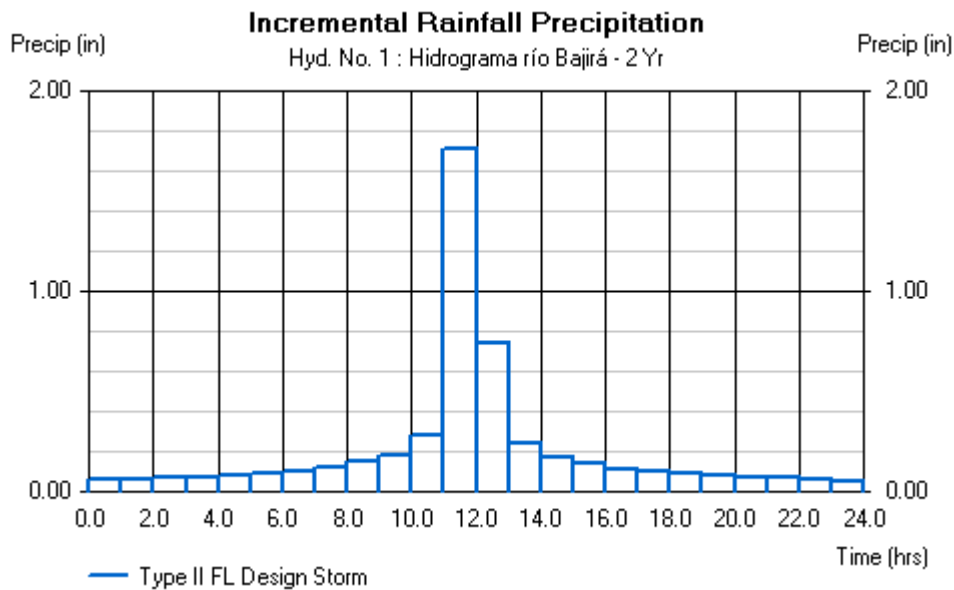


Figura 3- 13 Distribución de precipitación.

Con base en las características de la cuenca, de sus suelos y de la precipitación de diseño, mediante la aplicación del modelo Hidraflow mencionado antes, se obtuvieron los siguientes hidrogramas de crecida del río Bajirá.

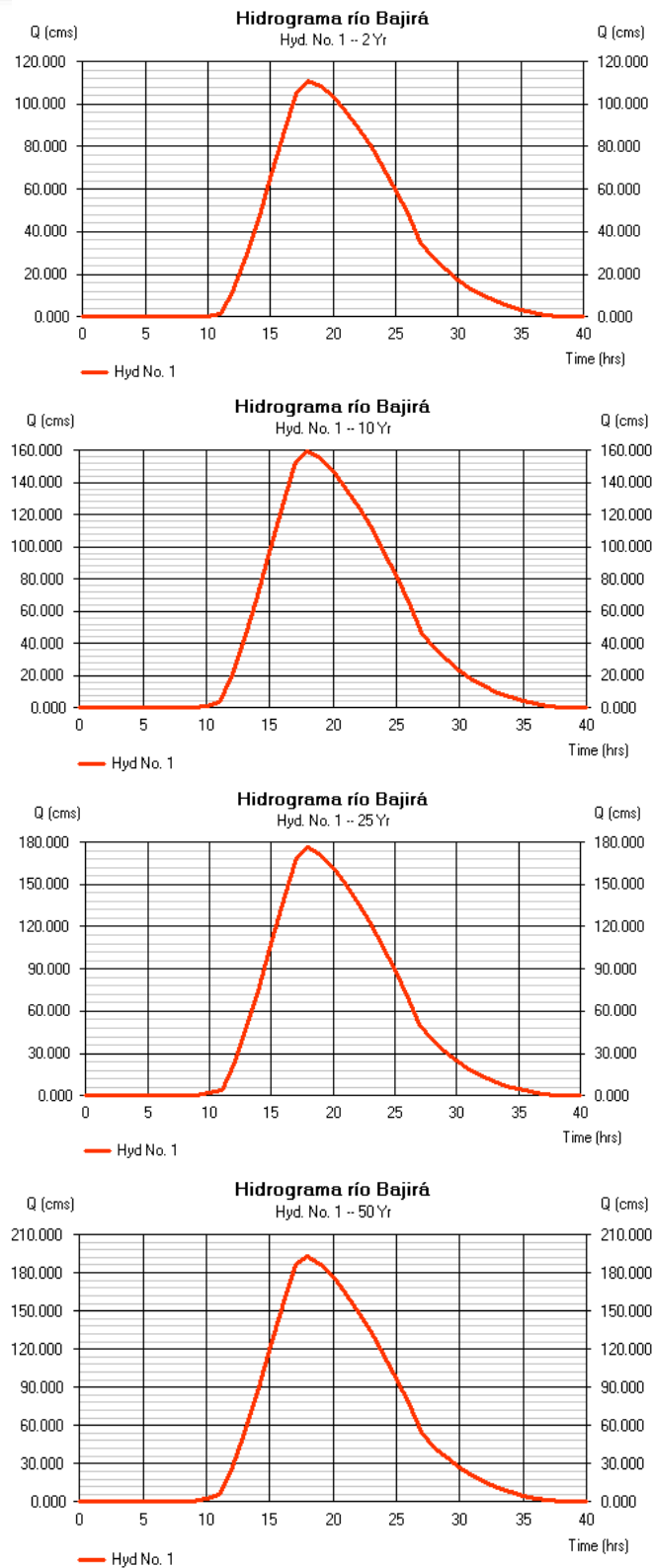


Figura 3- 14 Hidrogramas de crecida río Bajará

Los caudales máximos obtenidos se resumen así:

T_r (AÑOS)	CAUDAL (m^3 / s)
2	111
10	159
25	176
50	193

Tal como se citó antes, las inundaciones que afectan a Belén de Bajirá son causadas bien por desbordamientos de río de éste nombre, del río Sucio o de ambos. Las crecientes del río Sucio en el tramo del río en el cual tienen ocurrencia los desbordamientos que pueden afectar la población de Bajirá pueden tener origen no sólo en las cuencas alta y media de éste, sino en lo que sucede en la parte baja de la misma. En este contexto, es importante anotar que uno de los afluentes de este curso de agua que contribuye con caudales que pueden incrementar los del río Sucio hasta magnitudes que producen su desbordamiento es el río Surrumbay, cuyas crecientes son de magnitud tal que han puesto en peligro la infraestructura vial que conduce a Chigorodó.

Por lo anteriormente consignado se estimó oportuno adelantar la determinación de los caudales de avenida de este afluente.

3.5.3.2 Caudales del río Surrumbay

El río Surrumbay se origina en la estribación occidental de la serranía de Abibe. Sus cursos alto y medio se caracterizan por una gran pendiente que contrasta con los bajos valores de la misma en la parte baja de su recorrido. En este sector, el río es anastomótico o trenzado. La cuenca de 114,2 Kilómetros cuadrados de extensión, está cubierta por bosques y arbustos. sus partes media y baja, se dedican fundamentalmente al cultivo de pastos y cría de ganado.

La precipitación en la cuenca es alta; alcanza los 5400 mm anuales con máximos en 24 horas que superan los 250 mm y genera caudales de importancia que ocupan un cauce amplio de bajas orillas y de fácil superación por el nivel de las aguas.

La longitud del cauce del río es de 14 km. y desciende desde alturas de 1700 msnm, hasta los inicios de la planicie de inundación, en la que se encuentra en una elevación de 200 msnm. De este sector hacia aguas abajo, su pendiente disminuye notablemente a medida que fluye por un cauce amplio, hasta elevaciones de 23 msnm en su desembocadura en el río Sucio.

La determinación de caudales de avenida con diferentes períodos de retorno se llevó a cabo mediante la utilización del modelo HYDRAFLOW al cual se le suministraron como datos de entrada los valores de precipitación máxima en 24 horas de recurrencia 2, 10, 25 y 50 años, además de las características de la cuenca.

Los valores de precipitación pertenecen a la serie recopilada en la estación Villa Arteaga, localizada en vecindades de la cuenca, y que cubre el período 1992 a 1997 y 2009 a 2011, con algunos faltantes intermedios.

Para la complementación del período 1998 a 2009, se recurrió a análisis de correlación de los valores máximos de precipitación registrados en Bajirá y Musinga y Bajirá Villa Arteaga, datos que mostraron la mejor similitud y por tanto, los mejores valores de correlación.

La correlación entre los valores de Villa Arteaga y Musinga presentó valores muy bajos del coeficiente de determinación. Se decidió, entonces, complementar la serie de Bajirá a partir de la correlación de la precipitación de esta estación y los de la estación Musinga. Se complementaron luego los de Villa Arteaga a partir de la correlación obtenida entre los valores de esta estación y los de Bajirá.

Aunque la varianza no explicada en la correlación entre Musinga y Bajirá es alta, dado que no se dispone de información que pudiera considerarse como alternativa para los análisis comprometidos, se adoptó la ecuación de regresión para complementar los datos faltantes en la serie de Bajirá. La gráfica de correlación y la ecuación de regresión se presentan en la figura 3-15.

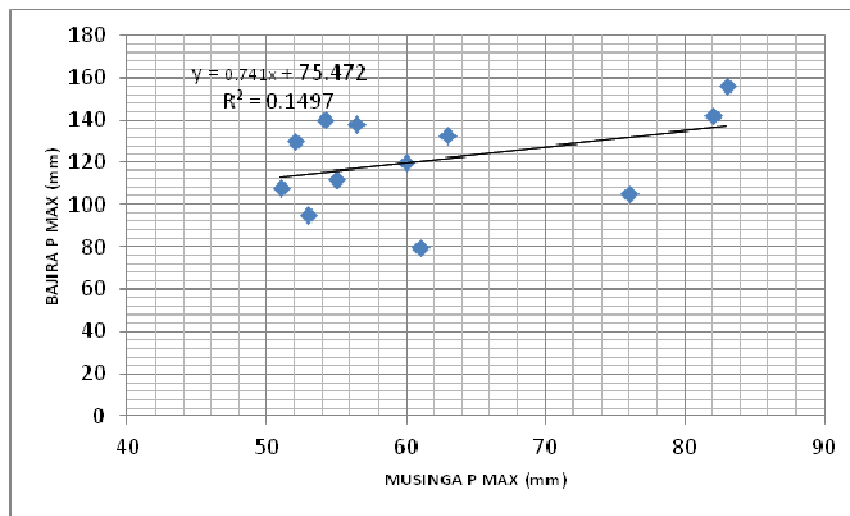


Figura 3- 15 Correlación y regresión inicial

Una vez complementada la serie de valores de Bajirá, se empleó la ecuación de regresión de Bajirá en Villa Arteaga para complementar la serie de esta última. La siguiente es la gráfica de correlación obtenida.

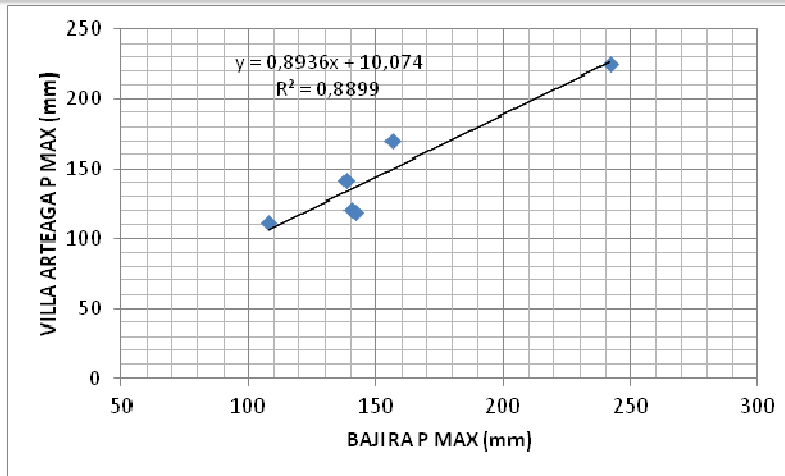


Figura 3- 16 Correlación y regresión final

La serie de datos sobre precipitación máxima en 24 horas obtenida para el período 1986 a 2011 en la estación de Villa Arteaga se sometió a análisis de frecuencia. La distribución obtenida, de mejor ajuste se aprecia en la Figura siguiente y los valores de precipitación máxima de diferentes recurrencias se observan en el Cuadro

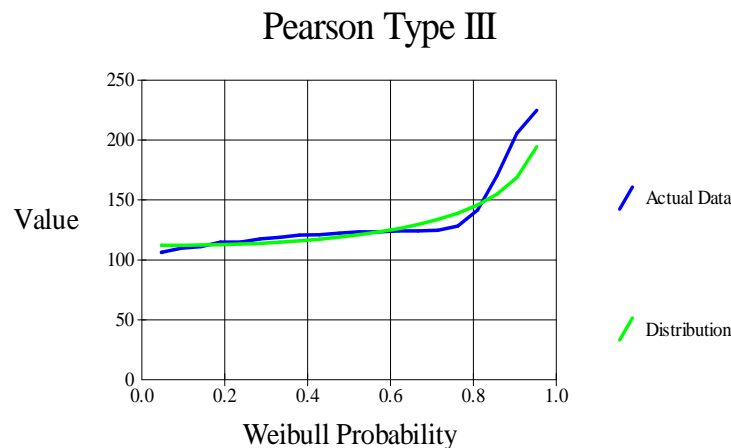


Figura 3- 17 Análisis de frecuencia.

Tabla 3-11 Valores de p máx. en 24 horas de la recurrencia indicada, Villa Arteaga

PROBABILIDAD (%)	PERIODO DE RETORNO AÑOS	(mm) 24 HORAS	DESVIACION ESTANDAR
0.995	200	291.4	115.8
0.99	100	259.6	81.4
0.98	50	229.5	53.4
0.96	25	201.2	34.3
0.9	10	167.0	26.1
0.8	5	144.2	24.6
0.667	3	129.6	19.1
0.5	2	120.0	9.4

De la aplicación de los valores de precipitación obtenidos para las recurrencias antes señaladas al modelo HYDRAFLOW HYDROGRAPH se obtuvieron los siguientes Hidrogramas de creciente:

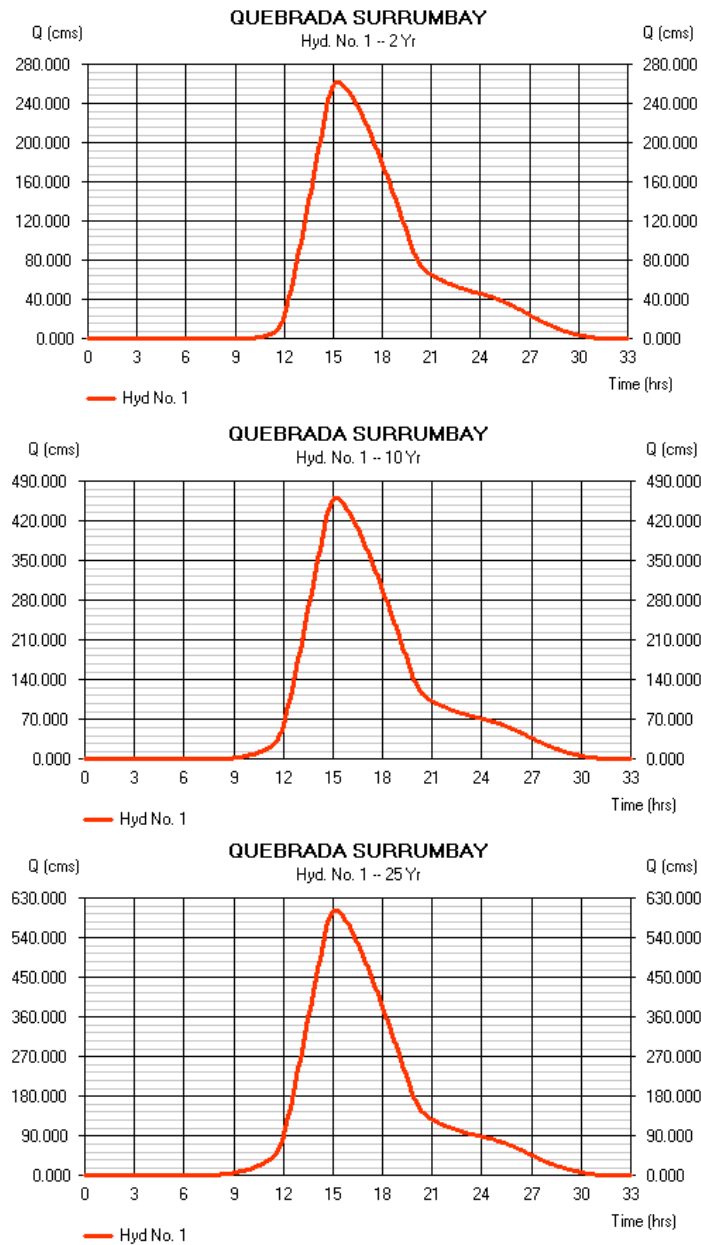
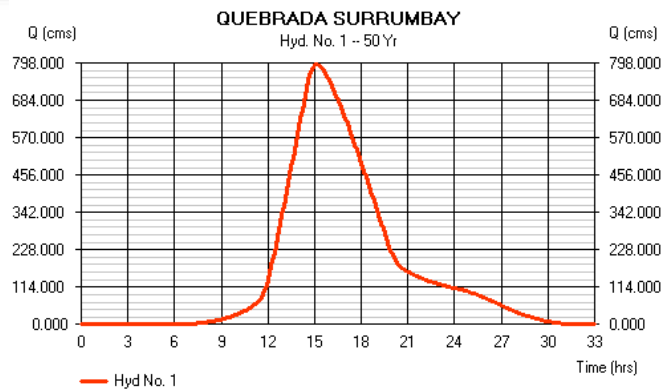


Figura 3- 18 Hidrogramas de creciente Surrumbay



Continuación – Hidrogramas de creciente río Surrumbay

Los caudales máximos obtenidos se resumen así:

T_R AÑOS	CAUDAL (m ³ /s)
2	262
10	460
25	602
50	793

3.5.3.3 Caudales del Rio Sucio

De acuerdo con lo consignado en la Introducción de este informe, el río Sucio posee características especiales que son objeto de análisis particular en la Hidráulica Fluvial. En efecto, como ya se anotó, el río es anastomótico con riberas bajas y de fácil superación por los niveles de aguas de creciente, por lo cual es frecuente su desbordamiento a la planicie de inundación en la cual se asienta Belén de Bajirá. De acuerdo con información suministrada por los moradores, la inundación de los últimos años ha tenido origen en estos desbordamientos, que alcanzan caños afluentes del río Bajirá.

La determinación de caudales del río Sucio de diferentes recurrencias se realizó mediante análisis de frecuencia de la serie de caudales máximos observada en la estación de Mutatá. Esta serie cubre el período de observación 1976 – 2010. La distribución Log Pearson Tipo III, que mostró el mejor ajuste a la serie de datos se muestra en la Figura siguiente. Los valores extractados de ella, se aprecia en el Cuadro que le sigue.

Los valores mostrados se pueden incrementar notablemente por efectos de las crecientes del río Surrumbay, en caso de que éstas coincidan en su ocurrencia.

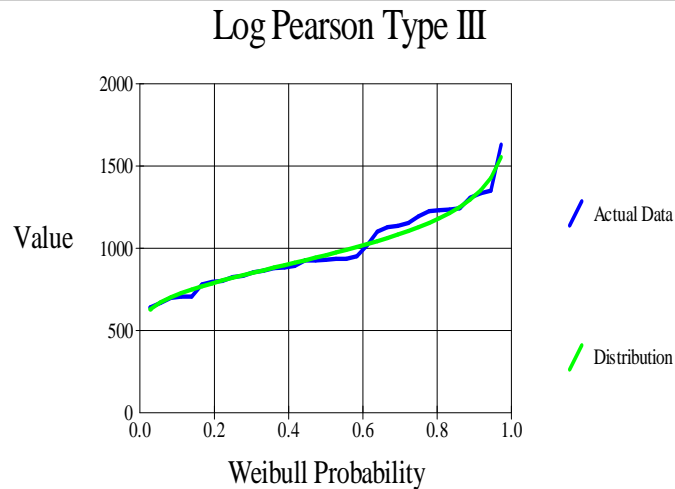


Figura 3- 19 Análisis de frecuencia río Sucio

Tabla 3-12 caudales del río Sucio de diferentes recurrencias

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA %	PERIODO DE RETORNO AÑOS	CAUDAL MAXIMO (m3/s)	DESVIACION ESTÁNDAR
0.995	200	1868.2	271.1
0.99	100	1742.1	213.6
0.98	50	1616.2	163.8
0.96	25	1489.2	122.0
0.9	10	1316.2	79.6
0.8	5	1176.5	58.3
0.667	3	1062.9	48.0
0.5	2	958.4	41.6

3.5.4 Hidráulica

Mediante la aplicación de técnicas de Hidráulica se pretende determinar el efecto de las crecientes de los ríos Bajirá, Surrumbay y Sucio, en cuanto la información topográfica lo permita.

3.5.4.1 Río Bajirá

La relación de los caudales de avenida del río Bajirá sobre los inundaciones del centro poblado se analizaron mediante la utilización del modelo HEC RAS 4.1 del US Army. Además de los caudales extremos del río, se debe suministrar como elementos o información de entrada, la geometría de las secciones de flujo en el tramo estudiado, los valores de rugosidad del lecho y de las orillas i la pendiente del río en el tramo de estudio.

Para acopiar la información sobre la geometría de las secciones de flujo se realizó el levantamiento topográfico de la población, levantamiento que incluyó la ejecución de la nivelación de secciones transversales al flujo, distanciadas unas de otra 50 m en promedio. Los valores de rugosidad se obtuvieron de la metodología desarrollada por Barnes y la pendiente se calculó con base en la información topográfica que determinó los niveles de la superficie del agua en el tramo en estudio.

La pendiente del río en el tramo frente a la población resultó ser de 0,04 % y la rugosidad se adoptó igual a 0,04.

Caudal de dos años de recurrencia

Los resultados del modelo indican que cuando ocurre el caudal de dos años de recurrencia se producen desbordamientos del río Bajirá en algunos sectores. La velocidad del flujo en la planicie de inundación alcanza en algunos de estos sectores valores de 0,60 m/s. tal como se puede observar en las secciones que se presentan después del Cuadro de Características del flujo. Sin embargo, rara vez se presentan velocidades superiores a los 2,0 m/s en el canal principal.

En esta parte del informe consideramos adecuado mencionar que el flujo del río es obstruido en algunos sectores por residuos sólidos y toda clase de desechos que la población arroja al cauce y que el flujo no siempre tiene capacidad de arrastrar. Esta circunstancia coadyuva al desbordamiento del río como consecuencia de la reducción de la capacidad de conducción de la sección de flujo. Las características del flujo se presentan en el siguiente Cuadro.

Tabla 3-13 Características del flujo Caudal de dos años de recurrencia

TRAMO	SECCION	CAUDAL TOTAL (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE LA SECCION (m2)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
Bajira	3000	111	20	24.16	1.04	111.1	51.72	0.2
Bajira	2950	111	20.00	24.16	0.83	157.22	83.71	0.15
Bajira	2900	111	20.00	24.15	0.80	163.69	90.19	0.15
Bajira	2850	111	20.00	24.13	0.80	149.65	75.19	0.16
Bajira	2800	111	20.00	24.07	1.20	92.18	35.07	0.24
Bajira	2750	111	19.99	24.06	1.01	120.96	64.89	0.18
Bajira	2700	111	19.97	24.01	1.31	104.88	64.29	0.24
Bajira	2650	111	19.95	23.99	1.15	117.29	62.29	0.20
Bajira	2600	111	19.93	23.93	1.37	101.48	60.88	0.24
Bajira	2550	111	19.91	23.92	1.10	125.44	96.38	0.21
Bajira	2500	111	19.90	23.91	0.94	147.23	99.71	0.17
Bajira	2450	111	19.88	23.87	1.21	124.60	100.00	0.21
Bajira	2400	111	19.86	23.84	1.15	125.04	100.00	0.21
Bajira	2360	111	19.00	23.84	0.89	145.61	81.66	0.15
Bajira	2350	111	19.00	23.84	0.82	159.96	84.69	0.13
Bajira	2300	111	19.00	23.84	0.78	189.82	100.00	0.13
Bajira	2250	111	19.00	23.81	1.03	148.21	100.00	0.18
Bajira	2200	111	19.00	23.81	0.69	191.61	98.87	0.13
Bajira	2180	111	19.00	23.76	1.20	115.56	64.67	0.21
Bajira	2150	111	19.00	23.73	1.21	108.44	61.87	0.21
Bajira	2100	111	19.00	23.72	0.95	113.11	59.08	0.23
Bajira	2050	111	19.00	23.72	0.75	187.78	100.00	0.13
Bajira	2000	111	19.00	23.72	0.54	260.02	100.00	0.09

TRAMO	SECCION	CAUDAL TOTAL (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE LA SECCION (m2)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
Bajira	1950	111	17.79	23.70	0.76	205.26	99.59	0.11
Bajira	1900	111	19.00	23.70	0.65	229.01	100.00	0.11
Bajira	1850	111	18.00	23.67	0.88	153.19	63.41	0.14
Bajira	1800	111	18.00	23.65	1.00	137.78	58.76	0.16
Bajira	1750	111	18.00	23.64	0.89	154.00	63.25	0.14
Bajira	1700	111	19.00	23.62	1.01	155.20	100.00	0.17
Bajira	1650	111	18.00	23.60	0.99	147.61	100.00	0.17
Bajira	1600	111	19.00	23.57	1.13	138.69	100.00	0.19
Bajira	1550	111	18.00	23.56	1.01	152.61	94.10	0.16
Bajira	1500	111	19.00	23.56	0.75	190.29	100.00	0.13
Bajira	1450	111	18.72	23.56	0.60	238.29	100.00	0.10
Bajira	1400	111	16.00	23.56	0.47	269.45	68.58	0.07
Bajira	1350	111	19.00	23.53	0.90	154.05	77.22	0.15
Bajira	1300	111	19.00	23.50	1.10	135.92	79.37	0.19
Bajira	1250	111	16.00	23.52	0.52	253.18	77.46	0.07
Bajira	1200	111	19.00	23.50	0.78	194.25	100.00	0.13
Bajira	1150	111	19.00	23.48	0.88	160.47	100.00	0.15
Bajira	1100	111	17.94	23.45	1.04	135.74	76.27	0.16
Bajira	1050	111	17.83	23.43	1.10	142.89	100.00	0.17
Bajira	1000	111	18.00	23.46	0.36	300.35	90.04	0.06
Bajira	950	111	18.00	23.42	0.95	140.33	61.87	0.16
Bajira	900	111	18.00	23.43	0.51	254.73	100.00	0.08
Bajira	850	111	16.88	23.42	0.71	193.94	74.73	0.10
Bajira	800	111	17.95	23.42	0.47	287.29	100.00	0.08
Bajira	780	111	17.20	23.38	0.91	146.97	96.06	0.15
Bajira	750	111	16.91	23.40	0.55	255.49	100.00	0.09
Bajira	700	111	19.00	23.37	0.83	160.69	98.96	0.15
Bajira	650	111	16.79	23.38	0.56	247.74	100.00	0.08
Bajira	600	111	19.00	23.36	0.81	187.20	100.00	0.14
Bajira	550	111	18.00	23.36	0.62	214.28	100.00	0.11
Bajira	500	111	18.00	23.36	0.54	235.41	80.82	0.08
Bajira	450	111	18.00	23.35	0.57	210.71	59.76	0.09
Bajira	400	111	18.00	23.33	0.84	172.76	72.92	0.13
Bajira	350	111	18.00	23.30	1.02	151.45	100.00	0.15
Bajira	300	111	18.00	23.31	0.55	219.43	92.83	0.09
Bajira	250	111	18.03	23.29	0.83	153.59	62.71	0.14
Bajira	200	111	18.95	23.24	1.18	110.88	63.43	0.21
Bajira	150	111	18.00	23.23	1.06	133.33	94.01	0.17
Bajira	100	111	18.00	23.23	0.88	163.48	100.00	0.13
Bajira	50	111	18.00	23.20	1.15	142.10	100.00	0.18
Bajira	0	111	18.00	23.17	1.17	122.63	67.03	0.17

La distribución de velocidad y nivel del agua en varias secciones de flujo se muestran en las siguientes Figuras

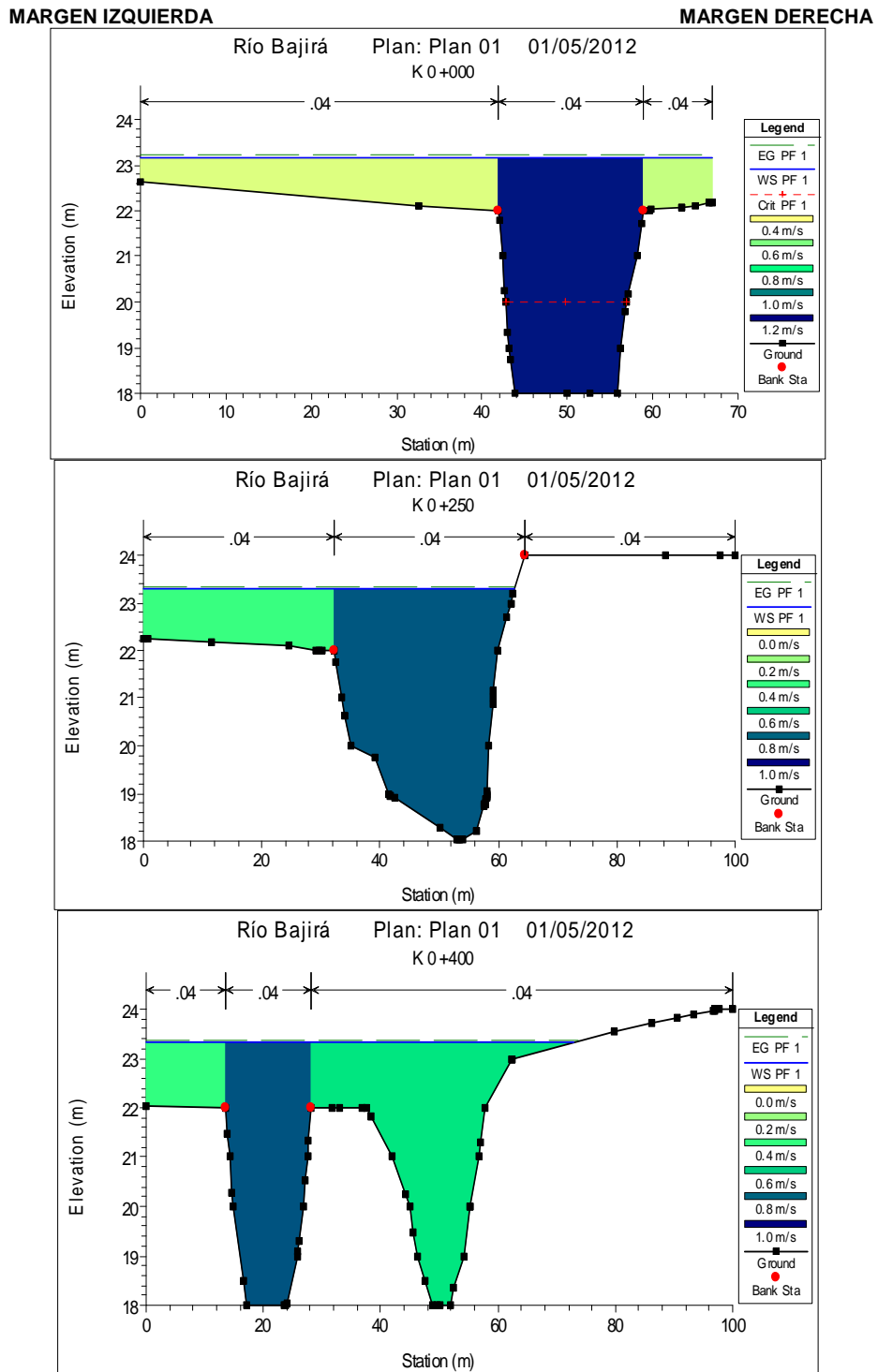
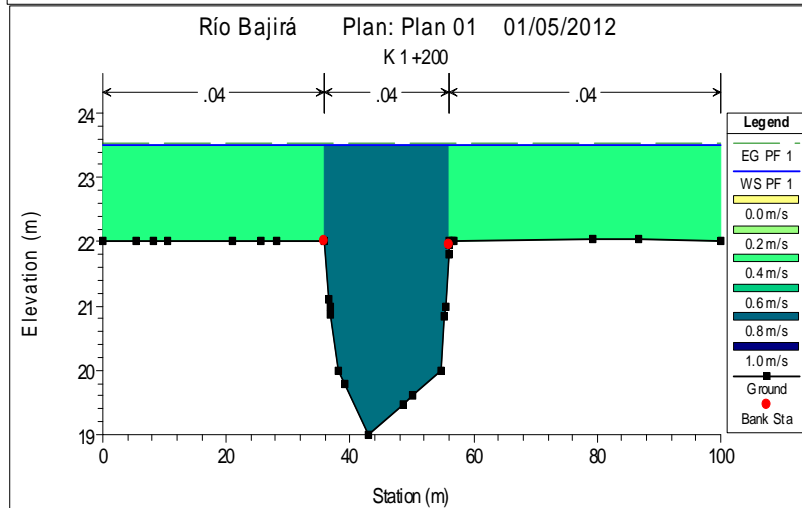
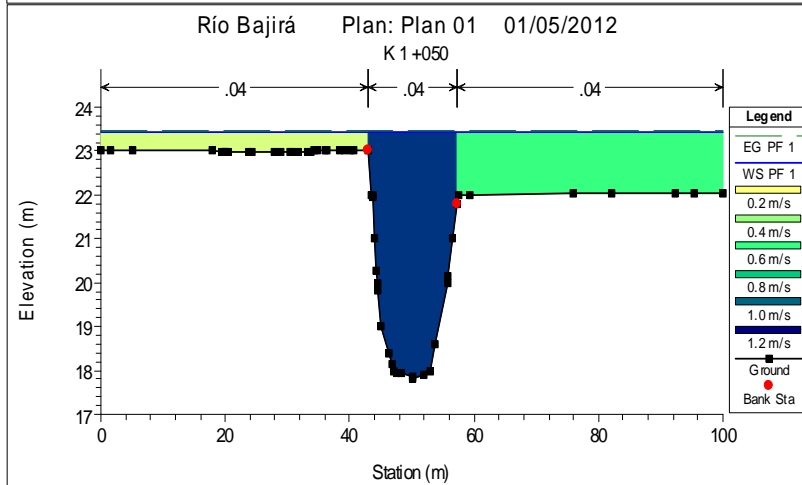
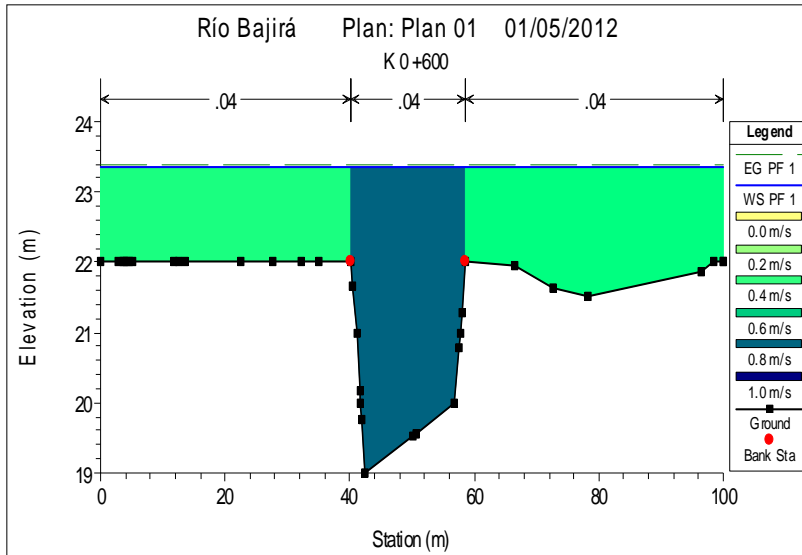


Figura 3- 20 Secciones de flujo

SE OBSERVA LA CERCANÍA DE LOS CAUCES EN MEANDROS DE POCO RADIO DE CURVATURA

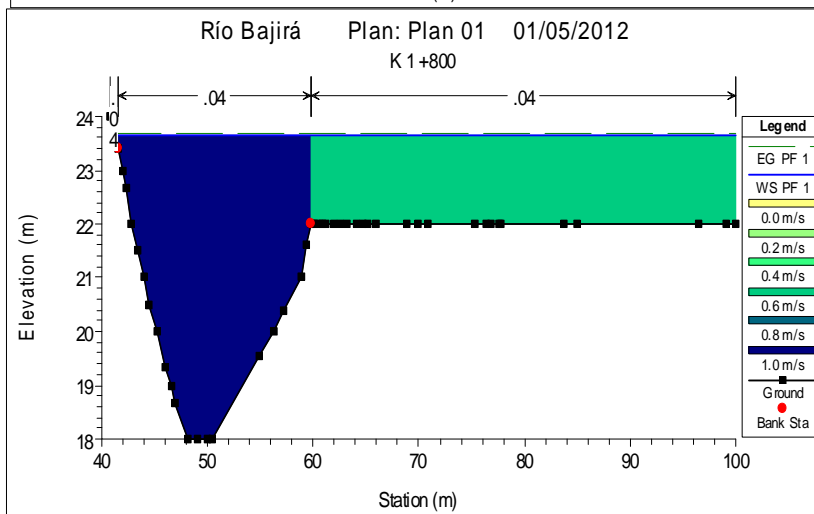
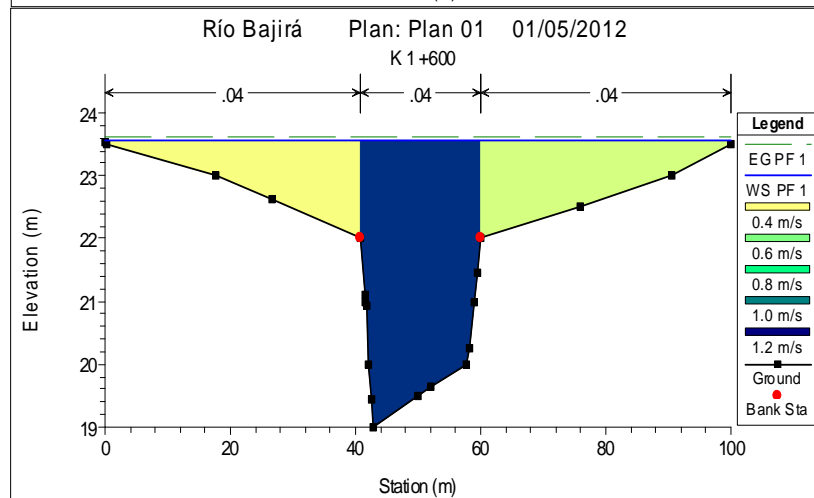
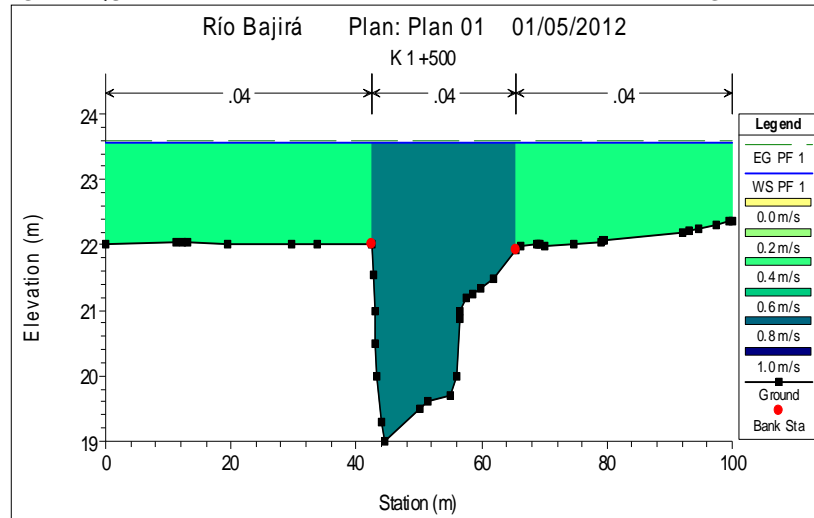
MARGEN IZQUIERDA

MARGEN DERECHA

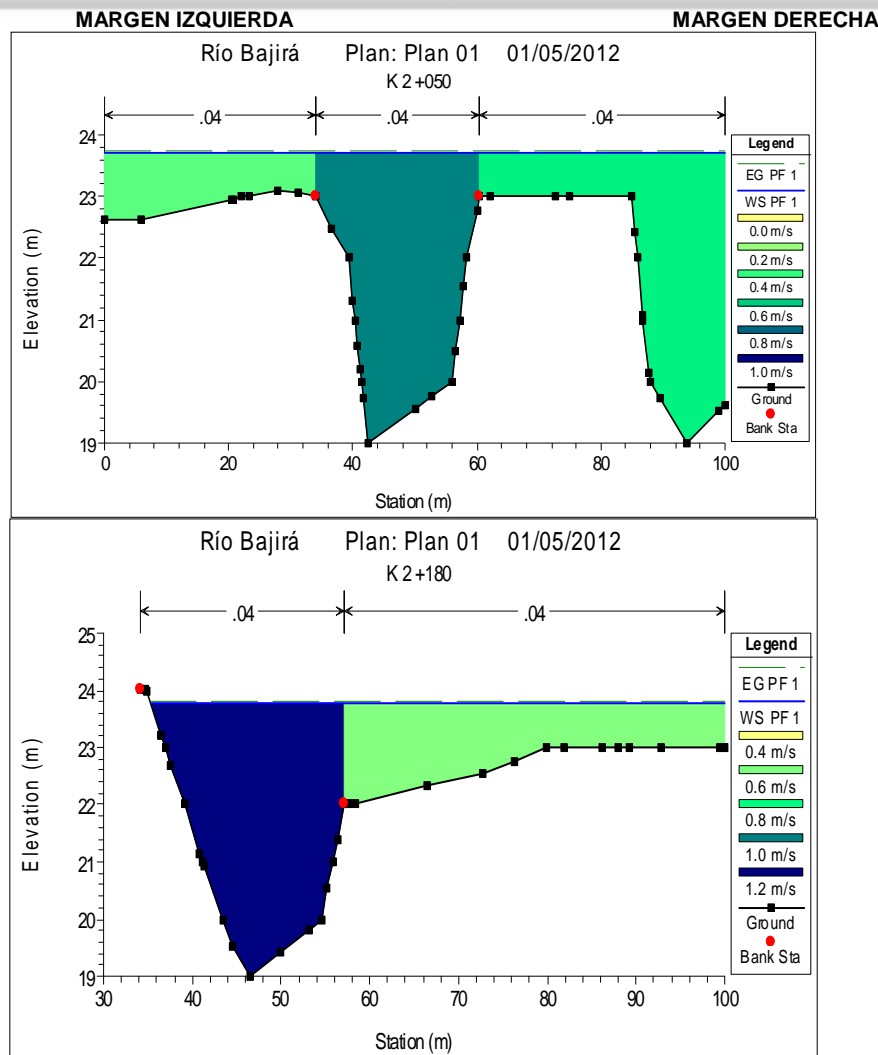


Continuación – secciones de flujo

MARGEN IZQUIERDA MARGEN DERECHA



Continuación – secciones de flujo



Caudal de diez años de recurrencia

La aplicación del modelo a este caudal muestra desbordamientos casi a todo lo largo del tramo de estudio, es decir, frente a la población. El nivel del agua alcanza cotas de 24,40 msnm y velocidades en la parte inundada hasta de 0,60 m/s, como se puede observar en el Cuadro de Características del Flujo y en las secciones en las que se muestra además el nivel que alcanzan las aguas al desbordarse.

Tabla 3-14 Características del flujo Caudal de diez años de recurrencia

TRAMO	SECCION	CAUDAL TOTAL (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE FLUJO (m2)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
Bajira	3000	159	20.00	24.72	1.19	142.05	59.94	0.21
Bajira	2950	159	20.00	24.73	0.92	205.77	87.32	0.15
Bajira	2900	159	20.00	24.72	0.87	216.27	94.21	0.15
Bajira	2850	159	20.00	24.70	0.91	193.71	80.73	0.16
Bajira	2800	159	20.00	24.61	1.41	113.05	41.87	0.27
Bajira	2750	159	19.99	24.61	1.15	159.29	72.87	0.19
Bajira	2700	159	19.97	24.56	1.38	144.16	75.92	0.23
Bajira	2650	159	19.95	24.55	1.26	156.28	77.87	0.20
Bajira	2600	159	19.93	24.50	1.41	138.67	71.91	0.24
Bajira	2550	159	19.91	24.50	1.11	182.77	100.00	0.19
Bajira	2500	159	19.90	24.49	0.99	204.70	100.00	0.16
Bajira	2450	159	19.88	24.46	1.18	183.45	100.00	0.19
Bajira	2400	159	19.86	24.44	1.13	184.39	100.00	0.19
Bajira	2360	159	19.00	24.43	0.98	201.69	100.00	0.16
Bajira	2350	159	19.00	24.43	0.92	216.56	100.00	0.14
Bajira	2300	159	19.00	24.43	0.84	248.69	100.00	0.13
Bajira	2250	159	19.00	24.40	1.04	207.81	100.00	0.17
Bajira	2200	159	19.00	24.40	0.76	250.88	100.00	0.13
Bajira	2180	159	19.00	24.35	1.25	154.41	65.79	0.21
Bajira	2150	159	19.00	24.32	1.31	145.07	62.11	0.21
Bajira	2100	159	19.00	24.31	1.06	155.46	82.59	0.22
Bajira	2050	159	19.00	24.31	0.80	247.67	100.00	0.13
Bajira	2000	159	19.00	24.32	0.61	319.86	100.00	0.09
Bajira	1950	159	17.79	24.30	0.82	264.91	99.59	0.12
Bajira	1900	159	19.00	24.30	0.71	288.86	100.00	0.11
Bajira	1850	159	18.00	24.27	0.95	200.90	100.00	0.15
Bajira	1800	159	18.00	24.24	1.12	172.64	59.20	0.17

CARACTERISTICAS DEL FLUJO EN EL RIO BAJIRA CAUDAL DE DIEZ AÑOS DE RECURRENCIA

TRAMO	SECCION	CAUDAL TOTAL (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE FLUJO (m2)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
Bajira	1750	159	18.00	24.23	0.99	200.01	100.00	0.15
Bajira	1700	159	19.00	24.22	1.01	215.13	100.00	0.15
Bajira	1650	159	18.00	24.20	1.01	207.88	100.00	0.16

Bajira	1600	159	19.00	24.18	1.11	199.80	100.00	0.17
Bajira	1550	159	18.00	24.17	1.04	212.84	100.00	0.15
Bajira	1500	159	19.00	24.17	0.79	251.21	100.00	0.13
Bajira	1450	159	18.72	24.17	0.67	299.19	100.00	0.10
Bajira	1400	159	16.00	24.17	0.57	316.46	100.00	0.08
Bajira	1350	159	19.00	24.13	1.00	204.98	100.00	0.16
Bajira	1300	159	19.00	24.11	1.15	187.58	100.00	0.18
Bajira	1250	159	16.00	24.12	0.64	303.15	99.86	0.08
Bajira	1200	159	19.00	24.11	0.82	255.19	100.00	0.13
Bajira	1150	159	19.00	24.09	0.92	221.65	100.00	0.15
Bajira	1100	159	17.94	24.06	1.12	190.26	100.00	0.16
Bajira	1050	159	17.83	24.05	1.09	204.64	100.00	0.16
Bajira	1000	159	18.00	24.07	0.48	356.52	100.00	0.08
Bajira	950	159	18.00	24.02	1.05	178.89	100.00	0.17
Bajira	900	159	18.00	24.04	0.59	315.41	100.00	0.09
Bajira	850	159	16.88	24.02	0.83	244.90	100.00	0.11
Bajira	800	159	17.95	24.02	0.55	347.75	100.00	0.08
Bajira	780	159	17.20	23.99	0.98	207.15	100.00	0.15
Bajira	750	159	16.91	24.00	0.62	315.95	100.00	0.09
Bajira	700	159	19.00	23.98	0.89	221.18	100.00	0.15
Bajira	650	159	16.79	23.98	0.65	308.14	100.00	0.09
Bajira	600	159	19.00	23.97	0.84	247.79	100.00	0.13
Bajira	550	159	18.00	23.97	0.68	274.83	100.00	0.11
Bajira	500	159	18.00	23.96	0.65	285.40	84.82	0.09
Bajira	450	159	18.00	23.95	0.71	248.00	64.77	0.11
Bajira	400	159	18.00	23.93	1.00	222.41	94.22	0.14
Bajira	350	159	18.00	23.91	1.05	212.16	100.00	0.15
Bajira	300	159	18.00	23.92	0.65	279.20	100.00	0.10
Bajira	250	159	18.03	23.89	0.95	191.49	64.15	0.15
Bajira	200	159	18.95	23.84	1.27	151.16	71.79	0.21
Bajira	150	159	18.00	23.83	1.12	193.11	100.00	0.16
Bajira	100	159	18.00	23.83	0.95	223.91	100.00	0.13
Bajira	50	159	18.00	23.81	1.12	203.68	100.00	0.16
Bajira	0	159	18.00	23.77	1.27	163.16	67.03	0.18

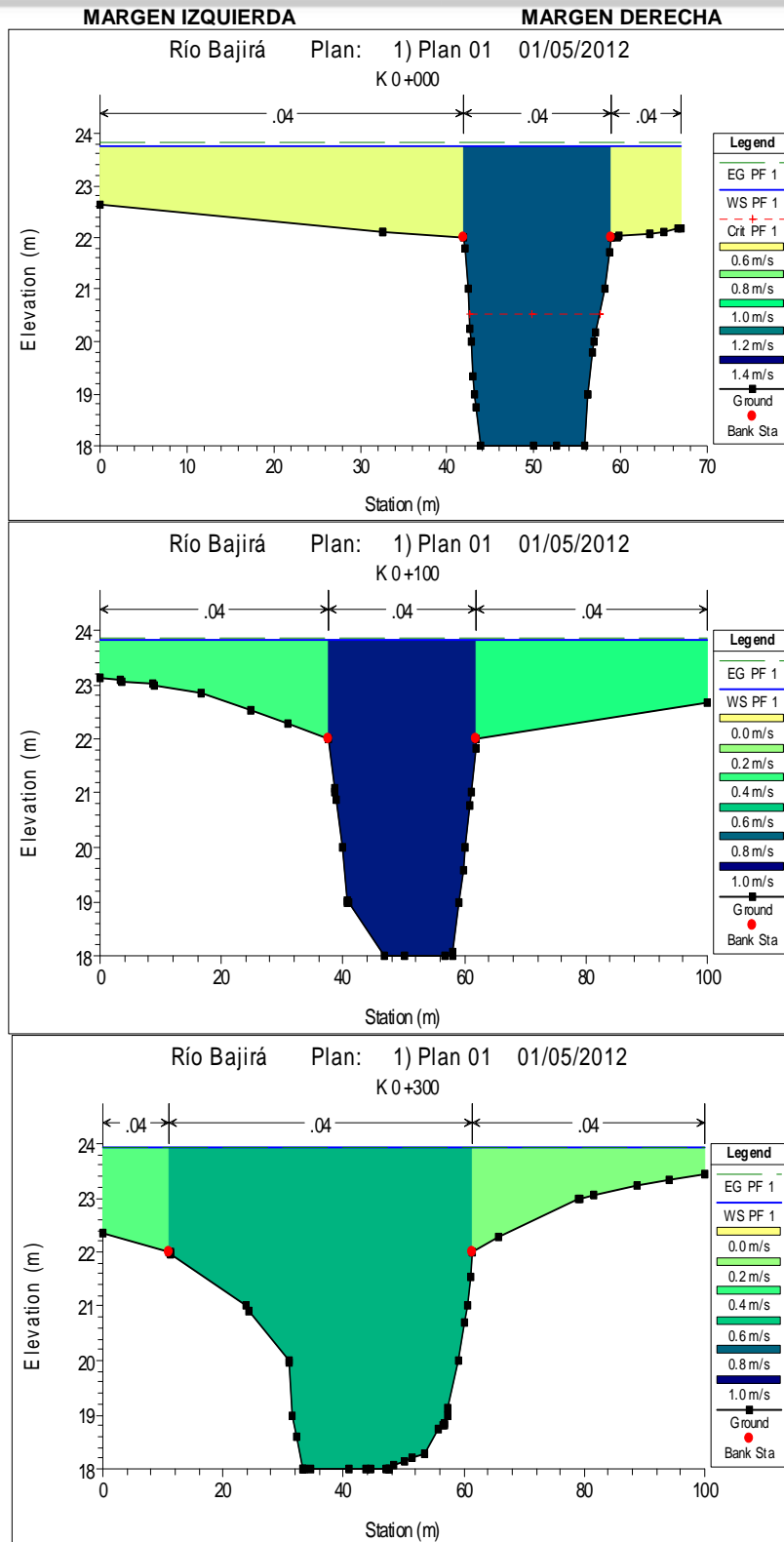
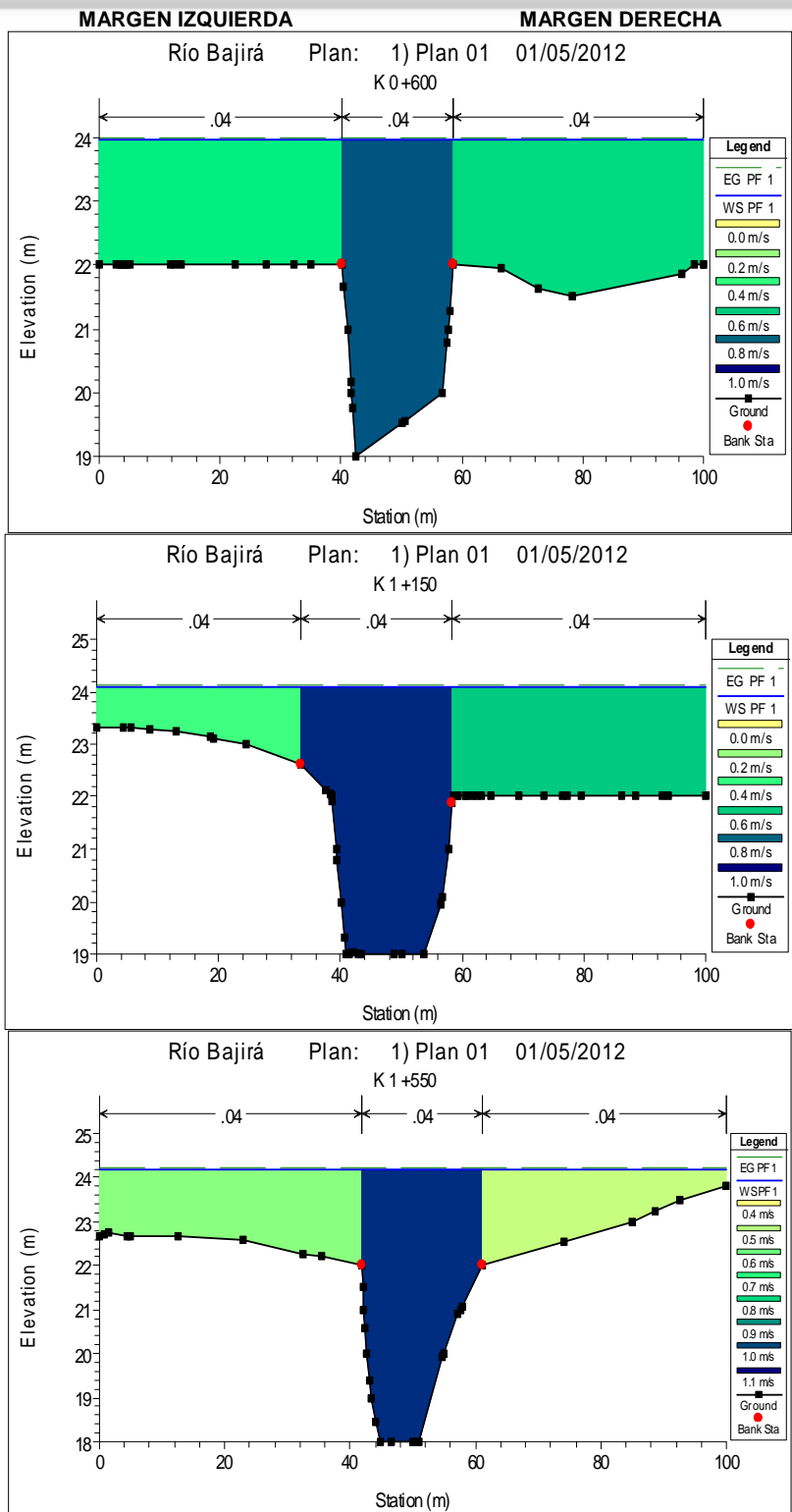
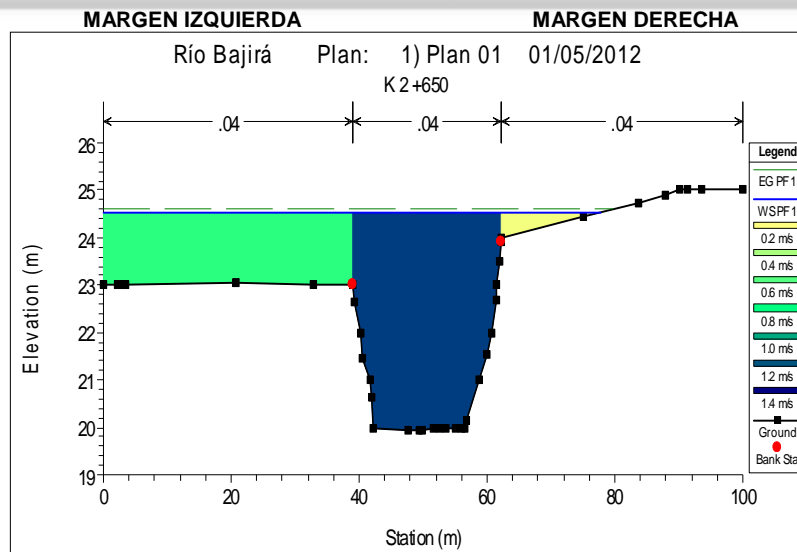


Figura 3- 21 Secciones de flujo – caudal 10 años de recurrencia



Continuación - Secciones de flujo – caudal 10 años de recurrencia



Continuación - Secciones de flujo – caudal 10 años de recurrencia

Caudal de 25 años de recurrencia

En forma similar al caso anterior, se realizó la modelación el caudal de 25 años de recurrencia donde se observa el desbordamiento de las aguas. La diferencia de cota entre las aguas máximas de los 10 y los 25 años no supera los 0.40 metros y velocidades menores a 1 m/s. los resultados de esta modelación se presentan en el capítulo 5 ya que son usados para la evaluación de la amenaza por inundación.

3.5.5 Resultados

De los resultados obtenidos en los análisis hidráulicos sobre las características de las crecientes del río Bajirá, se llega a la conclusión de que aquellos sectores o áreas de la población de Bajirá que se encuentren a cotas inferiores a los 23,70 msnm, están sujetos a amenaza alta, dado que para los caudales del río de recurrencia de dos años, el nivel de las aguas de inundación superan en muchos sectores esta elevación.

Por otra parte, a pesar de que por razón de la topografía el incremento de los niveles de avenida en la planicie de inundación no varían sensiblemente por el incremento del caudal de desbordamiento, es claro, desde el punto de vista de los niveles alcanzados para el caudal de recurrencia de diez años, que loa áreas de la población que se encuentran a cotas inferiores a los 24 m también estarán sujetas a inundación por desbordamiento de río Bajirá.

Puesto que según las definiciones antes dadas para clasificación de la amenaza por inundación producida por desbordamiento de ríos, las avenidas del río que la producen tienen una recurrencia de 2 a 10 años, podemos afirmar que la población se encuentra sometida a un grado de amenaza alto por el río Bajirá.

Adicionalmente, dado que son procesos de escorrentía que obedecen a la misma génesis, precipitación, pero que pueden generarse en áreas distintas a la de la cuenca del río Bajirá, como es el caso de las crecientes de los ríos Sucio y Surrumbay que se generan aguas arriba de la población, existe la posibilidad de que las inundaciones que la afecten obedezcan a desbordamientos del río Sucio, del cual el río Surrumbay es un afluente importante en su curso bajo.

Dentro de este marco de ideas, si sumamos los caudales correspondientes a las crecientes de dos años de recurrencia (aproximadamente iguales a la creciente media anual, 2,33 años.), registrada en Mutatá, para el río Sucio ($960 \text{ m}^3/\text{s}$) y calculada para la quebrada Surrumbay, ($222 \text{ m}^3/\text{s}$) se obtiene un caudal de $1222 \text{ m}^3/\text{s}$. De acuerdo con reportes suministrados por los pobladores, aguas arriba de la población y aún en cercanías de Pavarandocito, para caudales de $600 \text{ m}^3/\text{s}$ se han producido en el pasado desbordamientos que no sólo afectaron a esta población si no, en algún grado a Belén de Bajirá.

Si coincidieran los caudales del río Sucio y la quebrada Surrumbay, de recurrencia de diez años, se generaría hacia aguas debajo de la confluencia un caudal de $1765 \text{ m}^3/\text{s}$, cuya magnitud es bastante mayor al del río Sucio en el año 2010, en el que se produjo una severa inundación de la población.

Pero no solamente el pueblo sufre inundaciones por desbordamiento de los ríos que lo circundan. Internamente, es frecuente hallar depresiones del terreno de cierta profundidad y extensión a las cuales converge la escorrentía producida por la lluvia. Dados los volúmenes mensuales de precipitación, los volúmenes de agua acumulados en estas depresiones es significativo.

Si se revisan los informes Geomorfológico y Geológico, se puede apreciar que los suelos no poseen una permeabilidad que contribuya a un drenaje adecuado de tales depresiones. El drenaje debe hacerse por los caños y cursos de agua naturales y artificiales existentes. Desafortunadamente, como se anotó antes, éstos están tan colmatados y su cauce obstruido por desechos de toda clase que arrojan los moradores a sus lechos, que el flujo del agua es lento o imposible. La amenaza también proviene de sus propios habitantes.

3.6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las características y propiedades mecánicas del suelo en el sitio del proyecto, se ejecutaron diversas actividades que se presentan en esta sección: el tipo de exploración del subsuelo realizada, el tipo de ensayos de campo y laboratorio, y el análisis de la información obtenida. Se presenta una descripción del comportamiento de las propiedades principales de los diferentes suelos encontrados en cada punto de exploración, y con base en esto, se define el perfil geotécnico representativo del sitio de estudio, así como las condiciones y parámetros geomecánicos que serán utilizados en análisis posteriores.

3.6.1 Investigación del subsuelo

Teniendo en cuenta las características geológicas del sitio y las unidades geomorfológicas identificadas, se proyectó la ejecución de la exploración del subsuelo y los ensayos de laboratorio necesarios para la caracterización geomecánica de los materiales. La exploración se efectuó por medio de sondeos y trincheras como se explica a continuación.

Adicionalmente, se realizaron pruebas de laboratorio para clasificación y obtener parámetros de resistencia que permitan conocer el comportamiento de los materiales existentes.

3.6.1.1 Exploración con sondeos y trincheras

La exploración del subsuelo consistió en la ejecución de 3 perforaciones (sondeos) y 12 trincheras, distribuidos convenientemente en el área de estudio, los cuales se ejecutaron con el objeto de obtener la información geotécnica necesaria para conocer la distribución lateral y en profundidad de los diferentes tipos de materiales que componen los depósitos existentes, y recuperar muestras inalteradas y alteradas para realizar los ensayos de laboratorio.

Las profundidades de los sondeos y trincheras se presentan en la Tabla 3-9.

Tabla 3-15 Exploración del subsuelo

Punto ejecutado	Profundidad	Ubicación
Sondeo 1	9.20 m	QT0
Sondeo 2	9.20 m	QT1
Sondeo 3	5.60 m	QT0
Trincheras 1	3.80 m	QT0
Trincheras 2	4.30 m	QT0
Trincheras 3	7.20 m	QT0
Trincheras 4	3.30 m	QT0
Trincheras 5	3.40 m	QT0
Trincheras 6	3.00 m	QT0
Trincheras 7	4.70 m	QT0
Trincheras 8	3.50 m	QT0
Trincheras 9	2.90 m	D1
Trincheras 10	2.10 m	D1
Trincheras 11	2.10 m	D1
Trincheras 12	1.40 m	D1

Mediante una detenida inspección de trincheras se caracterizaron los materiales que afloran en los taludes. El sondeo se llevo a cabo con equipo manual e igualmente se obtuvieron muestras de los materiales en tubo Shelby para algunas profundidades y en forma remoldeada para las muestras más sueltas.

En cada uno de los registros de exploración de campo se generó un registro continuo del perfil estratigráfico (Ver Anexo C) y se obtuvieron muestras representativas de los materiales encontrados para adelantar pruebas de clasificación y de resistencia, y en lo

posible identificar las zonas o materiales débiles sobre las cuales se desarrollan los fenómenos más importantes.

3.6.1.2 Ensayos In Situ

Teniendo en cuenta la heterogeneidad de los materiales que conforman el área de estudio y como complemento de la exploración de campo, se realizaron ensayos in situ de penetración estándar o SPT los cuales permiten conocer el perfil del número de golpes y complementar la caracterización geomecánica de los materiales de los diferentes estratos superficiales.

3.6.1.3 Ensayos de laboratorio

Observando la variación del perfil del subsuelo en cada sitio de exploración, se definieron los puntos y niveles de muestreo de manera que se logró una representación de todos los materiales encontrados. Se tomaron muestras alteradas en bolsa, se recuperaron muestras del ensayo de penetración estándar y se tomaron algunas muestras de tubo Shelby.

Las muestras obtenidas se identificaron visualmente y con base en la estratigrafía se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio, el cual consistió en la ejecución de pruebas para clasificación (límites de consistencia, granulometrías y lavado sobre tamiz No 200), determinación del contenido de humedad natural, peso unitario, compresión inconfiada y corte directo. En el Anexo C se presenta el resumen general de resultados y en el Anexo C los Resultados de los ensayos de Laboratorio individuales.

3.6.2 Caracterización geomecánica

Basados en toda la información recolectada y producida hasta este punto del estudio, como es la definición del modelo geológico imperante en el área y los resultados de laboratorio, se realizó la clasificación de los materiales y se evaluaron los parámetros geomecánicos que gobiernan su comportamiento ingenieril.

Los materiales encontrados son típicos de ambientes aluviales y de depositación. Estos se pueden dividir en cuatro grupos:

- **Limos arenosos o arcillosos de color café**

Estos suelos aluviales se presentan en superficie y están asociados a la depositación de la terraza uno T1. Estos materiales presentan raíces y oxidaciones, en estado seco forma grumos o terrones sueltos que son susceptibles a la caída. Este estrato presenta espesores entre los 1.20 y los 7.00 metros, siendo el estrato más común en las orillas del río y caño.

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite liquido	43.2 63.2	%
LP	Limite plástico	24 33.7	%
IP	Índice de plasticidad	11.8 29.5	%
A	Contenido de arenas	4.2 31	%
F	Contenido de finos	69 95.8	%
w	Humedad natural	16.3 47.7	%
y	Peso unitario	1.2 1.5	ton/m ³
cu	Cohesión	11.6	ton/m ²
qu	Resistencia a la Compresión inconfiada	23.2	ton/m ²
N	Rango golpes del ensayo SPT	5 10	golpes/pie
	Clasificación de suelos - USC	CL - ML	

- **Arcillas limosas y arenosas grises con oxidaciones.**

Estos suelos al igual que los limosos provienen de la depositación mas reciente del río, aunque son menos frecuentes y se presenta en forma de lentes de la terraza cero T0. Se encuentra entre los 3.5 y 5.6 metros de profundidad en una capa de espesor no superior a 1.7 metros.

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite liquido	33.1 73	%
LP	Limite plástico	21.3 31.4	%
IP	Índice de plasticidad	11.9 41.7	%
G	Contenido de gravas	40.6	%
A	Contenido de arenas	4.4 85.4	%
F	Contenido de finos	14.6 95.6	%
w	Humedad natural	13.7 54.5	%
y	Peso unitario	1.72 1.93	ton/m ³
cu	Cohesión	0.45 4.4	ton/m ²
qu	Resistencia a la Compresión inconfiada	0.9 8.8	ton/m ²
N	Rango golpes del ensayo SPT	6	golpes/pie
	Clasificación de suelos - USC	CL	

- **Arena limosa café clara con oxidaciones**

Este material se presenta superficialmente en la terraza cero T0 en una capa de espesor variable entre los 1.5 y 3.5 metros; los primeros 1.5 metros en especial presentan una matriz limosa que le aporta cohesión.

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite líquido	44.7 - 52.2	%
LP	Limite plástico	25.7 - 235	%
IP	Índice de plasticidad	20.7 - 26.4	%
A	Contenido de arenas	0.6 - 45.6	%
F	Contenido de finos	54.4 - 99.4	%
w	Humedad natural	17.9 - 45	%
y	Peso unitario	1.42	ton/m ³
cu	Cohesión	1.4	ton/m ²
qu	Resistencia a la Compresión inconfiada	2.8	ton/m ²
N	Rango golpes del ensayo SPT	11	golpes/pie
	Clasificación de suelos - USC	CL	

- **Limos arcillosos rojizos**

Estos suelos meteorizados se presentan en superficie en la colina que hace parte del centro poblado y están asociados a la formación de suelos residuales de la roca in situ. Este material limoso varía localmente a arcillas de baja plasticidad, y sobre este se observan grandes oxidaciones producto de la acción continua del ambiente y del clima particular de la región y material orgánico procedente de la vegetación nativa.

Los limos arcillosos se observan desde la superficie hasta los 2.9 metros donde se presentan algunos bloques centimétricos y decimétricos.

Entre los 0.0 y los 1.50 metros se encuentran las siguientes características:

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite líquido	72.8 - 94.4	%
LP	Limite plástico	35.8 - 44.6	%
IP	Índice de plasticidad	37.0 - 49.9	%
w	Humedad natural	34.7 - 31.4	%
y	Peso unitario	1.535	ton/m ³
cu	Cohesión	5.35	ton/m ²
qu	Resistencia a la Compresión inconfiada	10.7	ton/m ²
	Clasificación de suelos - USC	MH	

Entre los 1.50 y los 2.10 metros se encuentran las siguientes características:

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite liquido	60.1	%
LP	Limite plástico	36.63	%
IP	Índice de plasticidad	23.45	%
w	Humedad natural	26.54 - 36.2	%
γ	Peso unitario	1.425	ton/m ³
cu	Cohesión	7.155	ton/m ²
qu	Resistencia a la Compresión inconfina	14.31	ton/m ²

3.6.3 Zonificación geotécnica

La zonificación geotécnica permite identificar zonas de comportamiento homogéneo sobre las cuales se puedan realizar análisis locales. Esta zonificación se realiza utilizando las unidades geológicas y geomorfológicas definidas y los resultados de la exploración del subsuelo.

Para el municipio de San Pedro de Urabá, las zonas quedarán definidas en forma similar y con la misma nomenclatura de las unidades geológicas, así:

- Terraza 0
- Terraza 1
- D1: Colinas

3.7 COBERTURA Y MEDIO BIÓTICO

Colombia, debido a su complejo historial geológico, geomorfológico, edafológico, ecológico, étnico y social, al igual que sus condiciones climáticas, diversidad orográfica y fisiográfica, se puede considerar como una mezcla bastante heterogénea, tanto de especies vegetales como de hábitat y ecosistemas. Pero a pesar que aún no se dispone de inventarios taxonómicos completos, se puede calcular con razonable certeza, que su biota, excluida la marina, comprende aproximadamente al 10% de la biota mundial, por lo cual se le estima como país con uno de los patrimonios más diversificados del mundo.

Sobre estos recursos físicos, bióticos y sociales, íntimamente relacionados, el hombre ha incidido en forma positiva mediante el uso adecuado de los recursos naturales renovables; o en forma negativa, conduciendo a su agotamiento, aniquilamiento y condicionamiento, en forma creciente, de sus componentes. Es un hecho abrumador la devastación y degradación de los ambientes nativos que ha venido ocurriendo en Colombia, con grave merma de su patrimonio natural, junto con la generación de graves problemas de índole social y económico, que requieren de la identificación y ejecución de estrategias de desarrollo socioeconómico efectivas, mediante un desarrollo sostenible, propugnando por que los objetivos de conservación de los recursos naturales renovables sean alcanzados con prontitud y se integren permanentemente a tal desarrollo.

Es así, que sin establecer un orden jerárquico, la ampliación de la frontera agrícola, la colonización, la infraestructura vial y eléctrica, la minería, los cultivos “lícitos” e “ilícitos”, la utilización de madera para producir energía (dendroenergía), la industrialización, el sobre pastoreo, la migración de comunidades rurales a los centros urbanos, la inadecuada planeación en el ordenamiento territorial y la acción de los amenazas y fenómenos naturales, son algunos de las causas que han llevado, en forma de reacción en cadena, al deterioro del medio ambiente y en especial a los ecosistemas de alta fragilidad (vegetación, fauna, suelos, agua).

La importancia y significancia de la vegetación, en proyectos de desarrollo o de producción, radica en el papel que desempeña este elemento como asimilador básico de la energía solar constituyéndose, no solo, en productor primario de casi todos los ecosistemas, sino también sus importantes relaciones con el resto de los componentes abióticos, bióticos y sociales del medio: la vegetación es estabilizadora de pendientes, retarda la erosión, influye en la cantidad y calidad del agua, mantiene microclimas locales, filtra la atmósfera, atenúa el ruido, es el hábitat de las especies animales, y entre otras, el sustento de la comunidad rural, mediante el uso de productos y subproductos del bosque.

3.7.1 Procedimiento cobertura vegetal

Con el propósito de facilitar el levantamiento de la información de la cobertura y uso actual de las tierras y su representación cartográfica, el mapa temático de cobertura vegetal, se elaboró con base en la clasificación establecida, desarrollada y estandarizada por Vargas (1.992).

3.7.2 Interpretación de unidades de cobertura vegetal

El mapa de cobertura vegetal, se generó con base en fotografías aéreas que recubrían el área de influencia directa del proyecto.

Unidades de Cobertura vegetal

En la cartografía temática de cobertura y uso del suelo, toda unidad que aparece delimitada se define como una unidad de mapeo. A su vez, esta unidad de mapeo puede contener una o varias de las clases de cobertura y usos del suelo.

De acuerdo con la escala de trabajo y de la complejidad de la zona de estudio, se encontraron en la delimitación de las unidades de mapeo, unidades tanto puras como a nivel de consociaciones.

Puras: Cuando la cobertura terrestre corresponde al ciento por ciento de la unidad mapeada.

Consociaciones: Es aquella unidad que encierra uno o más clases siendo siempre mayor o igual al 70 % la clase dominante.

Igualmente, para la elaboración del mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo del área de influencia directa del estudio, se estimaron tres categorías de clasificación: Gran

Grupo, grupo y subgrupo; los cuales se han diferenciado según los aspectos de la cobertura y uso de la tierra y según los elementos identificables de la fotografía.

Es importante mencionar, que la cobertura vegetal por ser un sistema complejo y, el uso del suelo una unidad dinámica y variable se presentan varias limitaciones en la clasificación de las unidades; tales como: no se han ideado unidades de clasificación que permitan decidir cuándo se está en una unidad de clasificación, cuándo en otra o en una transición; no se han especificado detalladamente unidades de mapeo, de manera que identifique la pureza de la unidad que se delimita.

Gran grupo: Esta categoría, la más general, hace referencia a la cobertura vegetal y terrestre.

Grupo: La segunda categoría de la clasificación lo constituyen aquellos aspectos de la cobertura de la tierra que tienen mayor expresión sobre la imagen; indican en forma general, la actividad principal que el hombre efectúa sobre la superficie terrestre.

Subgrupo: Esta tercera categoría hace referencia a la actividad particular que el hombre realiza sobre la tierra o al de la cobertura vegetal o terrestre.

Los términos utilizados para las clases dentro de cada una de las categorías que se identificaron, se han seleccionado y ordenado con base en las clasificaciones sobre la cobertura y uso que se consultaron; lógicamente, con sus respectivas modificaciones y adaptaciones para la zona de estudio.

3.7.3 Simbología

Los estudios de cobertura vegetal y uso actual del suelo no presentan en el ámbito nacional un sistema de símbolos estandarizados, dando como resultado la utilización de cualquier sistema que permita la identificación de las unidades cartográficas de cobertura y uso del suelo.

Con base en las diferentes clasificaciones a escala nacional e internacional se siguió la simbología adoptada por el IGAC (Vargas, 1.992) con el propósito de estandarizar dicha simbología. Por lo tanto, el símbolo de la unidad cartográfica se compone de tres caracteres alfanuméricos, así:

El primer carácter a la izquierda corresponde a una letra mayúscula, que nemotécnicamente identifica la cobertura terrestre (Gran Grupo).

B: tierras con bosque; R: tierras con rastrojos; A: tierras agrícolas y así sucesivamente.

Los dos caracteres siguientes están compuestos por un número (Grupo) seguido de una letra minúscula (Sub Grupo), los cuales corresponden al uso actual del suelo. Es así como: A1b, indica una tierra agrícola con cultivos permanentes tecnificados.

3.7.4 Cobertura vegetal y uso actual del suelo

Se entiende por cobertura vegetal a la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado, es decir es el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos biológicos vegetales característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales.

Para el área de interés, el estudio de la vegetación debe fundamentarse principalmente en las necesidades prioritarias de la comunidad, ya que la idiosincrasia, la cultura, las necesidades básicas y la densidad de población hace que prevalezca una determinada cobertura o uso (las cuales satisfacen los requerimientos de subsistencia de dicha comunidad), entrando en conflicto con el verdadero uso potencial o aptitud de uso de los suelos en determinada área.

En el área de estudio, la cobertura vegetal y uso actual del suelo se encuentra encaminada a la presencia de pastos naturales sin manejo para la ganadería extensiva (P1a); pastos naturales arbolados protectores productores (p1b); cultivos temporales tecnificados de producción (A1a); cultivos de pan coger no tecnificados de producción (A1b); rastrojos altos en zonas de barbecho de protección (R1a); rastrojos bajos en zonas de barbecho de protección (R1b); bosque natural de ribera intervenido de protección producción (B1a); bosque natural de tierra firme intervenido de protección producción (B1b).

- **Pastos naturales sin manejo para la ganadería extensiva (P1a)**

La vegetación herbácea o pastos naturales, que se desarrollan en la zona de estudio, corresponde a aquella vegetación de porte bajo (menor de un metro de altura), caracterizada y compuesta, especialmente, por hierbas y gramíneas.

Los pastos naturales sin manejo para la ganadería extensiva (P1a), están destinados a la ganadería vacuna, caprina y caballar. Son producto de la regeneración natural de las gramíneas que conforman y se encuentran distribuidos en toda la zona de estudio, especialmente en las terrazas aluviales y en los bajos o bassines que hacen parte de los valles interfluviales.

- **Pastos naturales arbolados protectores productores (P1b)**

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa.

Los pastos naturales arbolados protectores productores (P1b), están destinados a la protección de los suelos y a la producción de la ganadería, mediante el sombrío. Son relictos del aprovechamiento de las masas boscosas que predominaron en la región.

- **Cultivos temporales tecnificados de producción (A1a)**

Estos cultivos, agrupan todos aquellos elementos inherentes a las actividades culturales que el hombre realiza en el campo en busca de alimento. Por lo general, estos cultivos,

presentan un ciclo vegetativo (germinación, inflorescencia, fructificación y senectud) entre uno y dos años.

- **Cultivos de pan coger no tecnificados de producción (A1b)**

Se refiere a la cobertura vegetal que se está encaminada a la producción agrícola, ya sean para alimentos de animales o personas. Por lo general, su ciclo vegetativo dura un año o menos y solo produce una cosecha durante este periodo.

- **Rastrojos altos en zonas de barbecho de protección (R1a)**

Los rastrojos altos en zonas de barbecho de protección, presentan una estructura o fisonomía que oscilan entre 1 a 3 metros de altura; su estructura es de tallo delgado y leñoso (DAP < 10 cm.), fuertemente ramificado desde la base y empieza a definirse su copa. Así mismo, se encuentran algunas especies vegetales que alcanzan los 5 metros de altura total y presentan características de especies leñosas, dando origen a una transición entre la sucesión rastrojo alto y bosque de galería (secundario intervenido).

- **Rastrojos bajos en zonas de barbecho de protección (R1b)**

Los rastrojos bajos en zonas de barbecho de protección, se caracterizan por presentar individuos vegetales cuyo porte es el arbusto bajo. Este, corresponde a plantas o especies pioneras de rápido crecimiento, monocotiledóneas, herbácea, perenne, de 30 a 100 cm. de altura. La raíz es fasciculada (macolla o haces), tallo rizomatoso (horizontal) y hojas lanceoladas.

Esta vegetación, es producto del abandono de los terrenos destinados a la agricultura o el resultado de prácticas inadecuadas del suelo. Actualmente, este tipo de cobertura no presenta ningún uso productivo en especial; sin embargo, se considera que esta vegetación, ofrece un uso de conservación de suelos, refugio de fauna silvestre y de regulación de las aguas de escurrimiento.

- **Bosque natural de ribera intervenido de protección producción (B1a)**

Estos bosques, corresponde a la vegetación natural que se encuentra ubicado de manera paralela a los cursos y riberas de agua, con ancho irregular; presentan un alto grado de intervención antrópica, ya que las especies de alto valor comercial han desaparecido y, en ellos predominan especies de rápido crecimiento. Los árboles maderables que aún existen, en promedio, no sobrepasan los 35 cm. de diámetro.

- **Bosque natural de tierra firme intervenido de protección producción (B1b)**

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, Estos bosques, no se encuentran asociados a cuerpos de agua y han perdido su estructura, o algunas especies vegetales originales. El origen de este tipo de coberturas, se remonta a la expansión tanto de la frontera agrícola como de la ganadería extensiva.

TABLA DE CONTENIDO

4	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA URBANA	4-1
4.1	INTRODUCCIÓN	4-1
4.2	CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN	4-1
4.2.1	Antecedente histórico y población	4-2
4.2.2	Hogares.	4-4
4.2.3	Equipamientos urbanos e infraestructura especial	4-4
4.3	CARACTERIZACIÓN DE LAS EDIFICACIONES.....	4-9
4.4	CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS	4-17
4.5	FACTOR ANTRÓPICO.....	4-19
4.5.1	Urbanismo y catastro	4-19
4.5.2	Vías.....	4-20

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4- 1	Datos de interés de algunas de las Instituciones encuestadas.....	4-4
Tabla 4- 2	Datos de Interés del centro de Salud de Bajirá	4-8

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4- 1	Distribución poblacional por grupo de edad.	4-3
Figura 4- 2	Prevalencia de discapacidad permanente por grupos de edad y sexo en Belén de Bajirá	4-3
Figura 4- 3	Algunos de los títulos o cursos de las madres comunitarias en los Hogares Comunitarios.	4-5
Figura 4- 4	Algunos de los Hogares Comunitarios en Belén de Bajirá	4-5
Figura 4- 5	I.E. Rural Belén de Bajirá (izq) e I.E. Agrícola La Unión (der)	4-6
Figura 4- 6	Escuela Ubicada en el Barrio Belencito 2	4-6
Figura 4- 7	Escuela La Colina.....	4-7
Figura 4- 8	Asistencia Escolar por grupo de edades y nivel educativo.....	4-7
Figura 4- 9	Centro de Salud de Bajirá - Mutatá	4-8
Figura 4- 10	Subestación de Policía de Belén de Bajirá - Salida a Riosucio (izq) y Comando de Policía de Bajirá - Mutatá (der)	4-8
Figura 4- 11	Coliseo cubierto cercano al parque principal (izq) y cancha de Fútbol en el barrio Belencito 2 (der)	4-9
Figura 4- 12	Parque principal, en el fondo la Iglesia Católica Nuestra señora de Belén (izq) y la Iglesia Pentecostal (der). Ejemplo de escenarios de Culto.	4-9
Figura 4- 13	Usos en el predio.....	4-10
Figura 4- 14	Tipo de Vivienda	4-10
Figura 4- 15	Estrato Socio-Económico y tenencia de vivienda.....	4-11

Figura 4- 16 Vista general de algunas viviendas – Belén de Bajirá.....	4-11
Figura 4- 17 Cimentación de las viviendas cercanas a la margen del rio Bajirá.	4-12
Figura 4- 18 Cimentación Palafítica de algunas viviendas cercanas a la margen del Caño el Indio. La vivienda de la izquierda esta invadiendo el cauce.	4-12
Figura 4- 19 Cimentación de la viviendas en algunos bajos que se presentan en todo el centro poblado. El de la izquierda ubicado en el sector del Centro y el de la derecha en el barrio El Progreso.....	4-12
Figura 4- 20 Viviendas en material de recuperación (izq) y viviendas en madera (der).4-13	
Figura 4- 21 Materiales predominantes en los muros de las viviendas	4-13
Figura 4- 22 Materiales predominantes en los pisos de las viviendas	4-13
Figura 4- 23 Viviendas con pisos en tierra – barrio Belencito 2.....	4-14
Figura 4- 24 Viviendas de 2 a 3 pisos ubicadas en el corredor comercial del centro poblado - Transportes.....	4-14
Figura 4- 25 Acceso a las viviendas.....	4-15
Figura 4- 26 Proceso Constructivo.....	4-15
Figura 4- 27 Año de construcción de las viviendas.	4-16
Figura 4- 28 Material de la Cubierta.....	4-16
Figura 4- 29 Cobertura de Servicios Públicos en el corregimiento de Belén de Bajirá .	4-17
Figura 4- 30 Disposición de aguas servidas por medio de cunetas al Rio Bajirá.....	4-18
Figura 4- 31 Obras de arte que hacen parte de la infraestructura vial de la calle 6 a la altura de la carrera 11, frente a la ebanistería, donde en época invernal la alcantarilla no es funcional e impide el uso de la vía que conduce del Centro a barrios como El Progreso y 4 de Agosto.....	4-20
Figura 4- 32 Estado de las vías urbanas en el centro poblado de Belén de Bajirá.....	4-21
Figura 4- 33 Salida a Barranquillita (superior izquierda), salida a Caucheras (superior derecha), salida a Riosucio (inferior izquierda), carretera Caucheras-Bajirá (inferior derecha).	4-22

4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA URBANA

4.1 INTRODUCCIÓN

El perímetro que delimita el centro poblado del corregimiento de Belén de Bajirá del municipio de Mutatá posee una superficie superior a 110 hectáreas (1,1 Km²). En un número aproximado de 130 manzanas viven alrededor de 1677 hogares para una población aproximada de 7000 habitantes.

Se sitúa entre las cotas de 18 msnm (cota cercana al fondo del río Bajirá a la altura del Puente de Belencito 2), 24 msnm (cota promedio donde se ubica la mayoría de viviendas, zona urbana y parque principal), 25 msnm (cota del pie de la ladera oriental – barrio La Colina) y 74 msnm (cota de la corona de la ladera oriental, donde se ubican las antenas). Posee una temperatura promedio de 28°C.

A continuación se describen de manera muy breve las características de los elementos que conforman la infraestructura existente y la población ubicada dentro de la zona de estudio.

4.2 CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN

Las variables socioeconómicas del municipio y de la población que vive en el área de influencia directa de alguna amenaza derivada de un fenómeno natural en el área urbana, este constituye un factor importante en la evaluación de la vulnerabilidad¹ de la sociedad, la cual permite establecer sobre el contexto socio – económico, la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada². Ante la ocurrencia de un evento potencialmente dañino, los hogares ubicados bajo la línea de pobreza presentan una mayor dificultad para su atención y recuperación, ya que no cuentan con los recursos necesarios para hacerle frente a la calamidad sufrida y, por tanto, su capacidad de respuesta puede llegar a ser nula, caso contrario, a los hogares que de cierta forma cuenten con recursos necesarios para afrontar los daños e ir recuperándose de manera progresiva, mientras suplen sus necesidades básicas.

Por esta razón, a continuación se describen las principales variables socio-económicas del municipio que han sido tomadas del Censo realizado por el DANE en el año 2005 y de las proyecciones de población hechas por la misma entidad.

¹ Probabilidad de ser dañado o herido. Se relaciona tanto con la exposición a un riesgo como a la capacidad que tiene una comunidad, hogar o persona para enfrentarlo. CEPAL, Naciones Unidas. 2002. Documento Electrónico. Vulnerabilidad socio demográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas.

² La vulnerabilidad es compleja, multicausal y está compuesta por varias dimensiones analíticas, pues confluyen aspectos de los individuos u hogares y características económicas, políticas, culturales y ambientales de la sociedad. BUSSO G. 2002. La vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: Un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza. Naciones Unidas. CEPAL. CELADE.

4.2.1 Antecedente histórico y población

El Centro Poblado de Belén de Bajirá data de los años de 1800. En primera medida la Ley 8 de 1821, sancionada por Simón Bolívar, por medio de la cual se creó y delimitó el Cantón del Atrato, demarca la zona de estudio dentro de los límites del actual departamento Chocoano dentro del municipio de Riosucio. Seguidamente la ley 65 del 14 de diciembre de 1909, erigió a Chocó como Intendencia y ubica al Municipio de Riosucio en la Provincia del Atrato (Actual Departamento del Choco). Además, el Diario Oficial del 12 de Octubre de 1917 demarca los límites del Municipio de Riosucio ubicando dentro de su jurisdicción al actual Centro Poblado de Belén de Bajirá, por estas razones en el año 2000 Belén de Bajirá fue erigido municipio a través de la ordenanza 011 del 2000 de la Asamblea del Chocó, sin embargo, y como es de conocimiento público, esta zona urbana estaba descuidada y quien atendía las necesidades era el Departamento de Antioquia, el cual demandó la ordenanza y en el año del 2007 el Consejo de Estado³ anuló dicha ordenanza señalando que compete es al Congreso de la República definir la división del territorio.

Según el departamento de Antioquia el Corregimiento de Bajirá, fue creado a través de la Ordenanza 047 del 30 de noviembre de 1975, territorio segregado del Municipio de Turbo y anexado al Municipio de Mutatá. Sin embargo, fue reconocido por el IGAC que los límites establecidos por la Ley 13 de 1947, según los cuales Belén de Bajirá pertenece al Departamento del Chocó son ciertos y verídicos. Aún se espera que el Congreso de la República defina la pertenencia de este municipio a uno u otro departamento.

Por lo expuesto anteriormente se puede evidenciar cierto traumatismo en la población debido a las divisiones y conflictos territoriales, entorpeciendo la administración pública de Belén de Bajirá, retrasando su progreso, producto de intereses comerciales por la explotación de ciertas materias primas o de intereses políticos por la cantidad de sufragantes. Ejemplo de dicho conflicto se evidencia al observar que en el Centro Poblado hay dos estaciones de Policía, una de la jurisdicción de Chocó y otra de Mutatá, dos Centros de Salud, una Alcaldía Chocoana y un corregidor del Municipio de Mutatá, entre otros.

Además, solo se cuentan con las estadísticas aportadas por el DANE, del Censo adelantado en 2005, ya que debido a los conflictos antes esgrimidos, ni el DNP en las bases del SISBEN, ni en DANE en sus proyecciones reporta información acerca de la población municipal lo que imposibilita la presentación de comportamientos temporales

Al examinar la estructura poblacional, según la proyección del DANE para el 2005, es posible decir que 16.33 % de la población tenía edades entre 0 y 4 años, 38,85 % de los habitantes municipales se encontraba entre los 5 y 19 años de edad, la población entre 20 y 64 años de edad representaba el 42,24% y 2.58% de la población era mayor de 64 años. Además, existía una distribución porcentual muy similar entre hombres y mujeres, con una representación de 50.42% y 49.58% de cada género respectivamente,

³ Sentencia 27001-23-31-000-2001-00458-02, de la Sección Primera del Consejo de Estado. C.P. Marco Antonio Velilla Moreno

comportamiento que se mantiene en todos los rangos de edad estudiados. Ver Figura 4-1.

La pirámide de edades presentada, Figura 4-1, indica que se trata de una población progresiva, es decir que tiene una población con elevados índices de natalidad, con predominio de los grupos en edades jóvenes.

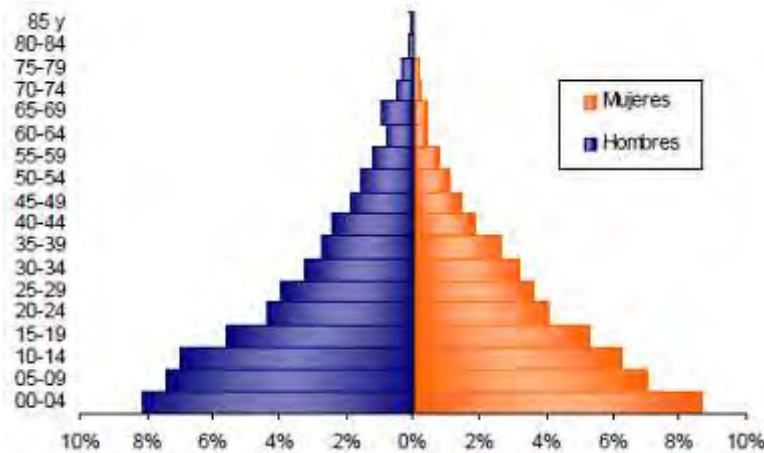


Figura 4-1 Distribución poblacional por grupo de edad. Centro poblado de Belén de Bajirá 2005.

Fuente: Información DANE. Boletín General Municipio de Belén de Bajirá (Choco). 2005.

Según el DANE el 5% de la población tiene alguna limitación permanente con similar número de hombres y mujeres, sin embargo, según el SISBEN solo el 1,1% de la población tienen algún tipo de discapacidad permanente. Esta discapacidad se da en grupos de personas mayores, aumentando con la edad como se muestra en la Figura 4-2, donde más del 50% de los discapacitados corresponden a personas mayores de los 50 años.

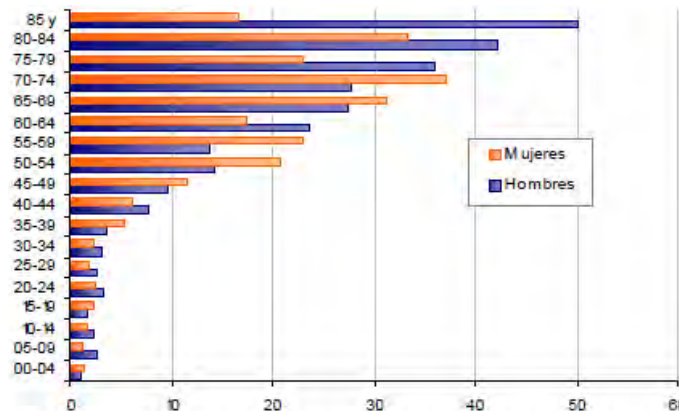


Figura 4-2 Prevalencia de discapacidad permanente por grupos de edad y sexo en Belén de Bajirá

Fuente: DANE. Boletín General Municipio de Belén de Bajirá (Choco). 2005.

4.2.2 Hogares.

Con relación a la información de sobre déficit de vivienda, reportada por el DANE en la cabecera municipal para el año 2005, 1.498(99%) de los hogares que se ubicaban en el casco urbano tenían déficit de vivienda de los cuales 180 (12%) eran por déficit cuantitativo, mientras 1.318 (88%) eran por déficit cualitativo. Indicando con ello un déficit habitacional cualitativo y cuantitativo extremadamente alto.

De otra parte, según lo reportado en el DANE el número de hogares en el casco urbano en 2005 fue de 1.478 indicando un número de personas por hogar de 4.2⁴, con un indicador de NBI de 887.3%⁵, un analfabetismo de 33%, una cobertura de acueducto del 2% y del alcantarillado del 32%, indicando la elevada vulnerabilidad de la población.

4.2.3 Equipamientos urbanos e infraestructura especial

Actualmente hay puntos vitales o equipamientos urbanos⁶ como: Templo Católico Nuestra Señora de Belén, Capilla Iglesia Cuadrangular, Capilla Iglesia Interamericana, Capilla La Luz del Mundo, Capilla Testigos de Jehová, Tanque de Tratamiento de Agua, Acueducto Corregimental administrado por Aguas de Urabá, Institución Educativa Rural Belén de Bajirá, Casa de la Cultura, Inspección de Policía, Caseta de Reciclaje, Parque Principal, Parque Infantil, Gimnasio Corregimental, Grupo de Danza y Teatro, Centro de iniciación deportiva, Aula de Sistemas.

Tabla 4- 1 Datos de interés de algunas de las Instituciones encuestadas

I. Centros de Atención al menor							
Descripción	Nombre	Código Ubicación	No. Alumnos	No. Directivos	No. Profesores	No. Personas u Otros Servicios	Jornada
Institucion Educativa	I.E. Rural Belen de Bajira	Barrio El Indio	1975	3	40	2	06:00am-12:00m 01:00pm-06:00pm
Institucion Educativa	I.E. Agrícola La Union	La Colina - El Centro	1835	2	13	2	06:00am-12:00m 01:00pm-06:00pm
Colegio	Escuela urbana Belencito 2	Belencito 2	156	7			8:00 - 16:02
Hogar Comunitario	Saltarin	Barrio Buenos Aires	13	1			8:00 - 16:01
Hogar Comunitario	los Colores	Barrio Las Florez	14	1			8:00 - 16:00

Fuente y elaboración: Propia.

⁴ El promedio de personas por hogar en el país, según el Censo de 2005, era de 3.9.

⁵ El "Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas" (INBI) corresponde a un método directo para la medición de la pobreza, que diferencia de manera dicotómica entre los hogares con al menos una necesidad insatisfecha y los que no presentan carencias críticas, e indica cuántos hogares tienen al menos una necesidad insatisfecha y se consideran, en consecuencia, pobres. Tomado de: Juan Carlos Feres, Xavier Mancero. 2001. El método de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina. CEPAL.

⁶ Conjunto de edificaciones y espacios, predominantemente de uso público, en los que se realizan actividades complementarias a las de habitación y trabajo, o bien, en las que se proporcionan a la población servicios de bienestar social y de apoyo a las actividades económicas. Glosario de Términos sobre Asentamientos Humanos, México, 1978

HOGARES COMUNITARIOS – ICBF

Los Hogares Comunitarios encuestados tienen una cobertura para atender 14 niños entre los 0 años y 4 años en los horarios de 8:00 am a 4:00 pm de lunes a sábado. Los niños son atendidos por madres que han sido capacitadas por el SENA, Cruz Roja, Bomberos de Apartado, ICBF, Alcaldía, entre otros en atención al menor, primeros auxilios, prevención y atención de emergencias, manipulación de alimentos, etc.



Figura 4- 3 Algunos de los títulos o cursos de las madres comunitarias en los Hogares Comunitarios.



Figura 4- 4 Algunos de los Hogares Comunitarios en Belén de Bajirá

INSTITUCIONES EDUCATIVAS

Existen varias instituciones educativas en el centro poblado, las dos principales poseen una cobertura superior a los 1800 alumnos, sin embargo, la mayoría pertenecen a cursos de primaria o bachillerato básico, habiendo un déficit en cursos de nivel superior o desinterés por parte de los posibles usuarios. Solo 380 alumnos mayores de 15 años que estudian los fines de semana. Ver Figura 4- 8.



Figura 4- 5 I.E. Rural Belén de Bajirá (izq) e I.E. Agrícola La Unión (der)

Se encuentran varias escuelas para atender los cursos de primaria en los barrios de Belencito 2 y La Colina, sin embargo al encuestar dichas instituciones educativas se encontró que no poseen personal capacitado para atender emergencia, carecen de equipos de primeros auxilios, no tienen alarma y no han realizado algún plan de emergencia, lo que genera cierta preocupación por la vulnerabilidad institucional de las entidades educativas.

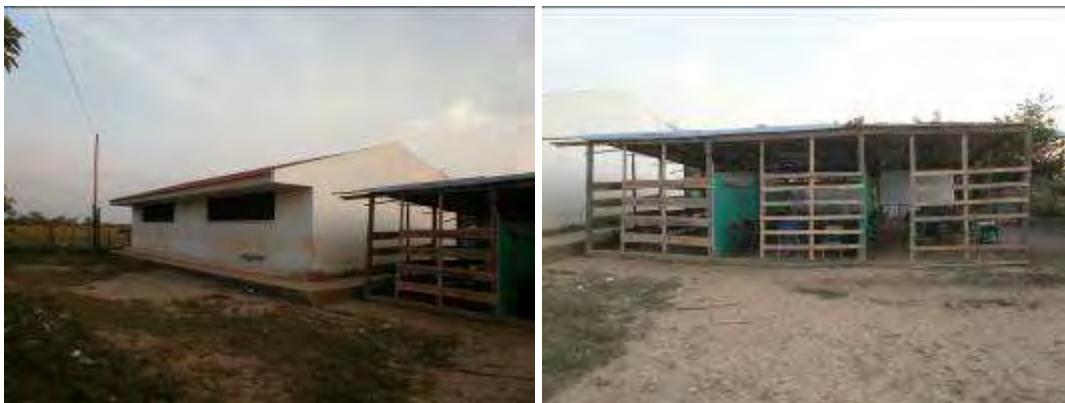


Figura 4- 6 Escuela Ubicada en el Barrio Belencito 2



Figura 4- 7 Escuela La Colina.

Según el Boletín del DANE en 2005, “El 19,1% de la población de 3 a 5 años asiste a un establecimiento educativo formal; el 71,4% de la población de 6 a 10 años y el 54,1% de la población de 11 a 17 años. Además, el 51,0% de la población residente en Belén de Bajirá, ha alcanzado el nivel básica primaria, el 15,9% secundaria; el 0,2% ha alcanzado el nivel profesional y el 0,3% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población residente sin ningún nivel educativo es el 27,4%” (Perfil Belén de Bajirá – Chocó, 2005, pág. 2). Ver Figura 4- 8.



Figura 4- 8 Asistencia Escolar por grupo de edades y nivel educativo.

Fuente: DANE. Boletín General Municipio de Belén de Bajirá (Choco). 2005.

CENTRO DE SALUD BAJIRÁ - MUTATÁ (ANTIOQUIA) y IPS CAPRECOM BELEN DE BAJIRA

Los centros de salud son de nivel 1, tanto el de la jurisdicción Chocoana como el de jurisdicción Antioqueña, con mejor cobertura y atención por parte del centro de salud de Bajirá – Mutatá que remite los casos de nivel superior al hospital de Mutatá (Hospitalización). Carecen de planes de emergencia y hace tiempo no realizan simulacros de evacuación, no hay alarmas y poseen 1 ambulancia (cada centro de salud), extintores, camillas, equipos de primeros auxilios, laboratorio bacteriológico, entre otros.

Tabla 4- 2 Datos de Interés del centro de Salud de Bajirá

II. Hospitales y centros de salud								
Descripción	Nombre	Código Ubicación	Directivos	Médicos	Enfermeras	Auxiliares	Mantenimiento	Jornada
Centro de salud	Centro de salud Bajira	El Indio - Centro	1	3	7	4	3	Urgencia 24H / 8:00 - 17:00

Fuente y elaboración propia.

La discordia no solo ha generado la disgregación de las comunidades chocoanas y Antioqueñas, sino también de sus instituciones como se refleja a medida que se desarrolla este numeral, donde se observa dos instituciones educativas, la una perteneciente a la jurisdicción Antioqueña y la otra Chocoana, dos centros de salud, el de Bajirá de jurisdicción Antioqueña y Caprecom de jurisdicción Chocoana, dos estaciones de Policía como se muestra en la Figura 4- 10, entre otras mas.



Figura 4- 9 Centro de Salud de Bajirá - Mutatá



Figura 4- 10 Subestación de Policía de Belén de Bajirá - Salida a Riosucio (izq) y Comando de Policía de Bajirá - Mutatá (der)

ESCENARIOS DEPORTIVOS Y/O RECREATIVOS Y DE CULTO

Belén de Bajirá cuenta con algunos espacios recreativos, muchas zonas verdes en su perímetro y varios programas para promover la actividad física en los habitantes. El barrio Belencito 2, uno de los más vulnerables y lejanos, tiene una cancha de futbol amplia que le falta mantenimiento; En la zona central hay un parque principal que comparte su uso recreativo con el comercial el cual se encuentra en un estado aceptable; También hay un coliseo cubierto en las inmediaciones del parque principal en el cual se realizan los eventos deportivos y sociales.

A continuación presentamos unas fotografías de algunos de los escenarios deportivos, recreacionales y de culto presentes en el centro poblado.



Figura 4- 11 Coliseo cubierto cercano al parque principal (izq) y cancha de Futbol en el barrio Belencito 2 (der)



Figura 4- 12 Parque principal, en el fondo la Iglesia Católica Nuestra señora de Belén (izq) y la Iglesia Pentecostal (der). Ejemplo de escenarios de Culto.

4.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS EDIFICACIONES.

Con base a la información SISBEN y DANE se hizo una caracterización general de la zona de estudio que corresponde al centro poblado de Belén de Bajirá y el cual se relaciona a continuación.

En un 98.7% de los casos, las viviendas son empleadas únicamente como sitio de residencia, en tanto que en un 1.3% es empleada como unidad económica Figura 4- 13.

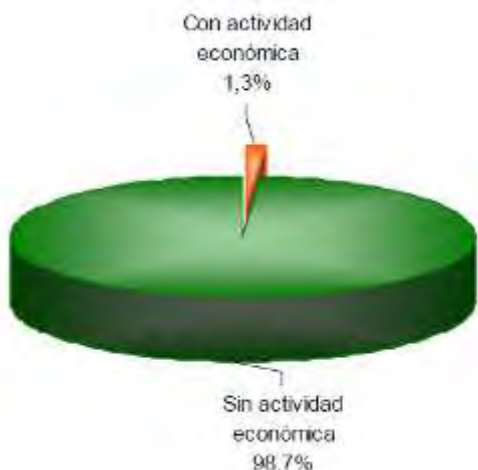


Figura 4- 13 Usos en el predio

Fuente: DANE. Boletín General Municipio de Belén de Bajirá (Choco). 2005.

Según la información del SISBEN, un 68% de las viviendas son casas o apartamentos, 31 % son tipo cuarto, sin embargo, el DANE reporta que el número de casas y apartamentos es inferior al 60% y que el 41 % de las viviendas corresponden a tipo cuarto. Figura 4- 14.



Figura 4- 14 Tipo de Vivienda

Fuente: Encuesta SISBEN-Izquierda y DANE-Derecha. Elaboración: Propia

Como se aprecia en el Figura 4- 15, según la información del SISBEN, el estrato socio-económico predominante es el estrato 1, sin embargo hay un porcentaje considerable de personas en estrato 0, 25% de la población, indicando elevados índices de miseria y pobreza. Además menos del 50% de la población cuenta con vivienda propia.

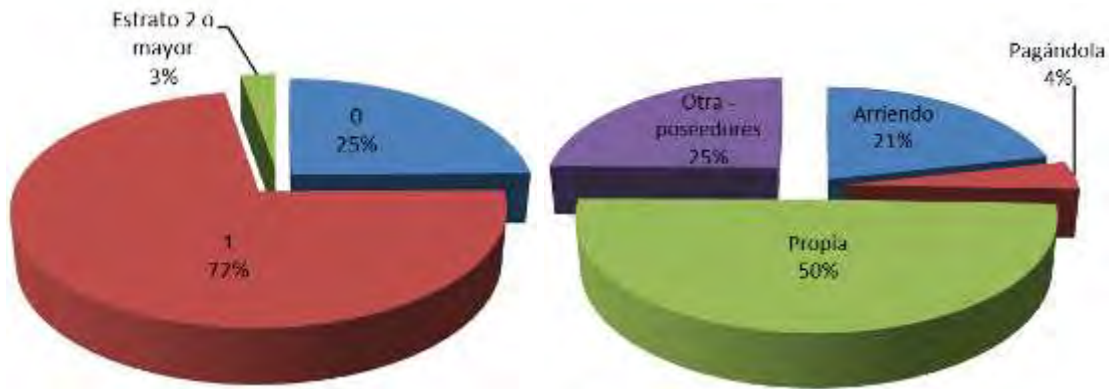


Figura 4- 15 Estrato Socio-Económico y tenencia de vivienda.

Fuente: Encuesta SISBEN. Elaboración: Propia

Muchas de las edificaciones son estructuras construidas sin intervención de profesionales en el diseño y construcción de las mismas, esto debido a su antigüedad o a la necesidad de tenencia de vivienda sin contar con los recursos necesarios para un proyecto de urbanización, por consiguiente las construcciones fueron ejecutadas por los mismos habitantes, sin ningún tipo de estudio o seguimiento especializado y como consecuencia de ello, no cuentan con una adecuada planeación por lo tanto poseen un proceso constructivo deficiente y carecen de normas sismoresistentes. Ver Figura 4- 16.



Figura 4- 16 Vista general de algunas viviendas – Belén de Bajirá

Por otra parte, las viviendas que fueron emplazadas cerca o sobre la margen del río Bajirá o Caño el Indio, al igual que en los bajos, están cimentadas directamente sobre el terreno en estructura palafítica, ver Figura 4- 17, Figura 4- 18. Sin embargo la mayoría de predios están cimentados sobre el terreno en los que predominan los rellenos. Solo se observan algunos predios emplazados en algún corte en la ladera oriental del Centro Poblado.



Figura 4- 17 Cimentación de las viviendas cercanas a la margen del rio Bajirá.



Figura 4- 18 Cimentación Palafítica de algunas viviendas cercanas a la margen del Caño el Indio. La vivienda de la izquierda esta invadiendo el cauce.



Figura 4- 19 Cimentación de la viviendas en algunos bajos que se presentan en todo el centro poblado. El de la izquierda ubicado en el sector del Centro y el de la derecha en el barrio El Progreso.

El material predominante en los muros de las viviendas es la tabla o madera burda con un 83%, seguido por edificaciones en sistema de muros cargueros donde predomina el bloque como material de construcción. Hay un 2% de las viviendas construidas con elementos de recuperación, teja de zinc, polisombras, plásticos, entre otros y un menor

numero 1% en Mampostería de Adobe, Bahareque o prefabricados. Figura 4- 20, Figura 4- 21.



Figura 4- 20 Viviendas en material de recuperación (izq) y viviendas en madera (der).

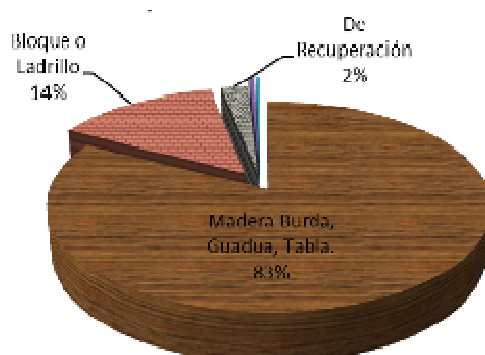


Figura 4- 21 Materiales predominantes en los muros de las viviendas

Fuente: Encuesta SISBEN. Elaboración: Propia

Los materiales predominantes en los pisos son el cemento, gravilla y/o en tierra como se aprecia en la Figura 4- 22, el elevado porcentaje de pisos en tierra indica la precariedad de las construcciones. Ver Figura 4- 23

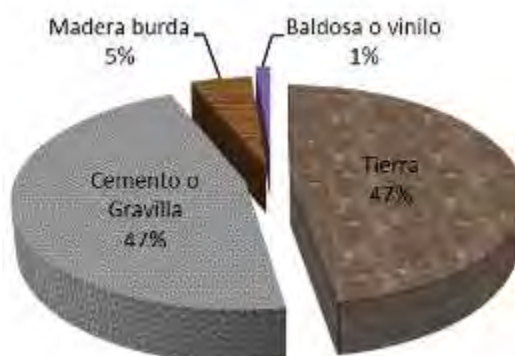


Figura 4- 22 Materiales predominantes en los pisos de las viviendas

Fuente: Encuesta SISBEN. Elaboración: Propia



Figura 4- 23 Viviendas con pisos en tierra – barrio Belencito 2.

Para complementar la caracterización se desarrolló un trabajo en campo que involucra como actividad la inspección de las viviendas y de la cual se realizó una encuesta para registrar los detalles de los predios que se consideran en la zona de estudio, por tanto, a continuación se completa la caracterización de las viviendas.

El número de pisos en más del 98% de las edificaciones es de 1 piso, sin embargo podemos encontrar edificaciones de 2 a 3 pisos como los de la siguiente Figura 4- 24.



Figura 4- 24 Viviendas de 2 a 3 pisos ubicadas en el corredor comercial del centro poblado - Transportes.

En promedio los espacios construidos cuentan con área superior a 50 m², y buenos solares o patios, además por su clima las viviendas son altas, en promedio la altura piso techo es de 2,65 metros.

Las calles del centro poblado de Belén de Bajirá por lo general son amplias y de topografía plana, lo que genera una buena movilidad de vehículos automotores por la mayoría de sus vías, sin embargo, predominan las vías destapadas y en mal estado, muchas de las cuales atraviesan bajos que en época invernal se inundan y dejan parte de

la zona urbana Incomunicada. Hay otras zonas donde solo hay acceso peatonal por falta de infraestructura como es el caso de Belencito 2.

A continuación relacionamos en un grafico el tipo de acceso a las viviendas que es importante conocerlo para establecer los tiempos de reacción y/o atención al presentarse la emergencia, indicando la precariedad del hábitat urbano, la exclusión y por tanto mayor vulnerabilidad social. Ver Figura 4- 25.

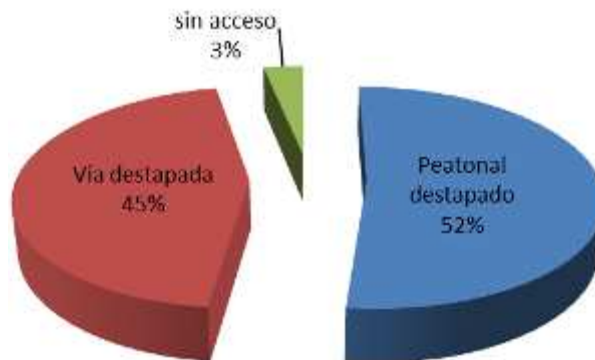


Figura 4- 25 Acceso a las viviendas

Fuente y elaboración: Propia.

La mayoría de los predios fueron construidos por los mismos propietarios o con ayuda de sus vecinos, sin embargo, otro gran porcentaje de predios poseen características constructivas propias de las prácticas de los maestros de obra o personal técnico en construcción, esto al observarse que algunas de las construcciones en mampostería están soportadas o asentadas sobre vigas de amarre y que sus muros están confinados de cierta forma; pero debe tenerse en cuenta que dichas construcciones carecen de normas sismo-resistentes. Ver Figura 4- 26.



Figura 4- 26 Proceso Constructivo.

Fuente y elaboración: Propia.

El centro poblado de Belén de Bajirá es relativamente antiguo, con un crecimiento acelerado en los últimos 60 años, lo que generó un aumento de las construcciones informales en esa época, muchas de las cuales en la actualidad han sido remplazadas y/o

adecuadas. A continuación relacionamos en una grafica los periodos en los cuales se construyeron las viviendas, periodos definidos por las normas en construcción existente en su momento, conociendo de antemano que la primera norma sismo resistente del país se adoptó mediante el Decreto-Ley 1400 en el año de 1984. Ver Figura 4- 27

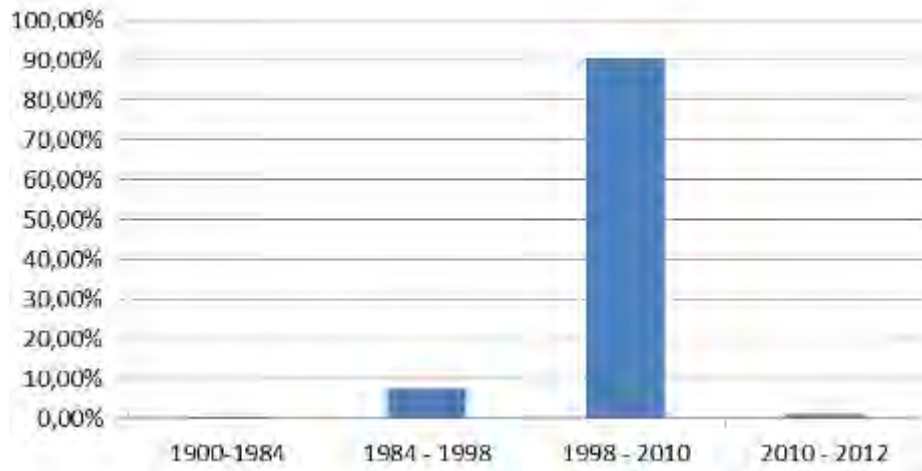


Figura 4- 27 Año de construcción de las viviendas.

Fuente y elaboración: Propia.

En el 93% de los predios la estructura de cielo raso es en madera y su cubierta puede variar de material como lo indica la siguiente Figura 4- 28.

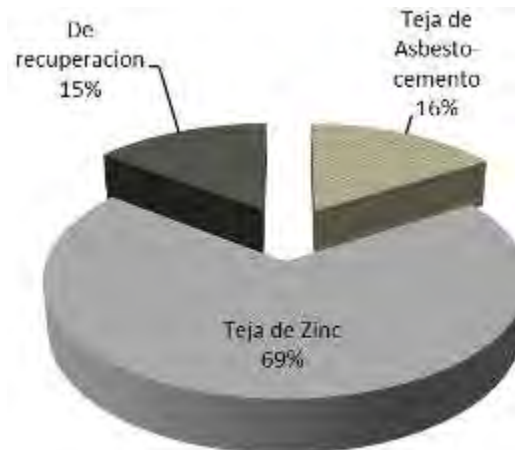


Figura 4- 28 Material de la Cubierta.

Fuente y elaboración: Propia.

4.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS

La cobertura de servicios públicos, especialmente de agua potable y saneamiento básico⁷, inciden directamente en la salud de la población y por tanto en su vulnerabilidad. A menor cobertura de estos servicios o baja calidad del agua suministrada, aumentan los indicadores de morbilidad y enfermedades diarreicas agudas, incrementando la vulnerabilidad social y disminuyendo la calidad de vida de las personas. Según el censo del 2005, las coberturas de acueducto, alcantarillado y energía eléctrica en el corregimiento de Belén de Bajirá eran 2.4%, 32.2% y 50.4% respectivamente, condiciones de cobertura que aumentaban en el Centro Poblado pero que no eran significativas.

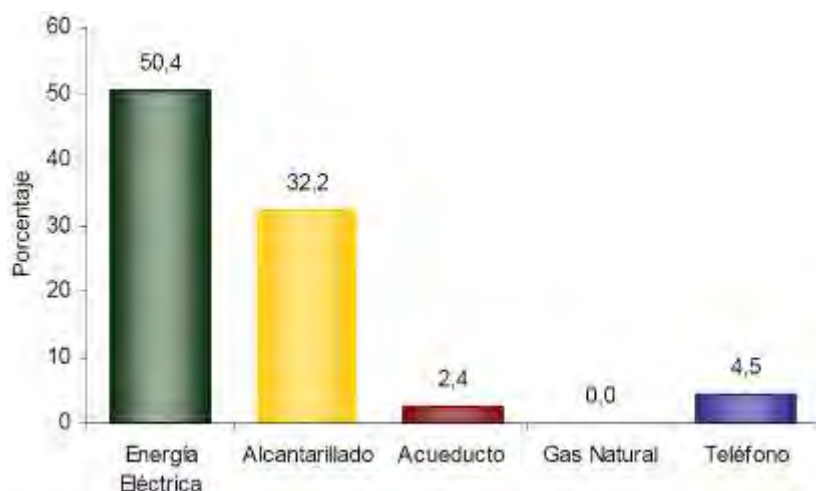


Figura 4- 29 Cobertura de Servicios Públicos en el corregimiento de Belén de Bajirá

Fuente: DANE. Boletín General Municipio de Belén de Bajirá (Choco). 2005.

Los elementos que corresponden a las redes de servicios públicos son los tramos de las redes de acueducto, alcantarillado y energía eléctrica que pueden estar compuestos por tuberías, pozos, cables, postes y/o transformadores. La comunidad reiteradamente tiene quejas sobre la prestación de servicios públicos y la infraestructura que soporta o conduce los mismos.

El único servicio del cual carecen es el de gas domiciliario, por lo cual en la mayoría de las unidades residenciales utilizan como fuente de combustible para la preparación de alimentos las pipetas de gas propano o leña.

El centro poblado de Belén de Bajirá posee un tanque de almacenamiento de agua captada del río Bajirá e impulsada por un sistema de bombeo al tanque, seguidamente debería pasar a la planta de tratamiento, pero no funciona regularmente por falta de mantenimiento, para que desde allí sea impulsada por otro sistema de bombeo al centro poblado, sistema que no funciona correctamente, lo que significa que su distribución se hace por gravedad desde el tanque de almacenamiento, lo cual genera una capacidad

⁷ Según el numeral 14.1 de la Ley 142 de 1994, el saneamiento básico hace referencia a las actividades propias del conjunto de los servicios domiciliarios de alcantarillado y aseo.

baja de distribución. Por consiguiente el agua no es potable y su distribución es irregular. En los barrios más afectados por inundación solo el 50% de la población posee redes de acueducto, sin embargo casi no hacen uso de este, solo para cocinar, por consiguiente un gran número de pobladores prefieren usar el agua del río Bajirá para lavar sus ropas y asearse, y aguas de pozos o aguas lluvias para cocinar sus alimentos o saciar su sed, sin embargo, el agua del río Bajirá es muy contaminada al igual que las de los pozos. El P.O.T.⁸ de Mutatá del año 2000 dice que el centro poblado de Belén de Bajirá tiene una cobertura del 70% en la prestación del servicio de acueducto.

En el corregimiento de Belén de Bajirá en Mutatá existen redes con buena cobertura, para la recolección de aguas residuales pero realizan las descargas al río Bajirá sin ningún tipo de tratamiento. Más del 50% de la población que esta emplazada en zonas de riesgo por inundación, carecen del servicio de alcantarillado, es más, algunas viviendas del barrio de 4 de Agosto carecen de este servicio sabiendo de antemano que hubo un proyecto para suministrar e instalar en todo el barrio el sistema de alcantarillado. Por lo anteriormente expuesto se pueden observar una especie de cunetas en tierra o tubería sanitaria expuesta que conducen aguas negras directamente hacia los bajos o el Río Bajirá, de todos modos dichos bajos conducen al río, al igual que las aguas que son directamente vertidas al caño el Indio.



Figura 4- 30 Disposición de aguas servidas por medio de cunetas al Río Bajirá

Según el P.O.T. El sistema de alcantarillado instalado no cubre el área total habitado en el núcleo urbano, existen algunos sectores sin conexión domiciliaria, la red existente presenta problemas de diseño y constructivos, el diámetro del colector principal es de 8" con una pendiente mínima, lo que restringe la conexión de los nuevos asentamientos o la extensión de área urbana. Además en las épocas de invierno se presenta rebose y taponamiento al subir el nivel del río, razón por la cual las aguas servidas se retornan por las tuberías.

El Servicio de Energía Eléctrica aumentó su cobertura en el centro poblado, mas del 95% de los predios tiene energía eléctrica, igualmente la conexión de la energía eléctrica se individualizo por predio en barrios como el 4 de Agosto, antigua Invasión, porque

⁸ Plan de Ordenamiento Territorial

anteriormente estaban con un medidor comunal y esto generaba conflictos en la comunidad.

4.5 FACTOR ANTRÓPICO

4.5.1 URBANISMO Y CATASTRO

Como se mencionó con anterioridad en este estudio, la zona urbana del centro poblado de Belén de Bajirá está en un terreno relativamente plano, pendientes entre el 0% y 2%, delimitado por los cauces de Río Bajirá y Caño El Indio, y la ladera Oriental que tiene pendientes menores a 20°, sin embargo, su zona urbana es atravesada por unos bajos que nacen en las divisorias de agua de la ladera oriental en el Barrio La Colina, hasta las inmediaciones del Río Bajirá en los barrios Buenos Aires, El Progreso y 4 de Agosto o en el Caño El Indio en los barrios Las Flores y el Indio. La zona urbana también presenta discontinuidades debido al morfodinamismo de sus cauces por comportamiento meándrico.

La estructura urbana se desarrollo alrededor del “Parque Principal”, a partir del cual se organizan y distribuyen todas las actividades sociales, económicas y de servicios en la cabecera urbana del centro poblado. La zona de transportes se ubica desde la salida hacia la vereda de Caucheras por la calle⁹ 6 hasta la altura de la carrera 8 la cual tiene como destino el parque principal, el cual se ubica entre las carreras 8 y 10, y entre las calles 10 y 11, en donde la calle 10 continuando hacia el occidente se une a la salida hacia la cabecera urbana del municipio de Riosucio (Chocó), lo que originó varios corredores comerciales y de servicio que son: La calle 6, la carrera 8 y la calle 10. Además desde el parque principal por la carrera 9 hacia el norte está la salida hacia el centro poblado del corregimiento de Barranquillita del municipio de Chigorodó.

Por otra parte el crecimiento urbanístico presenta cierta conformación organizada alrededor de su eje principal (El Parque), con algunos anchos de vías aceptables, sin embargo, hay zonas que fueron producto de invasión y ocasionaron una conformación desorganizada que carece de infraestructura vital, esto a razón de los conflicto socio-económicos, toda vez que estos asentamientos subnormales en su mayoría fueron poblados por personas desplazadas de la violencia o que vivían en condición de miseria.

Los destinos económicos predominantes en Belén de Bajirá son de tipo pecuario, agrícola y de uso comercial, sin embargo, la ganadería además de causar un bajo impacto social por su forma de explotación no tecnificada, la cual no permite el empleo significativo de mano de obra, está generando en los suelos procesos acelerados de compactación y degradación. Bajirá era conocido como la “Despensa agrícola de Urabá” debido el potencial agrícola de su terreno y era considerado como el corregimiento con mayor producción y rendimiento de arroz en toda la zona, pero la ganadería y el conflicto armado a disminuido dicha actividad, tanto que lo predominante es la actividad ganadera.

⁹ Las direcciones se basan en el Plano Catastral del Municipio de Belén de Bajirá – Mutatá (Antioquia) del año 2000.

El intercambio de productos se da en mayor medida con la cabecera urbana del municipio de Mutatá, que redistribuye los productos a las cabeceras urbanas de los municipios de Chigorodó y Apartadó principalmente y en menor medida al municipio de Dabeiba. De igual forma hay un intercambio de productos entre el corregimiento de Barranquillita y el municipio de Riosucio.

4.5.2 VÍAS

Las vías de Belén de Bajirá por lo general están en mal estado y son en afirmado, las cuales se ven seriamente afectadas en las épocas invernales debido a la falta de diseño y conformación de la misma; de infraestructura inexistente o no funcional como es el caso de las alcantarillas en el barrio El Progreso por la calle 6 a la altura de las carreras 12 y 13; y el mal manejo de las aguas de escorrentía, lo que genera pérdida de material y hundimientos en la calzada.

Las únicas vías que tienen un ancho aceptable son aquellas que conducen hacia otros centros poblados y las que están cercanas al anillo vital el cual rodea el parque principal. Pero por otra parte, la gran mayoría de vías se ven afectadas al ser intersectadas por bajos, canales naturales o antrópicos que conducen sus aguas al río Bajirá o Caño el Indio, que impiden el paso y lo cual se puede solucionar fácilmente con la construcción de Box Coulvert de capacidad adecuada.



Figura 4- 31 Obras de arte que hacen parte de la infraestructura vial de la calle 6 a la altura de la carrera 11, frente a la ebanistería, donde en época invernal la alcantarilla no es funcional e impide el uso de la vía que conduce del Centro a barrios como El Progreso y 4 de Agosto.

La mayoría de vías son de tipo peatonal, no por el ancho de su sección, ni por la pendiente, sino debido a las condiciones anteriormente descritas, las cuales han deteriorado la estructura vial existente. Además en el barrio Belencito 2, aunque las vías son de sección ancha y están en aceptables condiciones, la carencia de un puente vehicular limita las carreteras a un uso peatonal.



Figura 4- 32 Estado de las vías urbanas en el centro poblado de Belén de Bajirá.

La red vial que conduce a otros centros poblados o veredas están conformadas en afirmado, además por las condiciones de topografía plana en época de verano las vías son transitables y da la sensación que están en buen a regular estado, sin embargo, en época invernal muchas se hacen intransitables debido a las inundaciones y encharcamientos de prolongada duración, los cuales a su vez deterioran la vía, por lo cual se puede sustentar que la condición general de estas vías municipales-veredales se encuentran en mal a regular estado.

El corredor Belén de Bajirá - Caucheras se encuentra en deficientes condiciones, debido a las inadecuadas especificaciones técnicas de la vía, el bajo mantenimiento y la baja capacidad portante del terreno sobre la cual se asienta. Con una sección de 8m Se desprende de la vereda Caucheras a 13 Km al norte del casco urbano del Municipio de Mutatá, donde la distancia recorrida desde Caucheras a Belén de Bajirá son 28 Km, la vía continúa en dirección a Riosucio más o menos 60 Km.

La distancia del corregimiento de Belén de Bajirá a la carretera troncal Medellín – Turbo es de 28 km, sabiendo que la vereda Caucheras se ubica en dicha troncal, lo cual ubica a Belén de Bajirá relativamente lejos tanto de Chigorodó como de Mutatá, este factor unido a la prestación de servicios básicos y a la comercialización de productos de economía campesina, lo convierte en centralidad de una unidad espacial de funcionamiento, la cual tiene influencia sobre las siguientes veredas: Palmichal, Los Cedros, Villa Luz, Nueva Esperanza, Antazales, La Primavera, Tierradentro y Villa del Carmen.

Belén de Bajirá es centralidad de estos asentamientos por la prestación de servicios básicos sociales y además por la comercialización de productos de economía campesina en bajos volúmenes, que satisfacen la demanda.

Belén de Bajirá representa el centro poblado concentrado de mayor jerarquía y prestador de servicios básicos para algunos asentamientos que se encuentran fuera del territorio municipal de Mutatá y que pertenecen a los municipios de Riosucio (Chocó) y Turbo (Antioquia). Con ellos existe una relación muy débil debido a la baja densidad poblacional y las grandes dificultades físicas de comunicación.

La carretera hacia Riosucio (Choco) y hacia Barranquillita (Chigorodó-Ant), al igual que a Nuevo Oriente (Turbo), se encuentran en peores condiciones que la vía Belén de Bajirá – Caucheras, donde sus especificaciones y material de conformación son similares.



Figura 4- 33 Salida a Barranquillita (superior izquierda), salida a Caucheras (superior derecha), salida a Riosucio (inferior izquierda), carretera Caucheras-Bajirá (inferior derecha).

TABLA DE CONTENIDO

5 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA	5-2
5.1 INTRODUCCIÓN	5-2
5.2 AMENAZA POR INUNDACIÓN	5-2
5.2.1 EVALUACIÓN GEOLÓGICA	5-3
5.2.2 EVALUACIÓN HIDRÁULICA	5-4
5.2.3 EVALUACIÓN SOCIAL – MAPEO DE INUNDACIÓN	5-6
5.2.4 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA	5-9
5.2.5 PRECISIÓN DE LA MODELACIÓN	5-12
5.2.6 RESULTADOS	5-12
5.3 AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	5-13
5.3.1 INESTABILIDAD DE MÁRGENES	5-13
5.3.2 ESTABILIDAD DE LADERAS	5-14

LISTA DE TABLAS

Tabla 5- 1 Características de flujo en el río Bajirá para un caudal de 25 años de recurrencia.	5-5
Tabla 5- 2 Matriz de intensidad del evento, parámetros hidráulicos altura y velocidad de flujo....	5-11
Tabla 5- 3 Matriz de intensidad del evento del producto de los parámetros hidráulicos velocidad (v) y altura de flujo (y).....	5-11
Tabla 5- 4 Matriz de calificación de la amenaza por inundación.	5-11
Tabla 5- 5 Caracterización geomecánica para los análisis de estabilidad	5-16
Tabla 5- 6 Categorización de la amenaza por PRM	5-19
Tabla 5- 7 Resultados análisis FRM	5-19

LISTA DE FIGURAS

Figura 5- 1 Geomorfología local, con T0 como zona de amenaza alta por inundación.	5-3
Figura 5- 2 Nivel del agua en el interior del predio encuestado.....	5-7
Figura 5- 3 Tiempo en alcanzar la altura máxima de lámina de agua durante la inundación.	5-8
Figura 5- 4 Tiempo de permanencia de la inundación.....	5-8
Figura 5- 5 Relación del nivel máximo alcanzado en la inundación y las pérdidas económicas. ...	5-9
Figura 5- 6 Ejemplo de como se protegen algunos electrodomésticos en el barrio La Colina, como consecuencia de las inundaciones.....	5-9
Figura 5- 7 Criterio de Inundación Peligrosa.....	5-11
Figura 5- 8 Ejemplo de las secciones de análisis.	5-15
Figura 5- 9 Corrección y verificación de resultados de corte directo.....	5-16
Figura 5- 10 Carta de estabilidad sección 11.....	5-18

5 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

5.1 INTRODUCCIÓN

Con la información base presentada en los capítulos anteriores, especialmente la geológica y geomorfológica, de hidrológica e hidráulica y de geotécnica, se procede a establecer las zonas de amenaza por inundación y fenómenos de remoción en masa en la totalidad del centro poblado.

A continuación se explica de manera resumida y clara, para cada uno de los eventos la forma como se evaluó la amenaza. Igualmente se describen los criterios para la zonificación espacial de la misma de manera específica para cada evento, en función de las características del evento que amenaza y la vulnerabilidad de las viviendas y la población amenazada.

5.2 AMENAZA POR INUNDACIÓN

Una planicie o llanura de inundación es un área usualmente seca adyacente al río, la cual se inunda durante eventos de crecientes que resultan generalmente de tormentas severas. La planicie de inundación puede incluir el ancho total de valles angostos o áreas amplias localizadas a lo largo del río en valles amplios y planos.

El canal y la planicie de inundación son partes integrales de la conducción natural de una corriente, la planicie de inundación conduce el caudal que excede la capacidad del canal y a medida que el caudal crece, aumenta el flujo sobre la planicie de inundación. Se considera inundación a partir del desborde del agua que es conducida por el canal hacia las zonas adyacentes (llanuras de inundación).

El análisis de la amenaza por inundación se adelanta de manera cualitativa y cuantitativa usando tres criterios:

- Geológico: relacionando las terrazas definidas con un periodo de retorno de inundación.
- Hidráulico: cuantitativa estableciendo por medio de técnicas numéricas los niveles de agua para diferentes periodos de retorno y estos a su vez se mapean sobre la cartografía base elaborada para obtener los límites de avance de la lámina de agua y establecer los niveles de inundación sobre la zona urbana del municipio de Belén de Bajirá. Igualmente, la modelación permite establecer las alturas de agua en las zonas inundables y las velocidades del flujo, parámetros que permiten establecer el nivel de daño que puede causar el flujo o la creciente sobre las viviendas y personas que ocupan el territorio.
- Social / por entrevistados: usando la técnica de registro de eventos con información de los habitantes, se realizaron los levantamientos de alturas de agua y características del flujo el sector de estudio.

A continuación se presenta un recuento de los análisis adelantados y los resultados obtenidos.

5.2.1 Evaluación geológica

Basados en los estudios básicos de geología y geomorfología y el mapa de unidades, se revisaron la recurrencia o periodos de retorno posibles. Las terrazas descritas fueron catalogadas dentro de un intervalo de recurrencia así:

Terraza 0: inundable anualmente.
Terraza 1: inundable cada 4 años.

La Figura 5- 1 muestra la disposición de las terrazas en el municipio. Si usamos el criterio de inundación de los 100 años de recurrencia para delimitar la zona de amenaza baja, todo el municipio quedaría catalogado dentro del nivel alto, y estaría ubicado dentro de las zonas de ronda, por lo cual usaremos un criterio diferente: la zonas ubicadas en la terraza 0 se identifican como amenaza alta y los barrios ubicados en la terraza 1 deben ser estudiados con detalle; las manzanas ubicadas en la colina denudacional no son consideradas dentro del análisis de amenaza por inundación. Ver Figura 5-1.



Figura 5- 1 Geomorfología local, con T0 como zona de amenaza alta por inundación.

5.2.2 Evaluación hidráulica

Los análisis adelantados en el campo de la hidráulica se orientaron a la determinación de los niveles y las velocidades de flujo del río Bajirá asociados a los caudales de recurrencia de 2 y 25 años, de manera que se pudieran establecer los grados de amenaza debida a inundación. Con este propósito se empleó el modelo HEC RAS 4, al cual se le suministraron datos de entrada específicos, relacionados con la geometría de las secciones del río transversales al flujo, la rugosidad y pendiente hidráulica.

La información sobre la geometría de las secciones de flujo, al igual que la pendiente se obtuvieron de los levantamientos topográficos adelantados en un tramo de río tres (3) kilómetros de longitud. Aunque se trató de obtener el valor de la rugosidad mediante la aplicación de fórmulas que involucran el diámetro representativo de los materiales que conforman el lecho de la corriente de agua, los resultados obtenidos no fueron satisfactorios. Se optó por recurrir a la metodología de Harry Barnes, del Geological Survey de USA y se tomó el valor de 0,04.

La calibración del modelo se adelantó con base en el nivel de la corriente correspondientes a crecientes ocurridas en el año 2010 registrados en los trabajos de campo y en el consecutivo de desastres existente.

De los resultados obtenidos en los análisis hidráulicos sobre las características de las crecientes del río Bajirá, se llega a la conclusión de que aquellos sectores o áreas de la población de Bajirá que se encuentren a cotas inferiores a los 23,70 msnm, están sujetos a amenaza alta, dado que para los caudales del río de recurrencia de dos años, el nivel de las aguas de inundación superan en muchos sectores esta elevación.

Por otra parte, a pesar de que por razón de la topografía el incremento de los niveles de avenida en la planicie de inundación no varían sensiblemente por el incremento del caudal de desbordamiento, es claro, desde el punto de vista de los niveles alcanzados para el caudal de recurrencia de veinticinco años, que las áreas de la población que se encuentran a cotas inferiores a los 24.5 m también estarán sujetas a inundación por desbordamiento de río Bajirá.

Basados en los análisis de caudales, la creciente del río Bajirá genera inundaciones en el centro poblado. Sin embargo y reconociendo al dinámica regional de las corrientes aledañas al río Sucio, crecientes de la quebrada Surrumbay o del mismo río Sucio generan una situación de inundación similar o mayor, y más aún si suceden crecientes en más de una corriente. A pesar de que esta situación no fue modelada hidráulicamente por limitación de cartografía (zona de influencia mínima aproximadamente de 720 kilómetro cuadrados), se prevee un comportamiento similar al observado por el río Bajirá, incluyendo características de velocidad y cota de agua.

A continuación se presentan las características de flujo para un caudal de 25 años de recurrencia. Tabla 5-1.

Tabla 5- 1 Características de flujo en el río Bajirá para un caudal de 25 años de recurrencia.

TRAMO	SECCION	CAUDAL TOTAL (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE FLUJO (m2)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
Bajira	3000	176	20,00	24,90	1,23	153,03	63,71	0,22
Bajira	2950	176	20,00	24,91	0,95	221,68	91,10	0,15
Bajira	2900	176	20,00	24,90	0,89	233,36	95,35	0,15
Bajira	2850	176	20,00	24,88	0,94	208,39	82,79	0,16
Bajira	2800	176	20,00	24,78	1,46	120,48	44,04	0,28
Bajira	2750	176	19,99	24,78	1,18	172,42	76,74	0,19
Bajira	2700	176	19,97	24,74	1,40	158,03	79,56	0,23
Bajira	2650	176	19,95	24,72	1,29	170,64	83,13	0,20
Bajira	2600	176	19,93	24,68	1,43	152,75	89,91	0,24
Bajira	2550	176	19,91	24,68	1,11	201,05	100,00	0,19
Bajira	2500	176	19,90	24,67	1,00	222,99	100,00	0,16
Bajira	2450	176	19,88	24,64	1,18	201,99	100,00	0,19
Bajira	2400	176	19,86	24,62	1,13	203,04	100,00	0,19
Bajira	2360	176	19,00	24,61	1,00	220,28	100,00	0,16
Bajira	2350	176	19,00	24,62	0,94	235,14	100,00	0,14
Bajira	2300	176	19,00	24,61	0,86	267,28	100,00	0,13
Bajira	2250	176	19,00	24,59	1,05	226,54	100,00	0,16
Bajira	2200	176	19,00	24,59	0,79	269,55	100,00	0,13
Bajira	2180	176	19,00	24,54	1,27	166,64	65,79	0,21
Bajira	2150	176	19,00	24,51	1,34	156,60	62,11	0,21
Bajira	2100	176	19,00	24,50	1,08	170,93	82,59	0,22
Bajira	2050	176	19,00	24,50	0,82	266,47	100,00	0,13
Bajira	2000	176	19,00	24,50	0,63	338,66	100,00	0,10
Bajira	1950	176	17,79	24,49	0,85	283,64	99,59	0,12
Bajira	1900	176	19,00	24,48	0,74	307,66	100,00	0,11
Bajira	1850	176	18,00	24,45	0,97	219,67	100,00	0,15
Bajira	1800	176	18,00	24,42	1,16	183,63	59,20	0,17
Bajira	1750	176	18,00	24,42	1,02	218,69	100,00	0,15
Bajira	1700	176	19,00	24,41	1,02	233,92	100,00	0,15
Bajira	1650	176	18,00	24,39	1,02	226,76	100,00	0,16
Bajira	1600	176	19,00	24,37	1,12	218,82	100,00	0,17
Bajira	1550	176	18,00	24,36	1,05	231,88	100,00	0,15
Bajira	1500	176	19,00	24,36	0,80	270,22	100,00	0,13
Bajira	1450	176	18,72	24,36	0,69	318,19	100,00	0,10
Bajira	1400	176	16,00	24,35	0,61	335,41	100,00	0,08
Bajira	1350	176	19,00	24,32	1,02	224,02	100,00	0,15

Continuación - Características de flujo en el río Bajirá para un caudal de 25 años de recurrencia

TRAMO	SECCION	CAUDAL TOTAL (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE FLUJO (m2)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
Bajira	1300	176	19	24,3	1,15	206,83	100	0,18
Bajira	1250	176	16,00	24,31	0,67	322,21	99,86	0,09
Bajira	1200	176	19,00	24,30	0,84	274,33	100,00	0,13
Bajira	1150	176	19,00	24,28	0,94	240,84	100,00	0,14
Bajira	1100	176	17,94	24,25	1,13	209,56	100,00	0,16
Bajira	1050	176	17,83	24,25	1,09	224,03	100,00	0,15
Bajira	1000	176	18,00	24,26	0,50	375,80	100,00	0,08
Bajira	950	176	18,00	24,21	1,08	198,06	100,00	0,17
Bajira	900	176	18,00	24,23	0,62	334,62	100,00	0,09
Bajira	850	176	16,88	24,21	0,86	264,05	100,00	0,11
Bajira	800	176	17,95	24,22	0,58	366,91	100,00	0,08
Bajira	780	176	17,20	24,18	0,99	226,39	100,00	0,15
Bajira	750	176	16,91	24,20	0,65	335,14	100,00	0,09
Bajira	700	176	19,00	24,17	0,91	240,39	100,00	0,14
Bajira	650	176	16,79	24,17	0,67	327,32	100,00	0,09
Bajira	600	176	19,00	24,16	0,85	267,00	100,00	0,13
Bajira	550	176	18,00	24,16	0,70	294,03	100,00	0,11
Bajira	500	176	18,00	24,15	0,68	303,91	100,00	0,09
Bajira	450	176	18,00	24,13	0,86	264,73	100,00	0,13
Bajira	400	176	18,00	24,12	1,03	241,02	100,00	0,14
Bajira	350	176	18,00	24,10	1,06	231,21	100,00	0,15
Bajira	300	176	18,00	24,11	0,67	298,16	100,00	0,10
Bajira	250	176	18,03	24,07	0,99	206,23	100,00	0,15
Bajira	200	176	18,95	24,03	1,31	165,56	100,00	0,21
Bajira	150	176	18,00	24,02	1,13	212,14	100,00	0,16
Bajira	100	176	18,00	24,02	0,97	242,86	100,00	0,14
Bajira	50	176	18,00	24,00	1,12	222,81	100,00	0,16
Bajira	0	176	18,00	23,96	1,30	175,83	67,03	0,18

5.2.3 Evaluación social – mapeo de inundación

El tercer criterio que se utilizó para definir las áreas de amenaza, fue información recolectada en campo, la cual permitió establecer las características de la inundación como es la altura de la lámina de agua y la manera en que ésta afectó a la población.

Este trabajo se realizó usando las marcas de agua, los testimonios de los pobladores y los registros fotográficos de los eventos. La información referida corresponde al tiempo de permanencia de la inundación o duración, altura o nivel de agua en el predio y el tiempo de concentración o tiempo en el cual el agua llegó a su nivel máximo.

A continuación se describen las características de la inundación.

Nivel o altura de agua

Según la información recolectada de 41 viviendas encuestadas en distintas partes de Belén de Bajirá, el 100% están afectadas o presentan algún nivel de agua dentro de las viviendas al momento de presentarse una inundación. Las viviendas con niveles de agua mayores a 1 metro son del 22% del total de las encuestas y se presentan principalmente en los barrios Belencito 2 y en viviendas del barrio 4 de agosto cercanas a la margen del río Bajirá. El porcentaje de viviendas con niveles menores a un metro se muestra en la Figura 5-2.

Esta distribución está ligada a la cercanía de la vivienda al cauce o su exposición directa al evento, por lo cual se realizó el **mapeo de inundación por entrevistados**, el cual muestra la altura de agua en la zona urbana. Esta información es de vital importancia para la calibración de los modelos hidráulicos

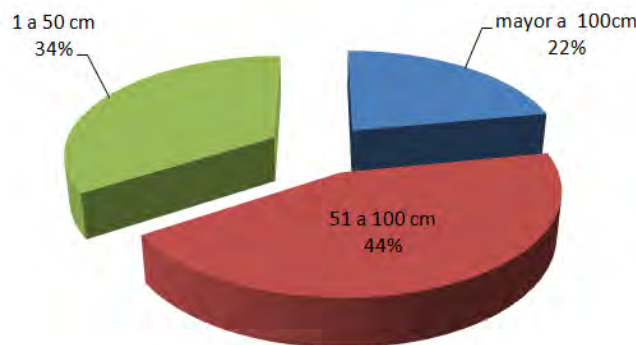


Figura 5- 2 Nivel del agua en el interior del predio encuestado.

Tiempo de permanencia de la inundación

Para caracterizar la amenaza por inundación, es pertinente conocer dos variables de mucha importancia: El tiempo en que tardó la altura del agua en alcanzar el nivel máximo luego de haber sobrepasado la corona de la margen del río y el tiempo de permanencia de la inundación. Las figuras 5-3 y 5-4 muestran el comportamiento de la corriente.

El tiempo que tarda en alcanzar el nivel máximo la lámina de agua dentro de Belén de Bajirá según las encuestas se encuentra de 1 a 3 horas con un 44% de las encuestas y el tiempo máximo registrado es de 12 horas para un 10%, Figura 5-3. Según la población, la inundación se debe al río Sucio que se desborda y alcanza a llegar al centro poblado a pesar de estar distante una longitud de 5 kilómetros; el río Sucio además bloquea y represa el río Bajirá, impidiendo la salida del agua.

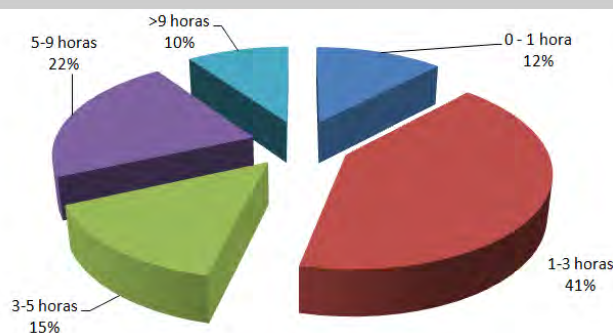


Figura 5- 3 Tiempo en alcanzar la altura máxima de lámina de agua durante la inundación.

Luego de alcanzar la lámina de agua su nivel máximo el tiempo de permanencia de la inundación se encuentra principalmente de 10 a 20 horas con un 41% de las encuestas y en algunos lugares como Belencito 2 tarda 72 horas en bajar los niveles (Figura 5-4). Según los registros realizados en campo se concluyó que la ubicación de Belén de Bajirá es en una terraza baja de poco drenaje y con presencia de altibajos que facilitan el encharcamiento o acumulación local de aguas lluvias y del río.

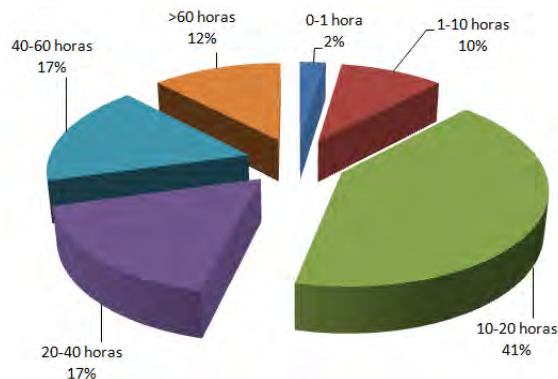


Figura 5- 4 Tiempo de permanencia de la inundación.

Verificando la relación entre la altura de lámina de agua y las pérdidas económicas sufridas en pesos (Figura 5-5), se puede resaltar que las pérdidas económicas se encuentran entre 0-2 millones independiente del nivel de agua registrado dentro de las viviendas. Se observan algunas excepciones como el caso de dos viviendas en el barrio Buenos Aires, las cuales presentaron pérdidas económicas de cuatro millones asociadas especialmente a daños en electrodomésticos; en estos casos el nivel del agua al interior de los predios fue de 80 cm y los habitantes no protegieron sus enceres al momento de la inundación, sino que se refugiaron en el barrio La Colina.

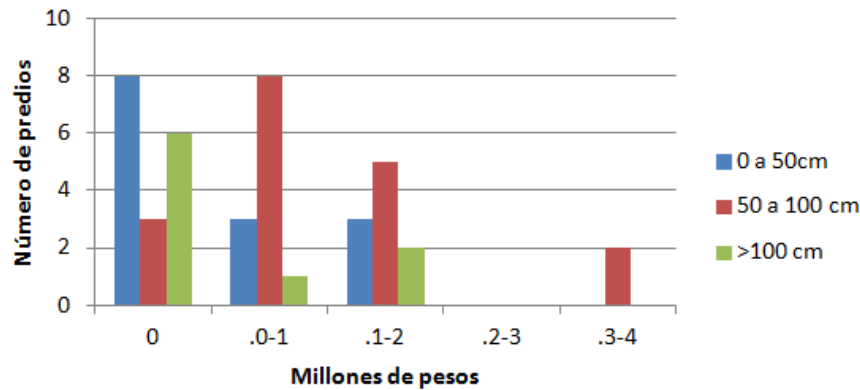


Figura 5- 5 Relación del nivel máximo alcanzado en la inundación y las pérdidas económicas.

De la gráfica también se puede resaltar que numerosas viviendas no reportan tener pérdidas económicas en un evento de inundación, ya sea hayan tenido niveles de inundación mayores o menores a un metro. La explicación a este hecho es el conocimiento general de los niveles de agua por parte de los pobladores, donde los habitantes previamente dejan los enceres de valor en viviendas o zonas que consideran no van a ser afectadas y contribuyen al fácil tránsito del agua, al quitar las primeras tablas de las paredes de las viviendas para permitir el paso de la inundación.



Figura 5- 6 Ejemplo de como se protegen algunos electrodomésticos en el barrio La Colina, como consecuencia de las inundaciones.

5.2.4 Categorización de la Amenaza

Se considera inundación a partir del desborde del agua que es conducida por el cauce hacia las zonas adyacentes (llanuras de inundación). Para delinear espacialmente la llanura de inundación se usó el software HEC-RAS que permitió establecer para cada

sección de análisis las cotas que alcanza el nivel de agua mostrados en el numeral anterior, datos que fueron mapeados en el plano topográfico para generar las curvas de nivel de inundación para cada periodo de retorno. En el caso del análisis establecido sobre el río Bajirá, se mapearon las curvas de inundación para el Tr de 2 y 25 años, el cual registró desborde del cauce y que se muestran en el plano de amenaza por inundación.

Es necesario recordar que los resultados de modelación hidráulica de 100 años de recurrencia no se utilizaron para delimitar la amenaza ya que implicaría que el total de manzanas quedarán catalogadas como de amenaza alta. Para ahacer distinciones y orientar de mejor forma los análisis se usaron periodos de recurrencia menores.

Para la zonificación espacial de la amenaza por inundación, se optó por tomar 3 categorías de amenaza: alta, media y baja, que se determinaron a partir de las variables: probabilidad de falla, distancia de afectación de inundación y nivel de peligrosidad del flujo, a continuación se explican cada una de ellas:

Probabilidad de falla: La falla por inundación del cauce, se define como la probabilidad del evento en el cual el cauce alcanza su banca llena, y a partir de este nivel el río se desborda y causa inundación. Y la probabilidad de ocurrencia está asociada directamente a los periodos de retorno. Para el río Bajirá, las crecientes que generan inundación son las correspondientes al periodo de retorno de 25 años, que corresponde a probabilidad de ocurrencia de 0.04, catalogadas como media.

Para efectos de la categorización de la amenaza, la zona no inundable con Tr de 25 años se define como amenaza baja, mientras la zona de inundación para el Tr de 2 a 25 años se define como media.

Distancia de afectación inundación: La amenaza de inundación normalmente va reduciéndose a medida que aumenta la altitud de la superficie terrestre en relación con el nivel de agua de la orilla del río. Generalmente la altitud de la superficie terrestre aumenta a medida que nos alejamos de la orilla del río y esto suele significar que la amenaza por inundación tiende a disminuir.

La distancia inundación se estimó a partir de la topografía de cada sección transversal según el reporte del modelo hidráulico, por lo tanto se definió cartográficamente la distancia de afectación de la inundación sobre la zona urbana de Belén de Bajirá, como se puede observar en el mapa de amenaza.

Nivel de peligrosidad del flujo de agua: La amenaza queda determinada de manera completa con la estimación de la capacidad de daño de esta sobre el entorno donde se manifiesta. Se define severidad de la inundación o inundación peligrosa a aquellos eventos en donde existe una posibilidad de que se produzca pérdidas de vidas humanas o graves daños personales y daños a las edificaciones.

Mediante experimentos realizados por Bewick (1988) y Jaeggi (1990), sobre la resistencia y estabilidad de seres humanos ante el flujo de agua, se ha propuesto considerar inundaciones peligrosas, a los eventos de crecientes máximas con condiciones

hidráulicas de: altura de flujo (y) mayor a un metro, velocidad (v) mayor a 1m/s y el producto de ambas (vy) mayor de 0.5 m/s, según se muestra en la 7.

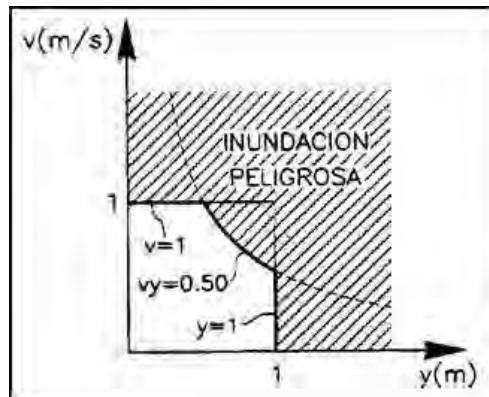


Figura 5- 7 Criterio de Inundación Peligrosa.

La severidad de la inundación se categorizó en tres grados o intensidades a saber: baja, media y alta, de acuerdo con los valores de altura de flujo y velocidad para los diferentes periodos de retorno en cada sección transversal, el cálculo de los anteriores resultados se resumen en las siguientes matrices presentadas en las tablas 5-2 y 5-3.

Tabla 5- 2 Matriz de intensidad del evento, parámetros hidráulicos altura y velocidad de flujo.

Categoría	Símbolo	Altura de flujo y (m)	Velocidad de flujo v (m)
Baja	B	$y < 0.5$	$v < 1$
Alta	A	$y > 1$	$v > 1$

Tabla 5- 3 Matriz de intensidad del evento del producto de los parámetros hidráulicos velocidad (v) y altura de flujo (y).

Categoría	Símbolo	Altura de flujo y x velocidad de flujo v (m^2/s)
Baja	B	$yxv < 0.5$
Alta	A	$yxv > 0.5$

Clasificación de la Amenaza: Ahora, para determinar la calificación de la amenaza por inundación teniendo en cuenta los criterios mencionados se recurre a la siguiente matriz representada en la tabla 5.4.

Tabla 5- 4 Matriz de calificación de la amenaza por inundación.

Probabilidad de falla	Nivel de peligrosidad del flujo de agua		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

Los resultados de las anteriores variables permitieron establecer las siguientes categorías de amenaza por inundación para la zona urbana, que se muestran en el mapa de amenaza por Inundación.

Amenaza alta por inundación: Aquella zona de la llanura de inundación que se considera como área de desagüe de las crecientes con periodo de retorno $Tr < 2$ años y

prácticamente corresponde al cauce actual, alturas de agua mayores a 1 m o las velocidades del flujo mayores a 1 m/s².

Amenaza media por inundación: Es la zona de la llanura de inundación donde las crecientes presentan periodos de retorno $2 \leq Tr < 25$ años, las alturas de agua son menores a 1 m o las velocidades de flujo menores a 1 m/s².

Amenaza baja por inundación: Esta zona de la llanura de inundación se caracteriza por una ocurrencia de crecientes de probabilidad media, con periodos de retorno igual o mayor a $Tr \geq 25$ años. Las alturas de agua son menores a 50 cm o las velocidades de flujo menores a 0.50 m/s².

El plano de amenaza por inundación muestra los resultados finales.

5.2.5 Precisión de la modelación

Como ya se mencionó anteriormente la precisión de los resultados obtenidos se definió en función de la comparación cartográfica de los diferentes temáticos relacionados, así se comparó el mapa geomorfológico que establece el cauce activo con los niveles de inundación del modelo hidráulico, y con los reportes de los entrevistados cartografiados en el mapeo de la inundación.

Contrastando las cartografías generadas bajo los tres criterios se puede observar una buena correspondencia entre las terrazas inundables (T0 con inundación de Tr 2 años) y los límites de inundación general (para Tr de 25 años con mapeo de entrevistados), lo que permite definir que los resultados obtenidos presentan una buena precisión.

Por otro lado se comparó el mapa de inundación con información de campo y el mapa de amenaza por inundación del área urbana delimitado con los límites obtenidos de la modelación hidráulica. La comparación muestra una buena concordancia con los límites de inundación del área inundables para Tr de 25 años (amenaza media) y las alturas de inundación reportadas (áreas dentro de amenaza alta).

En conclusión se puede concluir que los resultados presentados son precisos por correspondencia, es decir reflejan la condición de inundación de la zona urbana del Municipio de Belén de Bajirá. Sin embargo, es importante aclarar que la base topográfica presenta una precisión de 0.5 metros y respecto a ésta se generaron las zonas de amenaza, lo que indica que los niveles de agua pueden variar localmente (bajos menores a 50 centímetros); esta condición no implica imprecisión en los resultados generales ya toda la base cartográfica tiene el mismo error relativo.

5.2.6 Resultados

El evento de inundación del centro poblado de Belén de Bajirá se presenta para periodos de retorno de 2 a 25 años, que se consideran probabilidades de ocurrencia altas a medias.

El nivel de peligrosidad varía, en las áreas cercanas al cauce principal, donde las viviendas se han invadido los márgenes de las orillas del río, se presentan alturas de agua

mayores de 1 m y velocidades del orden de 1 m/s^2 , considerada como zona peligrosa, mientras nos alejamos de la orilla esta condición disminuye a una zona considerada de baja afectación con alturas de agua menores a 0.5 m.

La mayoría de Belén de Bajirá queda catalogada dentro de amenaza media o alta, con excepción de algunas manzanas del barrio El centro. La existencia de bajos cercanos al río o cerca a los caños hace mayor la amenaza, así como el taponamiento de las pocas obras de drenaje.

5.3 AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Los estudios y análisis de amenaza por fenómenos de remoción en masa de Belén de Bajirá, están orientados a determinar el grado de estabilidad de las laderas adyacentes al municipio y de las márgenes del río Bajirá. Cada uno de estos aspectos es aborda con metodologías diferentes las cuales se explican a continuación.

5.3.1 Inestabilidad de márgenes

La amenaza por inestabilidad de las márgenes se enfoca a la identificación de sectores inestables de las márgenes del río Bajirá y caño El Indio, a la altura del casco urbano del municipio, que por sus características generen riesgo para la comunidad.

La evaluación de esta amenaza se sustenta en el inventario de procesos actuales y evidencias de procesos antiguos que han afectado las márgenes del río. En el capítulo de información Base, en los aspectos geomorfológicos se presenta la dinámica actual del cauce.

5.3.1.1 Condiciones Actuales.

El cauce del río Bajirá a la altura del centro poblado, presenta baja pendiente y se encuentra parcialmente definido, donde sus márgenes de baja altura delimitan un comportamiento meándrico y sin acción erosiva de la corriente; eventualmente se observan zonas de antigua divagación conocidas como madres viejas o cauces abandonados. En el río Bajirá no se observan procesos activos, sin embargo es común el retiro de la vegetación natural de protección para ser reemplazada por cultivos lo que genera procesos incipientes.

Las márgenes del río que poco a poco han perdido su vegetación, también son usadas como depósito de basuras y de desechos orgánicos, lo cual a futuro puede afectar la estabilidad de la misma. En general, la intervención antrópica sobre el cauce del río Bajirá se realiza bajo varios aspectos, siendo de interés en su orden: la disminución de la sección hidráulica del río que favorece las inundaciones, la insalubridad, el impacto ambiental por retiro de vegetación y la inestabilidad de márgenes a futuro.

En el caso del caño El Indio, no se observa intervención de la márgenes pero si es notable la disposición de basuras en el cauce. Mientras no haya retiro de la vegetación es poco probable la inestabilidad de márgenes.

5.3.1.2 Evaluación de la Amenaza

A partir de los criterios geomorfológicos establecidos y utilizando la técnica de criterio de experto se caracteriza la amenaza de inestabilidad de las márgenes en la zona urbana del municipio, de la siguiente manera:

Zonas de amenaza alta por FRM: Son aquellas márgenes en zonas donde existen procesos activos, sobre la zona meándrica y en zonas de poca o nula vegetación. Para el caso de Belén de Bajirá o se observan márgenes en esta categoría

Zona de amenaza media: Son aquellas márgenes en zonas donde las corrientes discurren por el canal bien definido, donde existen procesos incipientes y existe vegetación en forma parcial o total. Corresponden a las márgenes del río Bajirá.

Zona de amenaza baja: Corresponde a las márgenes con vegetación, con taludes de altura menor a 2 m y poca intervención antrópica.

Es de notar que los niveles de amenaza se ven mayorados por la intervención del hombre realizado descarga de aguas negras sin control, realizando tala de árboles o siembra de cultivos y a la disposición localizada de basuras y escombros sobre los taludes.

5.3.2 Estabilidad de laderas

A continuación se presentan las condiciones del terreno y los análisis realizados en las laderas que hacen parte del centro poblado de Belén de Bajirá.

5.3.2.1 Condición actual

La ladera contigua a la zona plana de Belén de Bajirá denominada geológicamente como colina Denudacional de Suelos residuales, ha sido intervenida por canteras y cortes para implantación de viviendas. Esta acción antrópica actúa como agente detonante y junto a la condición natural de los suelos existentes y las condiciones de agua, pueden generar procesos de inestabilidad.

5.3.2.2 Condiciones del análisis de estabilidad

Con el fin de evaluar la estabilidad de las laderas aledañas al centro poblado, se definieron las condiciones generales realizando análisis de estabilidad en condiciones actuales y condiciones críticas definidas así:

- **Condición actual:** se establece como la condición de servicio: Considerando el efecto de un nivel piezométrico en materiales finos, con $Ru=0.25$ (Nivel de presión de poros)
- **Condición crítica:** Considerando el efecto de un nivel piezométrico en materiales finos, con $Ru=0.25$ (Nivel de presión de poros) y una inclusión de onda sísmica.

Las condiciones de agua a los niveles descritos incluyen capas de suelo con una saturación de por lo menos una cuarta parte de la capa y un nivel de agua variable. Estas

aproximaciones representan la dificultad de encontrar el material seco en alguna parte del año y la acción de lluvias que impide el descenso importante del nivel piezométrico.

Cabe recordar que durante la ejecución del programa de exploración en el sector no se registraron niveles de agua a lo largo de esta ladera pero si se reconoce la presencia de suelos húmedos; además, la presencia de materiales arcillosos facilita la existencia de niveles de agua colgados. En los análisis de estabilidad se utilizó el método de equilibrio límite- método de Bishop Simplificado. Los lineamientos de las secciones de análisis se muestran en el plano Exploración geotécnica y en el **Anexo de Evaluación de Amenaza (F)** se presentan los modelos geotécnicos.

5.3.2.3 Morfología y modelo geológico – geotécnico de las laderas

Teniendo en cuenta la variación de las pendientes en la ladera, se establecieron 4 geometrías representativas. Estas geometrías representan las cuatro zonas de ladera con diferentes orientaciones de talud.

Además y para tener en cuenta la variabilidad de los materiales encontrados, se estableció un modelo geológico geotécnico que se plasma en las cuatro secciones abarcando así la totalidad del área denominada La Colina.

Los modelos incluyeron la zona de pendiente (media ladera) y una zona plana en la corona y en el pie de la ladera, de tal forma que se consideren posibles superficies de falla que involucren falla de fondo o Grietas de tracción en la zona superior.

En la figura 5-8 se presenta un ejemplo de los modelos elaborados.

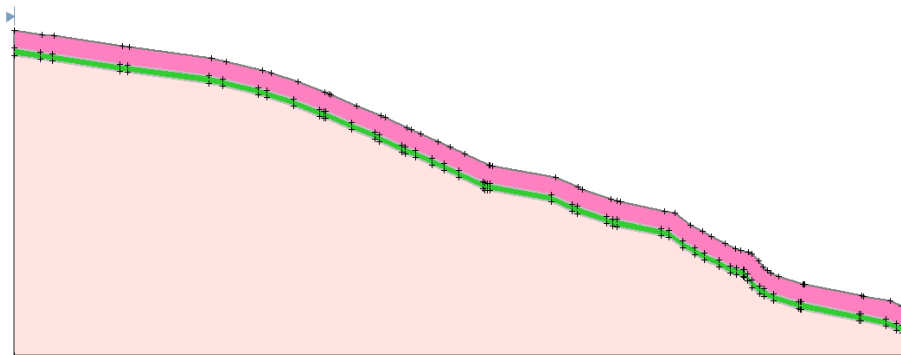


Figura 5- 8 Ejemplo de las secciones de análisis.

5.3.2.4 Parámetros de entrada de los materiales

Con el fin de determinar los parámetros de los materiales superficiales, es decir los suelos residuales y la roca existente, se realizó un análisis de parámetros geomecánicos por diversas técnicas que permita tener la mayor cantidad de información posible.

Los resultados de ensayos de laboratorio son el primer método de obtención de parámetros. Se toman los resultados de corte directo, compresiones confinadas y pesos unitarios y se agrupan por tipo de material, de tal forma que se determine los rangos de

variación de la cohesión, ángulo de fricción y el peso unitario. Además, para aquellas condiciones que simulen algunos de los procesos inventariados en campo, se pueden establecer cuáles son los parámetros del momento de la falla o en su condición actual.

Como resultado y en términos generales, los parámetros geomecánicos finales presentan las siguientes características:

- Los resultados de compresiones inconfiadas simulan adecuadamente el comportamiento de los limos arcillosos de la capa 1.
- Para la arcilla con fragmentos, se asumen como representativos los resultados de corte directo verificados y corregidos como lo muestra la figura 5-9.

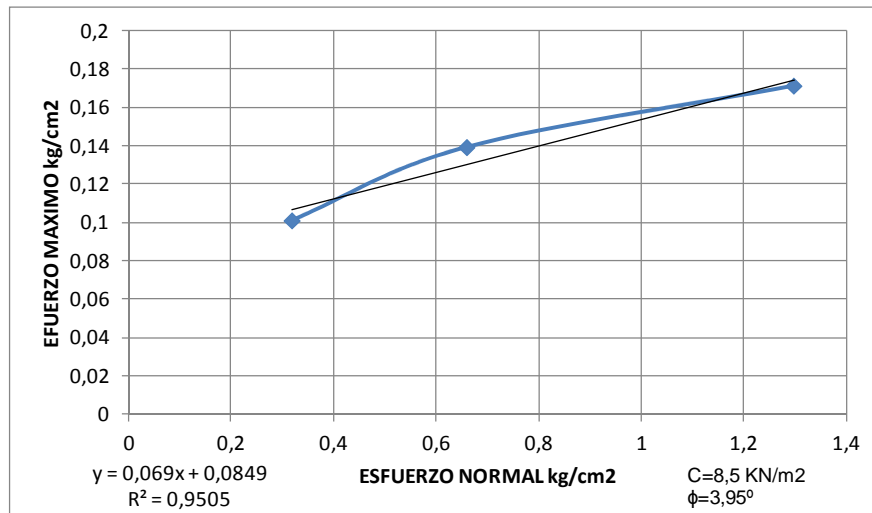


Figura 5- 9 Corrección y verificación de resultados de corte directo

- Para los valores de parámetros de resistencia de la capa 3 – Roca se realizó la obtención de c y ϕ a partir de literatura técnica y correlaciones con la calidad del macizo. En estos análisis se usó el método de Serrano y Olaya (1994) que permite obtener parámetros Mohr Coulomb conociendo parámetros de Hoek Brown. La obtención de estos parámetros se muestra en detalle en el anexo C.

A continuación se resumen los datos geomecánicos considerados en los análisis de estabilidad:

Tabla 5- 5 Caracterización geomecánica para los análisis de estabilidad

Capa	Peso Unitario kN/m ³	Cohesión kN/m ²	Angulo de fricción (°)
Limo arcilloso	15.4	35.1	0
Arcilla con fragmentos	15.3	8.5	3.95
Roca	23.0	42.8	66

5.3.2.5 Obtención de los factores de seguridad.

Una vez establecidos los parámetros geomecánicos, se realiza la obtención de los factores de seguridad para cada uno de las secciones.

Los resultados del análisis de estabilidad se resume en una gráfica que muestra la disposición de los materiales en el perfil junto con el nivel del agua (si lo hay), la superficie de falla cuyo factor de seguridad es el menor y que muestra el mecanismo de falla, la escala de colores del factor del seguridad y un gráfico con las superficies de falla más críticas. Así mismo, se presenta un resumen de los factores de seguridad obtenidos de análisis determinísticos (Ver anexo F).

En los análisis de estabilidad se empleó el programa Slide 5.0, que tiene las siguientes características:

- Análisis de equilibrio límite con superficie de falla circular.
- Las variables que requiere el programa corresponde al ángulo de fricción interna, la cohesión y el peso unitario.
- Se consideró la variación del agua y su influencia en la estabilidad de la ladera, por medio de un análisis de sensibilidad del factor RU.

El sismo está incluido con una aceleración máxima de 0.15 g (valor pleno de la aceleración máxima estimada por AIS), en la componente vertical (considerando amortiguamiento de la onda en la componente vertical)

Los resultados de estabilidad se presentan en una carta resumen como la presentada en la figura 5-10. En ella se observan los modelos elaborados y los factores de seguridad obtenidos en condiciones actuales (con agua – sin sismo) y en condiciones extremas (con agua y sismo).

5.3.2.5.1 Resultados

Basados en los análisis de estabilidad de las cuatro secciones, es muy baja la probabilidad de ocurrencia de un evento de remoción en masa en las condiciones actuales; la superficie de falla en condición actual se ubica en la segunda capa (arcilla con fragmentos) involucrando 1 o 2 metros de suelo bajo la superficie.

Los menores factores de seguridad se presentan en la sección 11, donde se observa un corte de ladera en la parte baja: este corte de 2 metros favorece la disminución del factor de seguridad hasta llegar a 1.5 con agua. Sin embargo, en el caso de las condiciones extremas que consideran la ocurrencia de un sismo, los factores de seguridad disminuyen considerablemente hasta 1.04 lo que implica una probabilidad de aproximadamente 50% de falla lo cual se considera alto.

La existencia de cortes de mayor de altura implica que los factores de seguridad se vean radicalmente disminuidos, inclusive en condiciones sin sismo. Estas condiciones indican que por ningún motivo deben existir construcciones en este sector y menos aún

emplazadas en cortes, ya que difícilmente podrían resistir los desplazamientos verticales, desplazamientos horizontales y empujes de un evento de esta magnitud.

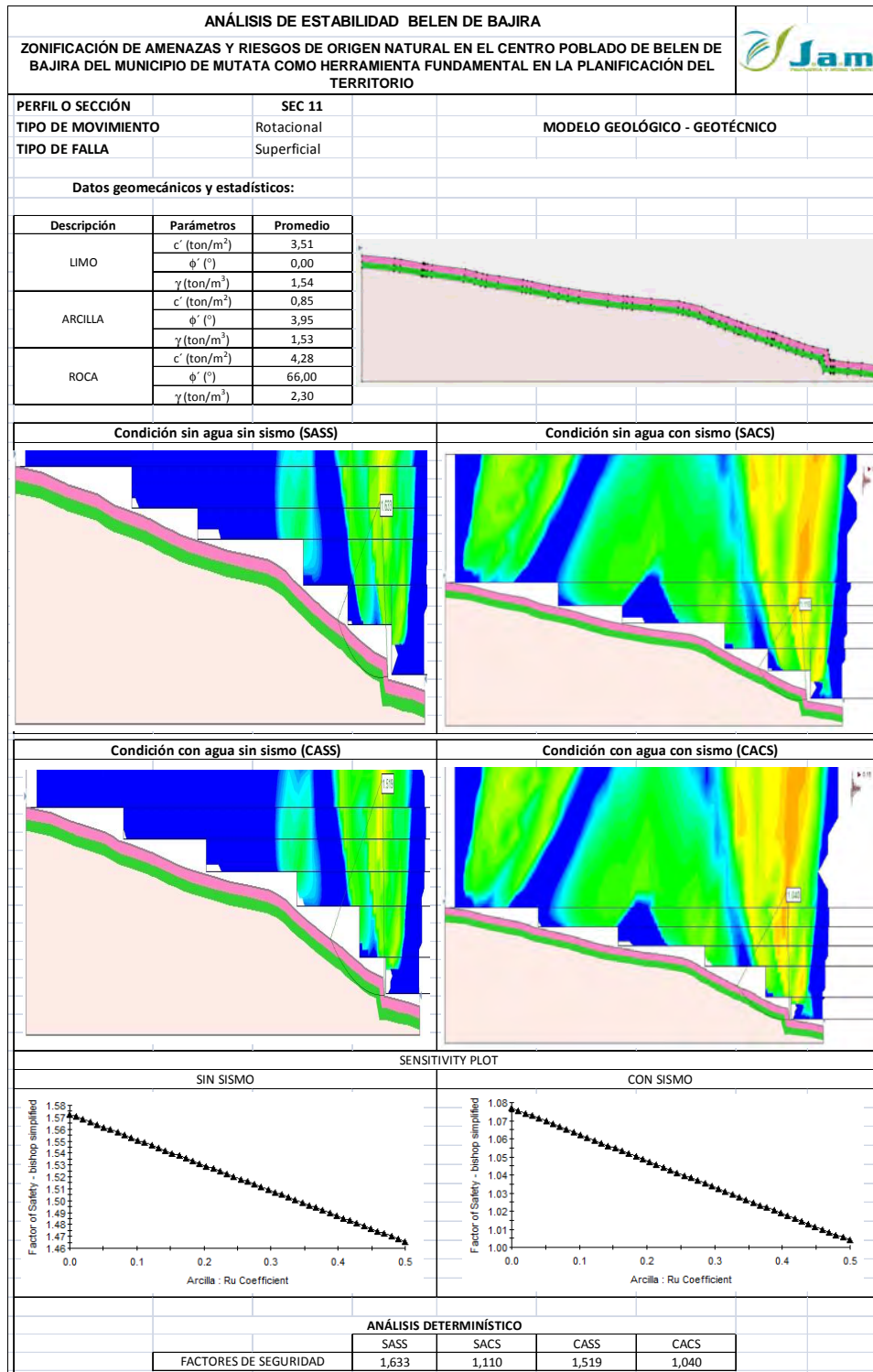


Figura 5- 10 Carta de estabilidad sección 11.

5.3.2.6 Zonificación de la Amenaza

En cuanto a la amenaza por procesos de remoción en masa, con los resultados de estabilidad se desarrolló un proceso cartográfico que permitió llegar a delimitar espacialmente los diferentes grados de amenaza (alta, media y baja) dentro de la zona de estudio, integrando la información básica hasta aquí obtenida. Este proceso consiste en la asociación de grados de amenaza según el factor de seguridad, de tal manera que a lo largo de un talud se puedan conocer los factores de seguridad y por ende, los grados de amenaza.

Para la categorización de la amenaza se estableció como criterio prevaleciente evaluar la condición crítica, la cual considera un tiempo mayor de exposición, especialmente para el evento detonante sismo. En la tabla 5-6 se presenta la categorización de la amenaza establecida en el estudio:

Tabla 5- 6 Categorización de la amenaza por PRM

Factor de seguridad – Condición actual	Factor de seguridad – Condición extrema	Nivel de amenaza
$0.00 \leq FS \leq 1.10$	$0.00 \leq FS \leq 1.05$	Alta A
$1.10 \leq FS \leq 1.90$	$1.00 \leq FS \leq 1.30$	Media M
$FS \geq 1.90$	$FS \geq 1.30$	Baja B

La zonificación incluye la revisión detallada de los cambios de pendiente, de tal, forma que se pueda asignar al detalle el nivel de amenaza. Así mismo se encuentran manzanas con dos o tres categorías de amenaza, factor que influye directamente en la evaluación de la vulnerabilidad (Capítulo 6).

Para las cuatro secciones estudiadas y sus áreas de influencia, se obtienen las siguientes clasificaciones de amenaza:

Tabla 5- 7 Resultados análisis FRM

	COND ACTUAL		COND EXTREMA	
	FS	AMENAZA	FS	AMENAZA
sec 8	1,449	MEDIA	1,119	MEDIA
sec 9	1,642	MEDIA	1,281	MEDIA
sec 10	2,504	BAJA	1,602	BAJA
sec 11	1,519	MEDIA	1,040	ALTA

La ladera denominada La Colina está catalogada predominantemente como media, con algunos sectores de amenaza alta como los son las zonas intervenidas en cortes.

CONTENIDO

6	<u>EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD</u>	6-1
6.1	INTRODUCCIÓN	6-1
6.2	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS	6-1
6.3	CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS	6-2
6.3.1	IDENTIFICACIÓN GENERAL DE TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS	6-3
6.3.2	MUESTREO DE VIVIENDAS	6-4
6.4	IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO	6-5
6.4.1	PROCESOS DE DAÑO POR INUNDACIÓN	6-5
6.4.2	PROCESOS DE DAÑO POR DESLIZAMIENTO	6-5
6.5	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	6-5
6.5.1	MATRICES DE DAÑO	6-5
6.5.2	VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	6-8
6.5.3	RESULTADOS	6-9
6.6	PERCEPCIÓN DE LA COMUNIDAD Y DAÑOS ASOCIADOS A EVENTOS OCURRIDOS	6-10
6.6.1	CONDICIONES DE LAS PERSONAS	6-11
6.6.2	EVENTOS NATURALES Y ANTRÓPICOS - DAÑOS	6-12
6.7	VULNERABILIDAD DE LA SOCIEDAD	6-14
6.7.1	VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL.	6-15
6.7.2	VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL.	6-20

LISTA DE TABLAS

Tabla 6- 1	Listado de manzanas consideradas en el análisis de vulnerabilidad.....	6-2
Tabla 6- 2	Calificación asignada (en una escala de 0 a 1) para realizar un cálculo del nivel de vulnerabilidad.....	6-6
Tabla 6- 3	Intensidad de daño en edificaciones (Índice de Daño). Tomada de JAM, 2005-7	6-7
Tabla 6- 4	Matriz de intensidades de daños para viviendas. Leone, 1996	6-8
Tabla 6- 5	Categorización niveles de vulnerabilidad.	6-8
Tabla 6- 6	Categorización niveles de vulnerabilidad.	6-9
Tabla 6- 7	Factores de vulnerabilidad de la valoración de vulnerabilidad social.....	6-15
Tabla 6- 8	Fragilidad social y factor de resiliencia por manzana.	6-16
Tabla 6- 9	. Clasificación de la fragilidad social por vivienda.....	6-17
Tabla 6- 10	Calificación de la Vulnerabilidad Social a nivel de manzana a partir de la información del DANE.....	6-17
Tabla 6- 11	Fragilidad social y factor de resiliencia por familia.....	6-18
Tabla 6- 12	Clasificación de la fragilidad social según la información del SISBEN.....	6-19
Tabla 6- 13	Vulnerabilidad social a nivel de barrios en Belén de Bajirá	6-19

LISTA DE FIGURAS

Figura 6- 1 Solicitaciones por deslizamientos.	6-7
Figura 6- 2 Formato de encuesta para conocer la percepción del riesgo directamente de los afectados.	6-10
Figura 6- 3 Tiempo en años de permanencia de los encuestados en la cabecera municipal de Belén de Bajirá.	6-11
Figura 6- 4 Nivel de inundación dentro de las viviendas Belén de Bajirá.....	6-12
Figura 6- 5 Nivel de daño en la vivienda por amenazas naturales.	6-13
Figura 6- 6 Estimación de pérdidas económicas.....	6-13
Figura 6- 7 Arrastre de la vivienda por inundación.....	6-13
Figura 6- 8 Distribución porcentual de las categorías de vulnerabilidad.....	6-20

6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

6.1 INTRODUCCIÓN

La Evaluación de Vulnerabilidad se adelanta a partir de la identificación de los elementos urbanos localizados sobre las márgenes y valle de inundación del río Bajirá y el caño el Indio. Es así como a partir del inventario de manzanas, la zonificación por los eventos de inundación e inestabilidad de las márgenes, se definen los elementos amenazados en cada zona y su nivel de exposición.

Así, en forma semi cuantitativa se establece el nivel de vulnerabilidad física, corporal y social de cada una de las manzanas que se encuentran dentro de las franjas de inundación, en función de los posibles daños que pueden llegar a sufrir los elementos expuestos situados en la zona de afectación previsible por los eventos amenazantes.

El nivel de daño de los elementos expuestos se define en función de la tipología característica de cada una de las manzanas establecida en la caracterización del área en estudio y los modos de daño asociados a la solicitación impuesta por la corriente de agua y por los procesos de inestabilidad.

6.2 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

La identificación de los elementos expuestos para los eventos de inundación e inestabilidad de las márgenes del río Bajirá y el caño el Indio, se adelantó en función de las zonas de influencia establecida en los respectivos mapas de Amenaza.

Para efectos del estudio se estableció como unidad base de mapeo la manzana, teniendo en cuenta las características urbanísticas del área, que la información DANE se encuentra a nivel de manzana y que las actuaciones sobre el entorno urbano deben hacerse a nivel de manzana.

Para tal efecto el área de estudio se delimitó urbanísticamente, con las manzanas que se identificaron que posiblemente podían ser afectadas por la ocurrencia de eventos de inundación. En los anexos se presenta el mapa base en el que aparece la delimitación del área de estudio. La Tabla 6- 1 muestra el listado de las manzanas involucradas en los análisis de vulnerabilidad, de acuerdo con la codificación catastral.

En resumen para el análisis de vulnerabilidad se toman como elementos expuestos, las unidades habitacionales y las personas. Sobre las unidades habitacionales se define la vulnerabilidad física como posible daño de las mismas, sobre las personas su afectación corporal y sobre la comunidad su vulnerabilidad social.

6.3 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

La caracterización de los elementos expuestos permite hacer una evaluación sobre el estado de cada una de las unidades habitacionales construidas, con un carácter más cualitativo que cuantitativo, sobre aspectos como la tipología estructural y la condición de los habitantes, con el objetivo primordial de identificar de manera conceptual su resistencia y capacidad de respuesta ante eventos de inundación o de deslizamientos. Ver Tabla 6.1

Tabla 6- 1 Listado de manzanas consideradas en al análisis de vulnerabilidad.

MBB_0101	MBB_0124	MBB_0223	MBB_0310	MBB_0401	MBB_0426
MBB_0102	MBB_0125	MBB_0224	MBB_0311	MBB_0402	MBB_0427
MBB_0103	MBB_0201	MBB_0225	MBB_0312	MBB_0403	MBB_0428
MBB_0104	MBB_0202	MBB_0226	MBB_0313	MBB_0404	MBB_0429
MBB_0105	MBB_0203	MBB_0227	MBB_0314	MBB_0405	MBB_0430
MBB_0106	MBB_0204	MBB_0228	MBB_0314	MBB_0406	MBB_0431
MBB_0107	MBB_0205	MBB_0229	MBB_0315	MBB_0407	MBB_0432
MBB_0108	MBB_0206	MBB_0230	MBB_0316	MBB_0408	MBB_0433
MBB_0109	MBB_0207	MBB_0231	MBB_0317	MBB_0409	MBB_0434
MBB_0110	MBB_0208	MBB_0232	MBB_0319	MBB_0410	MBB_0434
MBB_0111	MBB_0209	MBB_0233	MBB_0320	MBB_0411	MBB_0435
MBB_0112	MBB_0210	MBB_0234	MBB_0321	MBB_0412	MBB_0436
MBB_0113	MBB_0211	MBB_0236	MBB_0322	MBB_0413	MBB_0437
MBB_0114	MBB_0212	MBB_0237	MBB_0323	MBB_0414	MBB_0438
MBB_0115	MBB_0213	MBB_0238	MBB_0324	MBB_0415	MBB_0439
MBB_0116	MBB_0213	MBB_0301	MBB_0325	MBB_0416	MBB_0440
MBB_0117	MBB_0214	MBB_0301	MBB_0326	MBB_0417	MBB_0441
MBB_0118	MBB_0215	MBB_0302	MBB_0327	MBB_0418	
MBB_0119	MBB_0216	MBB_0303	MBB_0328	MBB_0419	
MBB_0120	MBB_0217	MBB_0304	MBB_0329	MBB_0420	
MBB_0121	MBB_0218	MBB_0305	MBB_0330	MBB_0421	
MBB_0122	MBB_0219	MBB_0306	MBB_0331	MBB_0422	
MBB_0123	MBB_0220	MBB_0307	MBB_0332	MBB_0423	
MBB_0124	MBB_0221	MBB_0308	MBB_0333	MBB_0424	
	MBB_0222	MBB_0309	MBB_0335	MBB_0425	

NOTA: Se presenta el listado de manzanas con la codificación propia asignada.

Sobre este aspecto, conviene agregar que en general, casi ninguna edificación y mucho menos las que ocupan la atención de este estudio son diseñadas, ni construidas específicamente para resistir empujes o fuerzas laterales generadas por la corriente de agua, ni soportar desplazamientos producto de la acción de un deslizamiento y que por lo tanto, la evaluación que sobre el particular puede hacerse con base en el inventario es muy limitada. Más aún si las edificaciones del área en su construcción responden a una necesidad primaria de vivienda y esta además responde a la capacidad de respuesta de su propietario, a las necesidades de espacio, reflejando el nivel socio económico y cultural del mismo.

Así, la caracterización de los elementos expuestos, se estableció con base en la visita de reconocimiento realizada a la zona de estudio y consistió en:

- Identificación general de las características de tipología de las viviendas.
- Muestreo de tipología de vivienda por manzana.
- Caracterización de la población a nivel de manzana.
- Definición de tipología de viviendas a nivel de Manzana.

Las variables de mayor interés y sobre las cuales se realiza el análisis de vulnerabilidad son el sistema estructural, la localización de la vivienda en terrazas y la implantación de la vivienda, aspectos que son tratados en la identificación general de tipología de viviendas.

6.3.1 Identificación general de tipología de viviendas

La tipología de las estructuras se asocia de acuerdo a su naturaleza y a la capacidad de resistencia ante la acción que produce fuerzas externas, como por ejemplo la capacidad de resistir el empuje hidrostático de la corriente de agua o la pérdida de soporte por la ocurrencia de un deslizamiento. Una estructura en concreto seguramente presenta una mayor capacidad de resistencia que una estructura hecha con madera.

Es por esto, que la capacidad de respuesta o la vulnerabilidad física se evalúa de acuerdo a tres criterios así:

Al tipo de estructura definida para cada una de las manzanas mediante las características establecidas en campo. Se identificaron tres tipologías, así:

1 – Corresponde a unidades de recuperación, se caracterizan por tener una estructura de poca estabilidad y estar construidas en materiales perecederos como madera, lata, plástico, poli sombra, etc.

2- Corresponden a casas en muros portantes o prefabricados. Unidades en un solo nivel, construidas con ladrillos o bloques con cubiertas en teja, generalmente sin sistemas de confinamiento como lo establece el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes.

3 – Unidades de vivienda de 2 niveles construidas con algún sistema estructural de muros confinados, mampostería o con pórticos.

Por su localización se identificaron tres unidades de vivienda: la primera la que se construye sobre la margen del río o dentro del cauce, la segunda ubicada sobre terrazas bajas y la tercera construida en las terrazas altas del río. Esta localización no implica necesariamente que la vivienda requiera de construcción de columnas o pilas para alcanzar los niveles arquitectónicos– lo que comúnmente se le denomina palafito. Esta condición es tomada en cuenta para calificar la vulnerabilidad dentro del criterio de implantación.

Por su implantación se identificaron tres unidades de vivienda: la primera vivienda implantada a nivel, es decir sin cortes o rellenos que modifiquen sustancialmente la cota de la vivienda respecto a la vía o el terreno circundante, la segunda vivienda implantada

en relleno, con piso de vivienda a más de 50 centímetros del terreno y la tercera vivienda palafítica la cual presenta columnas o pilas de apoyo que elevan su nivel.

Vale la pena anotar que las viviendas se referenciaron espacialmente en el área de estudio, de tal forma que resulta sencillo asignarles el tipo de evento amenazante al que están expuestas, según su localización y su implantación.

6.3.2 Muestreo de Viviendas

Con base en la anterior identificación de tipología de viviendas se adelantó el inventario de las mismas de manera sistemática en cada una de las manzanas identificadas como elementos vulnerables. El formato de inventario empleado se presenta en el Anexo D.

Para tal fin se utilizó como instrumento de recolección de información el formato ajustado de inventario de viviendas que permite establecer las condiciones generales de la vivienda y la identificación de daños asociados a inundaciones o fenómenos de remoción en masa.

El formulario de inventario consta de cuatro bloques o partes básicas de información, mediante los cuales se pretende cubrir los alcances y objetivos del estudio, como es la de evaluar la vulnerabilidad física y social del predio:

La parte I, denominada Datos Básicos, se pretende obtener información de la identificación catastral del predio, propietario, tiempo de permanencia, tipo de vivienda en cuanto a su número de plantas y área construida, ocupación y cobertura de servicios.

La parte II, Condición Estructural, permite obtener la información necesaria para establecer la ubicación espacial del predio respecto a la ladera, tipo de cimentación, sistema estructural y estado de la misma.

La parte III, Daños, permite identificar el estado físico de la vivienda frente a la ocurrencia o no de eventos tipo inundación o FRM, su grado de exposición, condición estructural, el tipo de daño, los elementos afectados y dictar recomendaciones en cuanto a medidas de mitigación de ser necesario.

La parte IV, denominada Aspecto Social, pretende identificar la participación de los habitantes en la gestión comunitaria, inferir el nivel de ingresos y la percepción del riesgo.

Toda la información consignada en los formularios fue transcrita fielmente a la base de datos diseñada en aplicación Excel según se muestra en el anexo D, a partir de la cual se realizaron todos los análisis de tipología estructural y condición física de la vivienda, enfocados a establecer su vulnerabilidad física y el nivel de daño esperado.

Caracterización de la población: Los resultados de esta caracterización se muestran en el numeral de vulnerabilidad social.

6.4 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO

Esta identificación busca para cada evento generador de daño, inundación y deslizamientos, establecer la forma como se representa la acción sobre los elementos vulnerables y la manera como se produce el daño.

6.4.1 Procesos de daño por inundación

Una inundación puede producir arrastre, empujes, flotación, socavación, traslación o volcamiento sobre una estructura, estas acciones están dadas en función de las características de la creciente, especialmente la altura de lámina de agua o cálao y velocidad de misma.

Teniendo en cuenta las características de las crecientes en términos de altura y velocidad de agua, para la zona en estudio se definieron tres tipos de solicitaciones para las estructuras (vulnerabilidad física):

- Fuerza de arrastre o golpeteo – FA
- Presión hidrostática – PH.
- Socavación - SV

Ahora para tener en cuenta la afectación sobre las personas, vulnerabilidad corporal, se tuvo en cuenta la fuerza de arrastre definida cualitativamente con la velocidad de flujo y la altura de agua.

6.4.2 Procesos de daño por deslizamiento

Para este evento y teniendo en cuenta la localización geográfica de las construcciones, media ladera o pie, y los mecanismos de falla de los taludes que conforman los márgenes, las acciones sobre las estructuras de las viviendas son:

- Desplazamiento vertical por pérdida de soporte en la base o cimientos.
- Desplazamiento lateral o empuje en las viviendas que se encuentran en la posible trayectoria de la masa deslizada.

Los desplazamientos verticales son experimentados por los elementos localizados sobre la corona de las áreas inestables y su posible área de retroceso; su valoración se hace a partir de la dinámica de los movimientos, que para este caso específico se considera que se desencadenarían de manera súbita y rápida. Los desplazamientos laterales y empujes son experimentados por todos los elementos localizados en la parte baja de la ladera y en cercanías a esta.

6.5 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

6.5.1 Matrices de daño

Una vez definidos los posibles tipos de daño sobre las edificaciones y sobre las personas, se procede a definir las matrices de daño de manera cualitativa en términos de intensidad

de afectación de acuerdo al tipo de solicitación, en función de la calificación de la amenaza, y de la tipología de las viviendas.

6.5.1.1 Matriz de afectación por Inundación

Se establecieron las matrices de afectación de forma semicuantitativa, usando los criterios de tipología estructural. Ver Tabla 6- 2.

Tabla 6- 2 Calificación asignada (en una escala de 0 a 1) para realizar un cálculo del nivel de vulnerabilidad.

	CALIFICACIÓN
Localización	
margen	0,9
terrazas bajas	0,6
terrazas altas	0,2
No aplica	0
Implantación	
En corte	
A Nivel	0,9
Palafítica	0,3
En relleno	0,3
Material - sistema	
Madera - Recuperación	0,6
Mampostería - Muros portantes	0,3

Una vez realizada la calificación por criterio de tipología se procede a realizar la ponderación de los puntajes de la siguiente forma:

Localización	Implantación	Material - Sistema
30%	40%	30%

Esta ponderación asigna mayor peso a la variable localización, sin demeritar las demás variables. El resultado se define como el nivel de vulnerabilidad, el cual permite ser incluido dentro de una categorización de vulnerabilidad que a su vez facilita el mapeo de los resultados.

6.5.1.2 Matriz de afectación por deslizamientos

6.5.1.2.1 Solicitaciones

Para la zona en estudio se definieron dos tipos de solicitaciones: Desplazamientos verticales – **DV** y Empujes o presión lateral – **E**. Ver Figura 6- 1

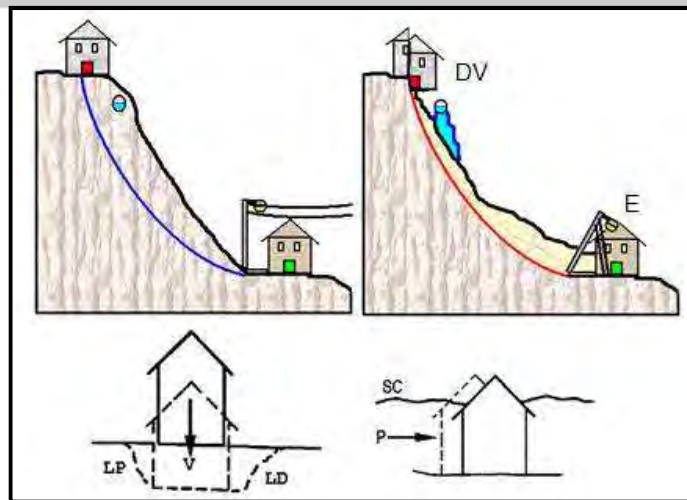


Figura 6- 1 Solicitaciones por deslizamientos.
Fuente: propia.

6.5.1.2.2 Tasa de daño

Tasa de daño estructural – Edificaciones.

Con el fin de caracterizar los daños físicos de los elementos expuestos en función de los FRM amenazantes y de establecer las tasas de daño ajustadas a su entorno, las tasas de daño estructural para las edificaciones que se toman como base son las propuestas la Tabla de Clasificación de daños MADVT 2005.

Tabla 6- 3 Intensidad de daño en edificaciones (Índice de Daño). Tomada de JAM, 2005

INTENSIDAD DE DAÑO	MODOS DE DAÑO	INDICE DE DAÑO (%)
I	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada	0,01 – 0,1
II	Fisuración de muros. Reparaciones no urgentes	0,2 – 0,3
III	Deformaciones importantes, fisuras en elementos estructurales	0,4 – 0,6
IV	Fracturación de la estructura, evacuación inmediata	0,7 – 0,8
V	Derrumbe parcial o total de la estructura	0,9 – 1,0

Nota. El porcentaje o índice de daño queda asociado a la tasa de daño.

6.5.1.2.3 Matrices de daño

Las matrices de daño se definen a los cuadros de correspondencia en términos de tasa de daño (índice de daño), entre los diferentes tipos de FRM representados por un tipo de sollicitación dado con su respectivo nivel de intensidad y las diferentes categorías de elementos expuestos.

Matriz de daño estructural

Esta matriz es representativa de la interacción física de los FRM y los bienes que están expuestos. Los FRM están representados por las sollicitaciones y los valores de los criterios de intensidad, y los elementos expuestos quedan definidos según el área de afectación del FRM.

En el caso de las edificaciones, la matriz de daño permite adelantar la asignación de los índices o intensidades de daño correspondientes en función de la tipología de las viviendas y el tipo de sollicitación. La tipología de las viviendas representa la capacidad de asimilación de la estructura a sollicitaciones impuestas por el fenómeno amenazante. La Tabla 6-4 presenta la matriz de daño según la sollicitación y Tipología de las viviendas. La no asignación de daños o no sollicitación, se le define a los predios o viviendas de la zona en estudio que no se encuentran expuestos a eventos generadores de daño.

Tabla 6- 4 Matriz de intensidades de daños para viviendas. Leone, 1996

SOLICITACIÓN	TIPOLOGÍA					
	A	B	C	D	E	F
Desplazamiento Vertical	V	V	V	V	V	V
Empujes	II	III	III	IV	V	I
Impactos	III	IV	V	V	V	I
Hundimiento – Desplazamiento vertical	V	V	V	V	V	V
No Sollicitación	0	0	0	0	0	0

Nota: Intensidad de daño asociado según la Tabla 1.

6.5.2 Valoración de la vulnerabilidad

6.5.2.1 Vulnerabilidad por Inundación

La valoración de la vulnerabilidad para las manzanas se adelanto en función de los niveles de daño en términos de afectación definidos en los numerales anteriores. Los intervalos de clasificación de la vulnerabilidad se establecen según la información contenida en la tabal 6-5.

Tabla 6- 5 Categorización niveles de vulnerabilidad.

Niveles	Vulnerabilidad
MB Muy Bajo	<0.1
B Bajo	$0.1 \leq B < 0.3$
M Medio	$0.3 \leq M < 0.6$
A Alto	$0.6 \leq A < 0.8$

Los resultados de la cualificación de la vulnerabilidad se presentan en el Anexo, discriminando la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social definida para cada manzana.

La representación de estos resultados sobre la base cartográfica se muestra en los planos vulnerabilidad por inundación y por fenómenos de remoción en masa, empleando el criterio semáforo, esto es:

Tono naranja	Niveles de vulnerabilidad alto
Tono amarillo	Niveles de vulnerabilidad medio
Tono verde	Niveles de vulnerabilidad bajo

6.5.2.2 Vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa

La valoración de la vulnerabilidad para las manzanas se adelantó en función de los niveles de daño en términos de afectación definidos en los numerales anteriores y los niveles de amenaza a que está expuesta la misma establecidos de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia del evento y de acuerdo a su localización en el área de afectación

Para las **edificaciones** la valoración de la vulnerabilidad se adelanta en función de la tasa de daño definida anteriormente, teniendo en cuenta que las solicitaciones pueden llegar a afectar parcialmente el predio, por tanto se involucra el concepto de área de afectación. En el anexo G – Vulnerabilidad, la tabla muestra la información tabulada para el cálculo de la vulnerabilidad, desde la condición estructural de la vivienda, la amenaza asociada y el tipo de solicitación al cual está sometido el elemento y la valoración de la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se expresa por lo menos de acuerdo con una escala cualitativa, así: vulnerabilidad alta, media y baja, de la cual se genera el mapa de zonificación por vulnerabilidad en la escala de trabajo adoptada. Como escala de valores de la vulnerabilidad se propone usar la siguiente, la cual permite una base de comparación entre una zona y otra del municipio:

Tabla 6- 6 Categorización niveles de vulnerabilidad.

NIVELES	VULNERABILIDAD
B Bajo	$0.0 \leq B < 0.3$
M Medio	$0.3 \leq M < 0.6$
A Alto	$0.6 \leq A < 1.0$

Los resultados de la cualificación de la vulnerabilidad se presentan en el Anexo G, relacionando la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social definida para cada manzana. La representación de estos resultados sobre la base cartográfica se muestra en el Plano Vulnerabilidad por FRM empleando el criterio semáforo, esto es:

Tono rojo	Nivel de vulnerabilidad alto
Tono amarillo	Nivel de vulnerabilidad medio
Tono verde	Nivel de vulnerabilidad bajo

6.5.3 Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos, la vulnerabilidad física y corporal es media y alta en todo el centro poblado. La implantación de las viviendas a nivel y con sistema estructural de recuperación hacen muy susceptible las viviendas a un evento de inundación, y la existencia de numerosa población infantil hace que la posibilidad de afectación a personas sea muy alta.


Estas condiciones hacen necesaria e importante la valoración de vulnerabilidad social, la cual indicará la resiliencia de la población a un evento de estas dimensiones.

6.6 PERCEPCIÓN DE LA COMUNIDAD Y DAÑOS ASOCIADOS A EVENTOS OCURRIDOS

La percepción de la comunidad frente a la amenaza es de gran importancia en el desarrollo del estudio, por lo tanto se realizaron un total de 41 encuestas en los barrios más afectados; escogiendo los lugares que se consideraron más críticos o vulnerables.

Estas encuestas se realizaron en los siguientes barrios: Belencito 2, Belencito 1, 4 de Agosto, el Progreso, Buenos Aires, el Centro, el Indio, la Colina, la Cueva, las Flores y la salida a Mutatá.

Con esta encuesta se identificó la percepción y los conocimientos del riesgo directamente de los afectados. El formato utilizado se muestra a continuación en la Figura 6- 2.



Zonificación de amenazas y riesgos de origen natural en las áreas urbanas de los municipios de Frontino, Giraldo, San Juan de Urabá y San Pedro de Urabá, y en los centros poblados de Pavamandicó y Belén de Bajirá del municipio de Mutatá, como herramienta fundamental en la planificación del territorio.

FORMULARIO PARA LA EVALUACION DE DAÑOS EN EDIFICACIONES EN CASO DE DESLIZAMIENTO E INUNDACION ID:

<p>DIRECCION:</p> <p>I. DATOS BASICOS</p> <p>1. Código: <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Identificación de la construcción: <input style="width: 100px;" type="text"/></p> <p>Nombre: <input style="width: 100px;" type="text"/> Estrato: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>2. 1. Propietario 2. Poseedor 3. Arrendatario</p> <p>3. Cuanto tiempo hace que vive en este barrio? (años) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>4. Cuanto tiempo hace que vive en esta casa? (años) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>5. Estado de la construcción: 1. Completa <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>2. Lote 3. Incompleta en que porcentaje % <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>6. Estado de ocupación: 1. Ocupada 0. No ocupada <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>7. Número de apartamentos en la edificación <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>8. Número de familias en la edificación <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>9. Número de residentes en la edificación <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>10. Edad de la construcción (años) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>11. Servicios Públicos 0.No 1.Si <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Acueducto <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Alcantarillado <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>II. DAÑOS</p> <p>12. Ha sufrido anteriormente daño por: 0.No 1.Si</p> <p>1. Deslizamiento de terreno por FRM <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>2. Tumbiores <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>3. Inundación <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>4. Otro (especificar) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>13. Cuando? <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>14. Nivel de daño en la estructura</p> <p>1.Ninguno 2.Ligero 3.Moderado 4.Fuerte 5.Severo <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>15. Estimativo de pérdidas económicas.</p> <p>Mas o menos, cuales fueron las pérdidas economicas? <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>(miles)</p> <p>16. Hubo pérdidas de vidas humanas? 0.No 1,Si <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Cantidad <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>17. Que hizo cuando se presento la emergencia?</p> <p>A que entidad solicito ayuda? Le ayudaron? <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>18. Actualmente el predio está expuesto a:</p> <p>1. Deslizamientos 2. Caída de rocas 3. Flujos 4. Inundación 5.Ninguno 6. Otro Cual? <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>19. Nivel de exposición (FRM)</p> <p>1.Bajo 2. Medio 3. Alto <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>20. Nivel de daño en la construcción si ocurre el evento</p> <p>1.Ninguno 2.Ligero 3.Moderado 4.Fuerte 5.Severo <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>III. Aspecto social</p> <p>21. Alguien de la vivienda pertenece a alguna organización?</p> <p>1. Si 2. No <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Cual? <input style="width: 50px;" type="text"/> Cargo? <input style="width: 50px;" type="text"/> Nombre <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>22. Conoce o ha sido participe de algun programa de la alcaldia u otra entidad sobre Atencion y Prevencion del Riesgo?</p> <p>1. Si 2. No <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Entidad <input style="width: 50px;" type="text"/> Cual? <input style="width: 50px;" type="text"/> Cuando? <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>23. Monto mensual de ingresos</p> <p>1. <1smmlv 2. 1-2smmlv 3. 2-4 smmlv 4.>4smmlv <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>24. Valor de bienes y enseres (miles de pesos) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>25. Valor estimado del inmueble (miles de pesos) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>26. Valor estimado pago servicios (miles) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>27. Considera que corre algún peligro? <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>28. Que es lo primero que hace si se presenta una emergencia? <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Observaciones: <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/></p>	<p>29. El municipio cuenta con un sistema de alarma en caso de emergencia? Quien esta a cargo?</p> <p>Si No Cual? <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>IV. DAÑOS POR INUNDACION</p> <p>30. Elevación del nivel del agua</p> <p>Mayor 1 metro <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>De 50 cm a 1 metro <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Menor de 50 cm <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>31. Socavación de la base de la vivienda</p> <p>1. Nula 2.Baja 3.Media 4. Alta <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>32. Arrastre estructuras de soporte de la vivienda</p> <p>1. Presente 2. Ausente <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>33. Arrastre de la vivienda</p> <p>1. Nula 2.Baja 3.Media 4. Alta <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>34. Cuanto tardó en lograr el nivel mas alto la inundación (hora) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>35. Cuanto tardó la inundación en desaparecer (hora) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>V. NIVEL DAÑOS POR INUNDACION Y/O FRM</p> <p>36. Daños en los elementos estructurales</p> <p>0.No aplica 1.Ninguno 2.Ligero 3.Moderado 4.Fuerte 5.Severo</p> <p>27.1 Muros portantes <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>27.2 Columnas <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>27.3 Vigas <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>27.4 Nudos de los pórticos <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>27.5 Muros de cortante <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>27.6 Escaleras <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>27.7 Pisos <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>27.8 Cubierta <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>37. Daño en elementos no estructurales e instalaciones</p> <p>0.No aplica 1.Ninguno 2.Ligero 3.Moderado 4.Fuerte 5.Severo</p> <p>30.1 Tabiques divisorios <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>30.2 Instalaciones eléctricas <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>30.3 Instalaciones sanitarias <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>30.4 Plomería canalización (gas) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>38. Recomendaciones para medidas urgentes</p> <p>1. Ninguna 2. Eliminación del peligro local <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>3. Protección de la edificación del colapso <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>4. Protección de las calles vecinas <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>5. Reubicación <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>39. Esquema (patios, bajos, límites, ladera)</p> <div style="border: 1px dashed black; width: 100%; height: 100px;"></div> <p>Fecha de inspección (mes, día, año) <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Registro No <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>Elaboró: <input style="width: 50px;" type="text"/></p>
--	---

Figura 6- 2 Formato de encuesta para conocer la percepción del riesgo directamente de los afectados.

Fuente: Propia.

En las encuestas realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

6.6.1 Condiciones de las personas

El 100% de los hogares encuestados pertenecen al estrato 1, de los cuales el 83% de estas familias tienen ingresos menores a un salario mínimo y el 17% tiene ingresos entre 1 y 2 salarios mínimos. Se puede resaltar que de este 83% mencionado, la gran mayoría no podían estimar una cuantía de ingresos en el mes, porque muchas veces todas las personas que componen el núcleo familiar carecen de empleo.

Esto nos muestra que la mayor parte de los damnificados viven en una condición avanzada de pobreza, lo que los obliga a emplazar sus viviendas en las márgenes del río o en las zonas de inundación. El 49% de las familias encuestadas son propietarias de sus viviendas, el 39% son poseedores y el 12% viven en arriendo.

Los predios encuestados tienen un promedio de 6 personas por vivienda pertenecientes a un mismo núcleo familiar y cerca de la mitad de la población encuestada no cuenta con el servicio de acueducto; pero en campo se pudo comprobar que muchas de las familias aunque tenían las instalaciones de red de acueducto, no hacían uso de este desde hace bastante tiempo; prefieren utilizar otras fuentes como el agua lluvia, agua del río Bajirá o el agua de pozos.

El 60% de los predios encuestados no cuentan con el servicio de alcantarillado, la mayoría descargan sus aguas servidas directamente al cuerpo de agua.

El 80% de los encuestados viven en Belén de Bajirá desde hace menos de 9 años, este gran crecimiento se debe principalmente a la formación de los barrios 4 de agosto y Belencito 2, solo el 10% viven allí entre 14 y 28 años. Figura 6- 3.

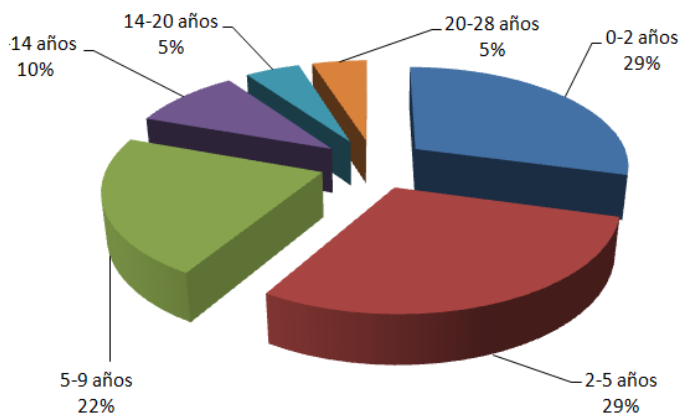
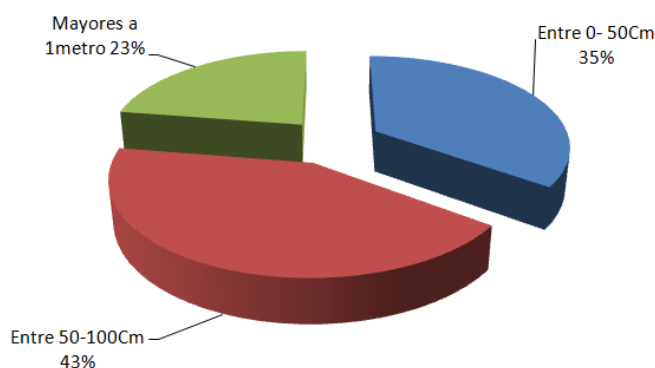


Figura 6- 3 Tiempo en años de permanencia de los encuestados en la cabecera municipal de Belén de Bajirá.
Fuente: Propia.

6.6.2 Eventos naturales y antrópicos - daños

Adicionalmente se pregunto sobre las emergencias naturales que más los han afectado y el 100% respondieron que han sido afectados por problemas de inundación o por problemas relacionados con ella. No consideraron que sean afectados por emergencias de otro tipo como pueden ser deslizamientos del terreno, temblores, vendavales, entre otros.

Con respecto a las inundaciones mencionaron las dos últimas inundaciones como las más fuertes que han tenido, lo que corresponde a la de septiembre de 2010 y la de diciembre de 2011. Estas inundaciones afectaron gran parte de Belén de Bajirá, dejando zonas incomunicadas como es el caso del barrio Belencito 2, donde fue tapada su única vía de acceso; en un 23% inundo las viviendas a mas de 1 metro de altura ocasionando el arrastre de viviendas, como es el caso de predios ubicados en la margen derecha del Rio Bajirá o predios construidos cerca de la quebrada el Pirú. Figura 6- 4.



**Figura 6- 4 Nivel de inundación dentro de las viviendas Belén de Bajirá.
Fuente: Propia.**

Teniendo en cuenta que los hogares encuestados no consideran daños por eventos diferentes a la inundación, al preguntarles el nivel de daño en sus viviendas por fenómenos naturales, este corresponderá solo a la inundación.

De esta pregunta según los hogares encuestados el 10% consideró no haber tenido daños por la inundación y en un 20% consideró haber tenido un daño fuerte. Figura 6- 5.

Las pérdidas económicas asociadas a este evento se encuentran principalmente entre 1 y 2 millones, para un 70% de las viviendas encuestadas, y de 2 a 3 millones para un 25% de las viviendas. Aunque se registraron viviendas con pérdidas de 4 -5 millones, estas se relacionan con la perdida de electrodomésticos según sus propietarios. Figura 6- 6.

Por lo general los predios están expuestos a la amenaza por inundación, sin embargo, hay algunos predios muy cercanos a las márgenes del rio Bajirá y cerca o sobre el caño el Indio que están expuestos a un deslizamiento producto de la inestabilidad de las márgenes al ser erosionadas por las corrientes de agua. La Figura 6- 7 muestra la percepción de la comunidad encuestada frente a la posibilidad de arrastre de su vivienda.

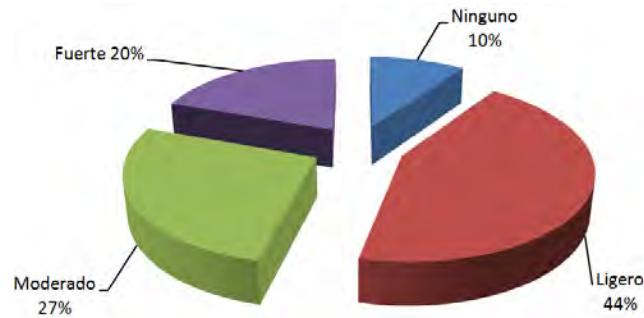


Figura 6- 5 Nivel de daño en la vivienda por amenazas naturales.
Fuente: Propia.

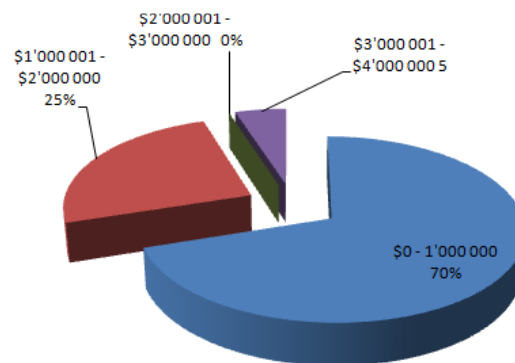


Figura 6- 6 Estimación de pérdidas económicas.
Fuente: Propia.

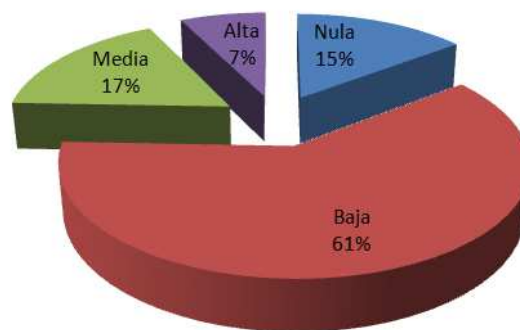


Figura 6- 7 Arrastre de la vivienda por inundación.
Fuente: Propia.

El 10% de la población encuestada ha sido participe de algún programa de la alcaldía u otra entidad sobre atención y prevención del riesgo, además solo la emisora y algunos vecinos avisan cuando se está aumentando el nivel del río o cuando se está desbordando Rio Sucio hacia este lugar, lo que convierte a la emisora y los vecinos como su sistema de alarma.

6.7 Vulnerabilidad de la sociedad

Adicional a la vulnerabilidad física de las viviendas ante una amenaza se introduce el concepto de vulnerabilidad social. Ésta permite establecer, sobre el contexto socio – económico de la población ubicada en el área de afectación, la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada¹. Ante la ocurrencia de un evento potencialmente dañino, aquellos hogares con menores recursos económicos presentan una mayor dificultad para su atención que los de altos ingresos, ya que suelen tener menor capacidad de recuperarse.

La vulnerabilidad de la población expuesta puede verse incrementada por la capacidad de respuesta de las instituciones y por tanto, estos dos elementos en conjunto, constituyen la **vulnerabilidad de la sociedad**, cuya evaluación resulta básica en la gestión del riesgo ya que permite la definición de medidas de mitigación tendientes a mejorar la capacidad de respuesta tanto de las familias como de las instituciones.

La **vulnerabilidad social**, se relaciona con la *fragilidad social* y la *falta de resiliencia*. Por un lado, la fragilidad social indica que la vulnerabilidad se explica por la misma pobreza en que viven las familias, relacionándose muy de cerca, en términos causales, con sus grados de exclusión social y el peso del riesgo cotidiano que deben vencer como parte de sus vidas diarias y por otro lado, a que precisamente ésta fragilidad se vuelve un factor que expresa las limitaciones de acceso y movilización de recursos para una adecuada ubicación del asentamiento humano², falta de preparativos para atender emergencias y en esa medida su incapacidad de respuesta y sus deficiencias para absorber el impacto que producen los desastres y su rehabilitación o recuperación post-desastres.

La **vulnerabilidad institucional**, se refiere a la capacidad de las instituciones para incorporar la gestión del riesgo en sus planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, de tal forma que se definan las políticas, estrategias, programas y proyectos orientados a la mitigación y prevención de riesgo en su nivel territorial, así como que contemplen la gestión de riesgo como un componente de los procesos de gestión del desarrollo sectorial y territorial, del ambiente y de la sostenibilidad, en general³.

Se refiere también a su capacidad de respuesta ante la ocurrencia de desastres así como la capacidad de recuperarse una vez sucedidos, que se relaciona con la vulnerabilidad fiscal de la entidad territorial afectada.

Además de lo anterior, es preciso tener en cuenta la capacidad de gestión del riesgo que poseen las instituciones de acuerdo a los roles, funciones y responsabilidades que deben cumplir según la normatividad vigente, que se refleja en el conocimiento de los riesgos presentes en el municipio, la incorporación de la prevención y reducción de riesgos en la planificación, el fortalecimiento del desarrollo institucional y la socialización de la prevención y la mitigación de desastres.

¹ La vulnerabilidad es compleja, multicausal y está compuesta por varias dimensiones analíticas, pues confluyen aspectos de los individuos u hogares y características económicas, políticas, culturales y ambientales de la sociedad. BUSSO G. 2002. La vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: Un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza. Naciones Unidas. CEPAL. CELADE.

² La localización de vivienda e infraestructura en terrenos frágiles o inestables, "está ligada por una serie de presiones dinámicas, que canalizan las causas de fondo hacia condiciones inseguras y hacia colisiones específicas en el tiempo y espacio con una amenaza natural". PIERS BLAIKIE, otros. 1996. Vulnerabilidad. La Red.

³ LAVELL, 2003

Por otro lado la capacidad de respuesta institucional, está dada tanto por la coordinación entre el ejecutivo y las instituciones operativas, como por la disponibilidad de personal y recursos físicos y financieros que permita una actuación eficaz y oportuna.

Todo acompañado por la generación de información confiable, clara, detallada, segura, específica, adaptada y apropiada por la sociedad vulnerable (población e instituciones).

Por ello, el conocimiento de la Vulnerabilidad de la Sociedad dentro de un estudio de riesgo ante cualquier amenaza constituye un insumo importante, toda vez que las acciones definidas como medidas de mitigación y reducción del riesgo requerirán, necesariamente, de instituciones que integren esfuerzos para su cabal desarrollo.

6.7.1 Valoración de la vulnerabilidad social.

La valoración de la vulnerabilidad social parte de la caracterización de la población y requiere de la definición de variables consideradas apropiadas en un área expuesta a un evento potencialmente dañino.

En este caso, teniendo en cuenta la homogeneidad de las condiciones sociales de la población asentada en el área de estudio, la estimación de la fragilidad social se elaboró a nivel de manzana evaluando aquellas variables que constituyen una discriminación positiva hacia aquellos hogares que se encuentran en condiciones de mayor fragilidad, utilizando para ello la información del Censo 2005, elaborado por el DANE.

Los factores que fueron tomados en cuenta para determinar la vulnerabilidad social de los hogares a nivel de manzana se presentan en la tabla 6- 7.

Tabla 6- 7 Factores de vulnerabilidad de la valoración de vulnerabilidad social.

Factor de vulnerabilidad	Criterio
El número de personas en la manzana.	A mayor número de personas, se aumenta en número de damnificados en caso de presentarse una inundación.
La proporción de niños menores 14 años y los adultos mayores con relación a la población adulta.	Indica la población que requiere de atención y sostenimiento por parte de los adultos.
La proporción de personas con alguna discapacidad en la manzana.	La presencia de un elevado número de personas con alguna discapacidad limita la capacidad de respuesta ante un evento de desastre.
El nivel de escolaridad de las personas que habitan en la manzana.	El nivel de escolaridad de las personas se relaciona con la capacidad de acceder a un trabajo. Se calificó como bajo si el 45% de los habitantes tenían una escolaridad hasta 4 primaria, medio si más del 30% de los habitantes de la manzana contaban con primaria completa hasta básica secundaria y alto si más del 20% de las personas de la manzana tenían una escolaridad mayor de básica secundaria.
La relación hombres/mujeres en edad adulta.	Considerando la influencia del conflicto armado en el municipio, una mayor presencia de mujeres en edad adulta indica la presencia de hogares con

	mujeres cabeza de hogar.
La proporción vivienda “tipo cuarto” y “apartamento” en la manzana.	Indica un mayor grado de hacinamiento de los habitantes de una manzana.
Porcentaje de viviendas sin acceso a servicios públicos de “acueducto” y “alcantarillado”	Una mayor proporción de viviendas sin estos servicios indica una clara fragilidad de la familia para el abastecimiento de agua de consumo, así como la disposición inadecuada y contaminación por las agua servidas, aumentando con ello su vulnerabilidad.

La valoración de la fragilidad social y del factor de resiliencia de los habitantes de una manzana se realizó aplicando la calificación que se presenta en la tabla 6-8 a los factores definidos.

Tabla 6- 8 Fragilidad social y factor de resiliencia por manzana.

Factor de vulnerabilidad	Rangos /Valoración para ponderación		
	≤ 15	16 -70	>70
Número de personas por manzana	0	1	2
Proporción de niños y adultos mayores	< 0.5 0	0.5 – 0.7 1	> 0.7 2
Proporción de personas con discapacidad	< 0.06 0	0.07 – 0.17 1	> 0.17 2
Nivel de escolaridad	Alto 0	Medio 1	Bajo 2
Relación hombres/mujeres	≥ 1 0	< 1 1	
Proporción de viviendas “tipo cuarto” y “apartamento”	≤ 2 0	3 – 4 1	> 4 2
Porcentaje de viviendas sin alcantarillado	< 26% 0	26 – 34% 1	> 34 2
Porcentaje de viviendas sin acueducto	< 7% 0	7 – 11% 1	> 11% 2

El peso de la valoración recaerá en las variables con puntaje máximo de 2, entre las cuales se encuentran: número de persona por manzana, proporción de niños y adultos mayores, nivel de escolaridad de las personas que habitan una manzana y proporción de viviendas “tipo cuarto” y “apartamento”, porcentaje de viviendas sin acceso a los servicios de acueducto y alcantarillado. Los extremos están dados por una fragilidad social muy alta con un puntaje máximo de 15 puntos (sumando) frente a una fragilidad social baja con un valor mínimo de 0. Se establecieron rangos de calificación intermedios, a partir del análisis de distribución de frecuencias de la información procesada por manzana estudiada, para definir vulnerabilidad social muy alta, alta, media y baja, según se presenta en la tabla 6-9.

Tabla 6- 9 . Clasificación de la fragilidad social por vivienda

FRAGILIDAD SOCIAL	CALIFICACIÓN
Baja	< 5
Media	5 – 8
Alta	8 – 10
Muy alta	> 10

Se elaboró por tanto una matriz de calificación que arrojó el valor de la vulnerabilidad para cada una de las manzanas estudiadas, según se presenta en la Tabla 6- 10 6-10 y que indica que en un 57% la vulnerabilidad se califica como Muy Alta, un 35% se califica como Alta y tan sólo un 7.5% como Media.

Tabla 6- 10 Calificación de la Vulnerabilidad Social a nivel de manzana a partir de la información del DANE.

DANE	Calificación de la Vulnerabilidad social a nivel de manzana
AREA # 270861990000000000010101	153030 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010102	153031 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010103	153032 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010104	153033 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010105	153034 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010106	153035 ALTA
AREA # 270861990000000000010107	153036 ALTA
AREA # 270861990000000000010108	153037 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010109	153038 ALTA
AREA # 270861990000000000010110	153039 ALTA
AREA # 270861990000000000010111	153040 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010112	153041 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010113	153042 ALTA
AREA # 270861990000000000010114	153043 MEDIA
AREA # 270861990000000000010115	153044 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010116	153045 ALTA
AREA # 270861990000000000010117	153046 MEDIA
AREA # 270861990000000000010118	153047 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010119	153048 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010120	153049 ALTA
AREA # 270861990000000000010121	153050 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010122	153051 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010201	153052 ALTA
AREA # 270861990000000000010202	153053 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010203	153054 ALTA
AREA # 270861990000000000010204	153055 ALTA
AREA # 270861990000000000010205	153056 ALTA
AREA # 270861990000000000010208	153057 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010209	153058 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010210	153059 ALTA
AREA # 270861990000000000010211	153060 MEDIA
AREA # 270861990000000000010212	153061 ALTA
AREA # 270861990000000000010213	153062 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010214	153063 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010215	153064 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010216	153065 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010217	153066 ALTA
AREA # 270861990000000000010218	153067 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010219	153068 MUY ALTA
AREA # 270861990000000000010220	153069 MUY ALTA

Fuente: Censo DANE 2005. Elaboración Propia

Debido a la carencia de un plano o esquema de la distribución de las manzanas del centro poblado de Belén de Bajirá en la base de datos y registros del DANE, la información relacionada anteriormente no se puede relacionar a una manzana puntualmente, sin embargo nos ayuda a tener una visión amplia de la condición social general de esta zona de estudio, de lo cual se puede concluir que su vulnerabilidad social es muy alta, aumentado el nivel de exposición de quienes residen allí ante un evento amenazante.

Adicionalmente, con el fin de complementar y actualizar la información obtenida de la base de datos del DANE se estudiaron 11.160 registros de la base de datos del SISBEN, que permitieron analizar la información de 1.164 familias ubicadas en el área urbana. La agrupación de los resultados se realizó a nivel de barrio, ya que resultó imposible crear un vínculo entre el número de las encuestas, las direcciones y la ubicación de las familias.

En este caso las variables estudiadas se muestran en la tala 6-11 fueron:

Tabla 6- 11 Fragilidad social y factor de resiliencia por familia.

Variables	Rangos /Valoración para ponderación			
Tipo de unidad de vivienda	Cuarto	Casa		
	1	0		
Tipo de propiedad	Otra condición	Arriendo	Propia	
	2	1	0	
Estrato	"0"	"1"	"2"	
	2	1	0	
No. Personas/ vivienda	Más de 8	7 a 8	4 a 6	De 1 a 3
	3	2	1	0
Ingresos (en SMMLV)	Menor a 1	Entre 1 y 2	Entre 2 y 4	Más de 4
	3	2	1	0
Escolaridad Jefe de Familia	Ninguna	Primaria	Secundaria	Técnica o Universitaria
	3	2	1	0
Número de núcleos familiares en la vivienda	Más de dos	Dos	Uno	
	2	1	0	
Género Jefe de Familia	Mujer	Hombre		
	1	0		
Ocupación Jefe de Familia	Sin actividad Buscando trabajo	E. Domésticas	Empleado Pensionados; Rentistas	
	2	1	0	
Edad Jefe de Familia (años)	Mayor de 59	Menor de 25	Mayor de 25	
	2	1	0	

Proporción niños por adulto en la familia	≥ ½	Menor a ½
	1	0

Discapacitados en la vivienda	Si	No
	1	0

Los rangos de calificación que se establecieron de la información procesada por cada una de las familias encuestadas en la muestra se presentan en la tabla 6-12

Tabla 6- 12 Clasificación de la fragilidad social según la información del SISBEN

FRAGILIDAD SOCIAL	CALIFICACIÓN
Baja	< 5
Media	5 – 7
Alta	7 – 10
Muy alta	> 10

El resultado final de la calificación de la fragilidad social a nivel de barrio obtenido de este estudio del Centro Poblado de Belén de Bajirá se aprecia en la tabla 6-13. La tabla completa de calificación se presenta anexo D.

Tabla 6- 13 Vulnerabilidad social a nivel de barrios en Belén de Bajirá

Barrio	Número de familias por nivel de vulnerabilidad				Total de registros	Porcentaje (%)
	Bajo	Medio	Alta	Muy Alta		
4 De Agosto	1	22	98	38	159	13,7
Belencito 1	4	7	41	19	71	6,1
Belencito 2	-	15	67	19	101	8,7
Buenos Aires	2	18	40	11	71	6,1
El Centro	9	18	46	6	79	6,8
El Indio	8	23	97	29	157	13,5
El Progreso	4	38	118	42	202	17,4
La Colina	3	20	85	28	136	11,7
Las Flores	5	34	96	36	171	14,7
Salida a Mutatá	1	2	12	2	17	1,5
Total por grado de vulnerabilidad	37	197	700	230	1.164	100,0
Porcentaje (%)	3,2	16,9	60,1	19,8	100,0	

En general, la población de Belén de Bajirá presenta una vulnerabilidad social predominantemente “Alta” y “Muy Alta” como puede apreciarse en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Indicando que las medidas de mitigación deben contemplar acciones que minimicen esta vulnerabilidad, de tal forma que repercutan en una mejor calidad de vida de los habitantes de este sector.

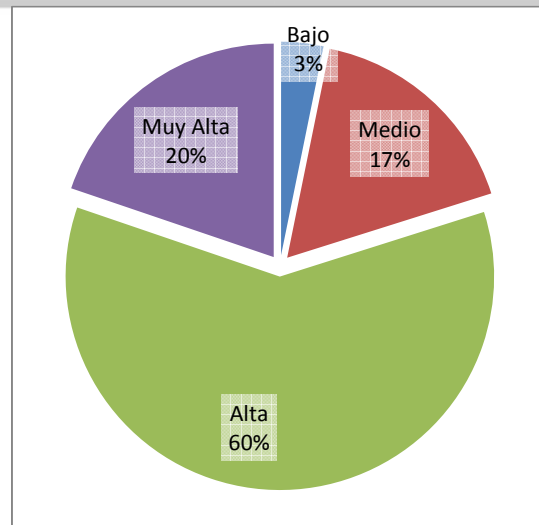


Figura 6- 8 Distribución porcentual de las categorías de vulnerabilidad
Elaboración propia

6.7.2 Vulnerabilidad institucional.

La vulnerabilidad institucional es un factor que afecta a una escala diferente ya que generalmente compromete la totalidad de la entidad territorial sobre la cual ésta ejerce su nivel jurisdiccional. Se constituye en una variable que influye sobre la vulnerabilidad global, pero que resulta difícil medirla en el nivel de áreas más detalladas. Sin embargo, es importante evaluar su impacto en los procesos de gestión del riesgo tanto en la prevención y mitigación como en la atención de emergencias, como se mencionó anteriormente.

Como se mencionó en el Capítulo 4, la ausencia de una definición clara del departamento al cual pertenece este municipio genera una elevada inestabilidad y vulnerabilidad institucional, al punto que no se cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial que permita conocer la reglamentación del uso del suelo según sus aptitudes.

De igual forma tampoco es posible conformar los comités para la gestión del riesgo de desastres requeridos.

TABLA DE CONTENIDO

7	VALORACIÓN DEL RIESGO	7-1
7.1	DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO	7-1
7.1.1	<i>Riesgo por inundación</i>	7-1
7.1.1.1	Riesgo físico por Inundación	7-1
7.1.1.2	Riesgo corporal por Inundación.....	7-2
7.1.2	<i>Riesgo por fenómenos de remoción en masa</i>	7-2
7.1.3	<i>Riesgo por inestabilidad de márgenes</i>	7-3
7.2	MITIGABILIDAD DE RIESGO	7-4

LISTA DE TABLAS

Tabla 7- 1	Matriz de Riesgo físico por Inundación.....	7-1
Tabla 7- 2	Matriz de Riesgo corporal por Inundación.....	7-2
Tabla 7- 3.	Categorización niveles de riesgo	7-3

7 VALORACIÓN DEL RIESGO

Una vez definida la amenaza por inundación y por fenómenos de remoción en masa y haber establecido los índices de vulnerabilidad (física y corporal) en términos de nivel de daño, el riesgo por se define cualitativamente como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad. Se establecen los mapas de riesgo de manera separada tanto para los aspectos físicos como de afectación a la población – aspectos corporales.

7.1 DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

7.1.1 Riesgo por inundación

La categorización de los niveles de riesgo por inundación se presenta en el plano de riesgo por inundación y se definieron con la aplicación de las siguientes matrices:

7.1.1.1 Riesgo físico por Inundación

Tabla 7- 1 Matriz de Riesgo físico por Inundación.

Amenaza	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

El plano se elaboró empleando el criterio semáforo, esto es:

Tono Rojo - Niveles de riesgo alto (A): El nivel de afectación de la construcción es alto, especialmente debido a que la localización de la misma, que implica esté sometida a flujos de agua con alturas y/o velocidades de agua mayores a 1 m y/o 1 m/s. Está asociada principalmente a vivienda de recuperación (madera). Se encuentran en zona de riesgo físico alto la mayoría de las manzanas de los barrios Centro, El Progreso, 4 de agosto, Belencito 1 y Belencito 2; también algunas manzanas del sector Las Flores y de la salida a Mutatá..

Tono amarillo - Niveles de riesgo medio (M): Nivel de afectación de la construcción es medio, y está asociado a sectores donde las construcciones son en ladrillos o las intensidades de flujos en términos de velocidad son menores a 1 m/s. Se encuentran en zona de riesgo físico medio por inundación la mayoría de las manzanas de los barrios, el Indio, el progreso y las Flores.

Tono verde - Niveles de riesgo bajo (B): Nivel de afectación de la construcción es bajo. Corresponde a zonas que solo se inundan para eventos con Tr del orden de los 25 años o más, las velocidades de flujo son bajas, menores a 0.5 m/s y alturas de agua menores a

0.5 m y las construcciones son por lo general en mampostería. Se encuentran en esta zona las viviendas del sector La Colina, algunas manzanas del Centro y el Indio.

7.1.1.2 Riesgo corporal por Inundación

Tabla 7- 2 Matriz de Riesgo corporal por Inundación.

Amenaza	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Alta	Media
Baja	Media	Media	Baja

Para la estimación del riesgo corporal por las inundaciones, afectación a personas, la matriz se estimó asignando un mayor nivel de riesgo dada la presencia de una población infantil numerosa. El criterio utilizado es la altura de agua de inundación, que a partir de los 0.5 m ya representa peligro para los niños, independientemente del tipo de construcción.

El plano se elaboró empleando el criterio semáforo, esto es:

Tono Rojo - Niveles de riesgo alto (A): El nivel de afectación de la persona es alto, las personas en estas zonas estarán sometidas a flujos de agua con alturas iguales o mayores a 1 m. Se encuentran en zona de riesgo físico alto la mayoría de las manzanas de los barrios Centro, El Progreso, 4 de agosto, Belencito 1 y Belencito 2; también algunas manzanas del sector Las Flores y de la salida a Mutatá.

Tono amarillo - Niveles de riesgo medio (M): Nivel de afectación de las personas es medio, y está asociado a sectores donde el nivel de agua está por debajo de 1 m y cercano a los 0,5 m. Se encuentran en zona de riesgo físico medio por inundación la mayoría de las manzanas de los barrios centro, el Indio, La Colina y las Flores.

Tono verde - Niveles de riesgo bajo (B): Nivel de afectación de las personas es bajo. Corresponde a zonas que solo se inundan para eventos con tr del orden de los 25 años, y alturas de agua menores a 0.5 m. Se encuentran en esta zona las viviendas del sector La Colina.

Como se puede observar en los planos de riesgo por inundación presentados las manzanas con altos niveles de riesgo, corporal o físico, son prácticamente el 80% del centro poblado.

7.1.2 Riesgo por fenómenos de remoción en masa

Con el fin de determinar los niveles de riesgo a las cuales se ven expuestas las manzanas del centro poblado en la ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa, se usó el cálculo y calificación del riesgo usando la metodología para FRM a nivel de detalle.

El riesgo corresponde a la estimación cualitativa o cuantitativa de las consecuencias físicas, sociales o económicas, representadas por las posibles pérdidas de vidas

humanas, daño en personas, en propiedades o interrupción de actividades económicas, debido a los procesos de remoción en masa que se presenten en el sitio estudiado, en su forma más precisa y cuantificada. Su objetivo es optimizar económicamente el plan de medidas de mitigación al permitir enmarcar la decisión sobre éstas en un análisis beneficio/costo.

La evaluación de riesgo será presentada como una zonificación sobre una base cartografía escala en la misma escala que la utilizada para los mapas de amenaza y vulnerabilidad.

Para la estimación cuantitativa del riesgo de los elementos físicos, partiendo de la definición de riesgo como la magnitud probable esperada de un cierto nivel de daño, puede evaluarse para cada elemento expuesto como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad:

$$R = F(A \times V)$$

Donde:

A: Amenaza en términos de probabilidad de falla (Pf) y

V: Vulnerabilidad como la pérdida potencial (Tasa de daño x Costo de daño).

Para la representación cartográfica del riesgo y caracterizar los elementos o áreas con niveles de riesgo alto, medio o bajo, se introduce el concepto de índice de riesgo, definido como el porcentaje de daño esperado,

$$IR = \text{Costo probable de daño} / \text{Costo del elemento}$$

El costo del elemento fue determinado por las características físicas de las viviendas.

Así la categorización de los niveles de riesgo se puede adelantar según la Tabla 7-3, la cual se estableció en otros estudios de riesgo por fenómenos de remoción en masa de características similares a escala 1:2.000, y que sirve como línea de referencia para la gestión de riesgos de los municipios del país.

Tabla 7- 3. Categorización niveles de riesgo

NIVELES	ÍNDICE DE RIESGO
B Bajo	$B < 0.10$
M Medio	$0.10 \leq M < 0.30$
A Alto	$A \geq 0,30$

Adaptada de UPES / INGEOCIM, 1998

La tabulación del grado de riesgo para cada manzana se presenta en el **anexo G**.

7.1.3 Riesgo por inestabilidad de márgenes.

La delimitación de las áreas de riesgo por inestabilidad de las márgenes se realiza en función del mapa de amenaza y con la identificación de las edificaciones e infraestructura que estaría expuesta a este tipo de procesos.

Según las observaciones de campo, no se consideran elementos expuestos directamente a los procesos actuales y por ende el riesgo por inestabilidad de márgenes es bajo. Así, teniendo en cuenta el grado de exposición ante el evento los niveles de riesgo se definen como:

Riesgo alto: No se considera ninguna manzana en Riesgo Alto.

Riesgo Medio: Están en esta categoría las manzanas que en la actualidad se encuentran en cercanía los meandros de los ríos y son las zonas más susceptibles a un evento inestabilidad. Para estos elementos se recomienda la reubicación.

Riesgo Bajo: Están en esta categoría las manzanas que en la actualidad no están directamente expuestas pero que en el futuro podrían estarlo, especialmente por su cercanía al cauce.

En general se recomienda proteger y mejorar la cobertura de ribera del cauce a todo lo largo del mismo. Además, se recalca que las actuales condiciones de intervención antrópica en las márgenes hacen aún más susceptible la ladera y que por ende el riesgo puede cambiar de bajo a medio, o de medio a alto.

7.2 MITIGABILIDAD DE RIESGO

Dadas las características de las inundaciones que afectan al casco urbano del Municipio de Belén de Bajirá:

- La alta probabilidad de de ocurrencia de inundaciones
- Alturas de lámina de agua variables e incluso mayores a los 2 m,
- Tiempo de la inundación variable, la creciente dura del orden de 1 a tres días pero localmente los empozamientos duran hasta tres meses.
- Las velocidades de flujo en la zona urbana son menores a 1 m/s

Se puede afirmar que el nivel de riesgo actual que afecta a la comunidad es no mitigable. Por tanto, las acciones de gestión del riesgo están enfocadas a determinar las zonas de reubicación prioritaria y no prioritaria.

No se prevee la construcción de obras de protección ya que estas no garantizan la disminución de los niveles de riesgo. La actuación sobre únicamente la amenaza no mejorará la situación actual donde se requiere un tratamiento integral que involucre aspectos sociales, institucionales, culturales y físicos. La actuación sobre la vulnerabilidad y esto es la reubicación del centro poblado, es la única media que mitiga el riesgo por inundación.

TABLA DE CONTENIDO

8	PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO.....	8-1
8.1	INTRODUCCIÓN.....	8-1
8.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES	8-1
8.3	PLAN GENERAL DE ACCIÓN	8-2
8.3.1	<i>Plan de mejoramiento integral.....</i>	<i>8-3</i>
8.3.2	<i>Medidas de Mitigación - No Estructurales.....</i>	<i>8-4</i>
8.3.3	<i>Medidas de Mitigación – Recomendaciones estructurales de unidades residenciales 8-7</i>	
8.4	NIVEL DE RESPONSABILIDAD	8-9

LISTA DE TABLAS

Tabla 8-1. Matriz de responsabilidades	8-10
--	------

8 PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO

8.1 INTRODUCCIÓN

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por eventos de inundación e inestabilidad de las márgenes en el centro poblado de Belén de Bajirá del municipio de Mutatá, se plantea a continuación una serie de actividades enfocadas hacia la prevención, mitigación y control de estos procesos.

Entre los parámetros más importantes que se tienen presentes en el planteamiento de las acciones y de las obras de mitigación, estuvo la funcionalidad de las mismas frente al desarrollo social sostenible y la factibilidad de la medida mitigante.

Otros aspectos importantes a considerar desde el punto de vista ambiental y social, lo constituyen el planteamiento del mejoramiento de las condiciones del hábitat a partir de la reorganización del uso de la tierra y la restricción de uso por inundación y fenómenos de inestabilidad de márgenes. Este cambio de uso busca mitigar los efectos negativos de la actividad antrópica y el inadecuado planeamiento y desarrollo con el que se ha venido consolidando la parte urbana del municipio y que han sido claramente identificados con los resultados obtenidos en el presente estudio de vulnerabilidad y riesgo.

8.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES

La evaluación de la Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo actual en el área estudiada permite concluir que la problemática de riesgo se da en la medida que se ocuparon áreas propensas a la amenaza por la inundación, toda vez que en un periodo de retorno mayor a los 25 años se considera que se inunda todo el centro poblado, además las condiciones sociales precarias y la intervención antrópica sin ningún tipo de control ha generado daños irreversibles sobre los cauces menores que atravesaban la zona urbana, los cuales a su vez son focos de insalubridad debido a la falta de redes de alcantarillado y de una inadecuada recolección y disposición de residuos sólidos. También la ladera oriental por las intervenciones antrópicas, como cortes para el emplazamiento de viviendas o canteras, ha generado deterioro avanzado sobre la misma perdiendo de manera progresiva su cobertura vegetal. Además el recorrido meádrico del río Bajirá y Caño El Indio detonan procesos de inestabilidad de márgenes amplificadas por la pérdida vegetal sobre algunas márgenes en las que se emplazan algunos predios.

Geológicamente el desarrollo urbano se ha consolidado sobre la margen del río o caño, sobre una terraza baja que se inunda anualmente y sobre una terraza que se inunda quinquenalmente. Sin embargo el nivel de amenaza se da en términos del retiro hidráulico que define tres zonas, la primera que es la que se ubica entre las cotas 23,5 o menor que se consideran en riesgo alto por inundación, la segunda que se ubica de la cota 23,5 a la 24,5 que se inunda cada 10 años y se considera en amenaza media y la tercera que es la zona mas favorecida al estar sobre la cota 24,5 sin sobrepasar la cota 25,5 el cual se inunda cada 25 años.

Los fenómenos de remoción en masa asociados a la inestabilidad de las márgenes se encuentran ubicados de forma aferente a las corrientes que bañan el casco urbano del centro poblado. También hay otros procesos de remoción en masa en la ladera oriental detonados por la intervención antrópica lo que fomenta la inestabilidad de esta, por lo que se recomienda su protección congelando el desarrollo urbano y evitando su explotación como fuente de materiales.

8.3 PLAN GENERAL DE ACCIÓN

El plan de acciones establece las medidas preventivas, correctivas y de mitigación que buscan en primera instancia, reducir al mínimo los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a que está expuesta la comunidad, bien sea controlando los procesos o anulando los niveles de exposición de las viviendas y, en segunda instancia, corrigiendo las condiciones del entorno físico y ambiental que favorecen la ocurrencia de los procesos de inundación e inestabilidad de márgenes.

Cada una de las medidas se debe convertir en planes y proyectos detallados, los cuales en su conjunto se consideran esenciales para un manejo integral y sistemático de la problemática de riesgo actual del sector estudiado.

En el plan general de acciones se establece como escenario básico la restricción de uso por inundación de las zonas situadas en los sectores afectados en un evento con un periodo de retorno de 25 años y en zonas de manejo y protección ambiental, como lo son las rondas hidráulicas y las zonas de reserva natural (ladera oriental), por lo cual al hacer esta consideración todo el centro poblado de Belén de Bajirá debe ser reubicado por lo menos a largo plazo; A corto y mediano plazo se debe hacer restricción de uso en las márgenes para recuperar la cobertura vegetal y evitar la afectación anual por inundación, además se congelarán ciertos sectores mientras se define su reubicación, al igual que los sectores afectados por procesos de remoción en masa, contribuyendo al mejoramiento del entorno urbano y ambiental del área en estudio. Lo anterior aplica para las zonas no urbanizadas, los establos y demás elementos que se encuentren dentro de las zonas delimitadas.

El escenario básico frente a fenómenos de remoción en masa considera la necesidad de eliminar la exposición de algunos predios que se encuentran en la línea de avance de una posible masa desplazada y evitar el deterioro de la ladera y por el contrario recuperar su cobertura vegetal y preservarla. Para los predios emplazados entre el cuerpo y la corona de la ladera se considera reubicarlos a corto plazo mientras que para los ubicados cerca al pie de la ladera en una zona de pendiente moderada se considera congelar sus ampliaciones y/o adecuaciones mientras se reubican a mediano o largo plazo, por lo cual se congela el desarrollo urbanístico de esta reserva natural y se restringe su explotación. En las zonas desprotegidas se debe arborizar para disminuir la exposición del suelo a los agentes ambientales.

En el caso de la amenaza por inundación se propone la reubicación a corto plazo de algunas viviendas que se encuentran localizadas en la zona de ronda hidráulica del río Bajirá, Caño el Indio y Caños que atraviesan la zona urbana, esto con el fin de recuperar las zonas verdes de los cauces y evitar las emergencias por inundación anualmente; Por otro lado se propone congelar el desarrollo urbanístico a corto plazo de las viviendas

ubicadas bajo la línea de la inundación de los 10 años, pero que deben ser reubicadas a mediano plazo; y por último se plantea la idea de congelar el desarrollo urbanístico de la zona comprendida entre la inundación de los 25 años a los 10 años, donde se permite su emplazamiento siempre y cuando se consideren rellenos o estructuras palafíticas superiores a 1,00 metro para alcanzar una cota superior a los 26 metros, sin embargo, una inundación con periodo de retorno mayor al considerado como máximo hasta el momento puede superar estos niveles, por lo cual se recomienda reubicar estos predios a largo plazo.

La llanura ubicada al norte del centro poblado atravesando el caño el Indio se halla en una cota superior a la cota media (24,5 m) donde se emplaza actualmente Belén de Bajirá, y también se puede observar una ladera que tiene una pendiente más suave que la ladera oriental, por lo cual se propone la reubicación de la población en esta llanura, sin embargo se debe tener presente que este emplazamiento está sujeto a algunos lineamientos, como son el respeto de los cauces, 30 metros de separación de la margen del caño el Indio y 15 metros de los cauces menores; un estudio de estabilidad de la ladera norte; emplazamiento de las viviendas sobre palafitos o rellenos superiores a 1,00 metro, entre otras que deben ser objeto de un estudio detallado de urbanización nueva.



Figura 8- 1 Llanura al norte del caño el Indio.

Se plantean actividades de carácter no estructural y algunas recomendaciones de carácter estructural para el emplazamiento de las viviendas y no de infraestructura de protección, toda vez que la única forma de proteger el centro poblado de la inundación es rodearlo con un jarillón, dique o muro de protección, pero esta obra aumentaría las condiciones de insalubridad ambiental de la zona por la falta de prestación de servicios públicos, aumentado la vulnerabilidad social, además urbanísticamente la obra no genera ningún valor agregado, por lo contrario deslustra la población. Por lo anteriormente descrito no hay una obra económica y funcional que mitigue la amenaza por inundación, por lo cual la opción para mejorar las condiciones de la población y anular el riesgo es la reubicación de todo el centro poblado.

8.3.1 Plan de mejoramiento integral

Esta actividad está enfocada a dar un tratamiento urbanístico global a la zona, en aras de generar un cambio en la forma de vida de la comunidad, ya que su objetivo es mejorar la

calidad de vida de la población y cuyo desarrollo ha generado procesos de degradación de las condiciones físicas y ambientales de la zona.

Este plan contempla la planificación y ejecución integral de todas las actividades de mitigación y prevención no estructurales que a continuación se plantean, como alternativas de mitigación independientes y que a través de su formulación en conjunto, permitirá la integración de los esfuerzos y recursos de todas las entidades Municipales y Corpourabá, ya que implica atacar de lleno las deficiencias generadas en la infraestructura física y social por el desarrollo urbanístico, por medio de acciones masivas, integrales y plenamente coordinadas.

El plan de mejoramiento integral comprende realizar la conformación de zonas de aislamiento y protección a las que puede darse un uso de tipo recreativo o de destino económico agropecuario compartido con zonas arborizadas de manejo y protección ambiental.

Este programa puede ser incorporado en los planes establecidos en la actualización del POT del municipio de Mutatá para el centro poblado de Belén de Bajirá

8.3.2 Medidas de Mitigación - No Estructurales

Dentro de este grupo se proponen las siguientes acciones:

Restricción de uso del suelo y recuperación de cobertura: Se refiere a la restricción normativa de uso del suelo que se debe aplicar en las terrazas bajas inundables, en los sectores afectados por fenómenos de remoción en masa activos y potenciales y en aquellos sectores donde se debe adelantar programas de reubicación de familias debido a que se localizan en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción geomorfológica o ambiental. La restricción de uso del suelo aplica para la terraza baja del Río Bajirá, Caño el Indio y cauces menores que atraviesan la zona urbana.

Las medidas no estructurales planteadas buscan que el uso del suelo para vivienda en las manzanas referidas sea limitado en beneficio de la estabilidad física y ambiental de las laderas, márgenes y cauces; y en general, respetando las zonas de protección ambiental definidas dentro de las acciones de gestión del riesgo. El uso recomendado para estas áreas de protección ambiental está orientado a recuperación de cobertura y recreación, y han sido restringidas no sólo por el grado de amenaza y riesgo establecido, sino por su importancia ambiental dentro del entorno urbano del asentamiento.

Congelamiento Desarrollo Urbanístico (Restricción de construcción de vivienda nueva o ampliación de la existente): Esta restricción hace referencia a la prohibición de la construcción de vivienda nueva y ampliación de las existentes en zonas de Ronda Hidráulica y zonas identificadas de Vulnerabilidad media expuestas a una inundación cada 10 años, sin impedir los usos presentes en las edificaciones actuales, lo que permite el emplazamiento de estas viviendas y así evitar la reubicación de algunos predios a corto plazo.

A estas zonas se le debe realizar un seguimiento periódico, especialmente cuando ocurran eventos que por su magnitud puedan causar daño. En dicha situación se establecerá por la oficina de planeación, una vez evaluadas las condiciones después del evento, la necesidad de proteger o reubicar las viviendas en estos sectores.

Reubicación de Predios: Las viviendas que se deben reubicar corresponden a los predios ubicados en las terrazas con alta susceptibilidad a la inundación. La reubicación de familias se hace para evitar afectaciones debidas a fenómenos de remoción en masa por inestabilidad de márgenes y para consolidar la zona de protección del río (ronda hidráulica) y el manejo urbano de la zona. Las manzanas se han identificado con base en la codificación e información básica del levantamiento topográfico.

Adecuación Paisajística del Área: Esta actividad debe involucrar las zonas de restricción de riesgo por inundación e inestabilidad de márgenes, y las áreas de protección del sistema ecológico del centro poblado, contemplando tanto el adecuado manejo de las aguas de escorrentía como la recuperación de la cobertura vegetal.

Restricción de uso en zonas de expansión: Entendiendo que el área urbana del municipio tenderá a crecer a futuro, es importante mencionar que dentro de las acciones de gestión del riesgo establecidas se enmarcan algunas zonas potenciales de expansión, las cuales podrán urbanizarse con una restricción en su ocupación. Como requisito primordial para habilitar estas áreas para la construcción de vivienda se encuentran la realización de rellenos de una altura mínima a los 1,00 m, debidamente protegidos para evitar fenómenos de erosión a posteriori, ó en su defecto, la implantación de edificaciones sobre palafitos a alturas superiores a 1.00 m igualmente.

Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental del Río Bajirá, el Caño el Indio y otros cauces: Es indispensable que conjuntamente con la conformación de la zona de manejo y protección ambiental, se delimite geográficamente la ronda del Río Bajirá y otros cauces menores a lo largo sus márgenes, en cumplimiento de las normas de protección y preservación de cauces establecidas en la normatividad, de tal manera que se proteja y blinde su cauce, reactivando y protegiendo además la vegetación de la ribera (**Recuperación Bosque de Galería**).

La protección de las zonas de ronda se encuentra contenida dentro de la reglamentación colombiana, tal como se presenta en los siguientes decretos y/o leyes:

Decreto Ley 2811 de 1974: Se definen las zonas de retiro como una franja de 30 m a lado y lado de los cauces; pero el retiro no contempla las formas del terreno ni el orden (tamaño) de los cauces, ni presenta criterios para definir zonas de inundación, lo que genera vacíos jurídicos.

Ley 99 de 1993. Expresa que “Corresponde a las CAR determinar los retiros mediante estudios técnicos”

Decreto 1729 de 2002. Los POMCAS (Planes de Ordenación y Manejo de Microcuencas), definen los retiros y ellos prevalecen sobre el Plan de Ordenamiento territorial.

Dentro de este marco legal, se han realizado esfuerzos metodológicos para definir los retiros tal como el realizado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá - Cornare - Corantioquia - Universidad Nacional (2007), donde se establecen para las áreas urbanas los siguientes criterios de retiros a partir del cauce mayor, en los cuales no se permiten construcciones:

Retiro hidrológico R1: Corresponde a la mancha de inundación de 100 años ó la que se considere pertinente según las características del municipio de estudio.

Retiro geológico R2: Corresponde a la línea de alto riesgo geológico más un retiro por colapso de la vertiente.

Retiro ecológico R3: Pretende recuperar corredores biológicos y alcanza un ancho igual a la altura del árbol mayor en la zona.

Retiro de Servicios públicos R4: Lo determina la empresa de servicios y pretende dejar espacio para colectores de aguas servidas.

Retiro de vías R5: Del orden de 5 m o más, dependiendo del plan de desarrollo, y pretende que no se construya dando espalda a los cauces para evitar su deterioro ambiental.

Cabe anotar que para las áreas rurales, el retiro vigente de los 30 m a partir del borde del cauce se puede aplicar fácilmente, teniendo en cuenta que el cauce mayor de un río meándrico se define como el resultado de unir mediante líneas las aristas externas de los meandros.

Para el caso particular y mientras no exista un POMCA del río Bajirá, los retiros del borde convexo del río serían:

R1: Como mínimo se define como el borde de la terraza definida como inundable anualmente.

R2: Debe ser igual a la altura de la planicie sobre el río, en este caso, 5 metros

R3: Posiblemente los árboles mayores de la zona tenían del orden de 15 m de altura, esto es, 15 m.

R4: Para poder hacer futuros colectores de aguas servidas y otras redes se requieren al menos 3 m.

R5. Si se piensa en una vía normal, debe ser 6 m, pero si se piensa en una avenida de doble calzada, su ancho podría ser del orden de 15 a 20 m o más si se contemplan aceras y antejardines.

El ancho total que se debería guardar como distancia del río al área urbana es de 30 m.

Para la condición actual, la zona de ronda hidráulica incluiría todo el perímetro inundable del río Bajirá y el caño El Indio bajo un análisis con Periodo de retorno (Tr) 1 año, más una franja de quince (30) metros. En los demás cauces se respetará una franja de 15 metros.

Anexo al informe se presenta un plano con las acciones de gestión del riesgo propuestas dentro de las que se incluye la zona de recuperación de bosque de galería. El sector delimitado por la ronda corresponde a una zona de aislamiento y protección que debe restringirse para la construcción de viviendas.

Considerando que los predios que actualmente se localizan en estas zonas de ronda están ocupados y que se requiere de su cambio de uso, teniendo en cuenta que esto puede generar amplias repercusiones sociales, se debe definir por parte de Corpourabá y las autoridades locales, las acciones pertinentes asociadas al nivel de riesgo existente con el fin de generar los procesos de reubicación a que haya lugar.

Información pública: Esta actividad busca suministrar mediante campañas educativas la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de la comunidad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental.

Para esto, el municipio debe realizar campañas educativas participativas que lleven a la comunidad a entender y apropiarse los conceptos de:

1. El nivel de riesgo a que están expuestos en los sectores de urbanismo consolidado.
2. Identificación de agentes contribuyentes a los fenómenos de inundación y de remoción en masa y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos.
3. Beneficios de las obras recomendadas para la mitigación del riesgo y cómo debe ser la construcción y el mantenimiento de las mismas.
4. Manejo ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.
5. Implementación de sistemas de alarma y planes de contingencia para que la población conozca las acciones a seguir en caso de que se presenten eventos de inundación.

Estas campañas deben ser realizadas por las entidades municipales ó departamentales responsables de estas acciones, mediante charlas, talleres participativos, cartillas de fácil entendimiento y divulgación, entre otros, que permitan la adecuada apropiación de los conceptos que se pretenden difundir.

8.3.3 Medidas de Mitigación – Recomendaciones estructurales de unidades residenciales

Como se argumentó anteriormente no se puede plantear una infraestructura que mitigará el riesgo por inundación sin aumentar la vulnerabilidad social y funcional a la que hay lugar en la zona de estudio que actualmente se considera con una vulnerabilidad social alta a muy alta y una vulnerabilidad funcional muy alta. De esta manera la única forma de

disminuir el riesgo es evitando la exposición de los elementos vulnerables, en otras palabras, reubicando las edificaciones y su población a corto, mediano y largo plazo.

El déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda es una de las graves problemáticas que en materia de hábitat enfrenta el país y para el mejoramiento de estos aspectos es necesario formular un política integral de hábitat que garantice los derechos fundamentales de los ciudadanos y supla sus necesidades básicas de habitabilidad y así contribuir a la inclusión social, la equidad y la erradicación de la pobreza. También es importante señalar que hay poblaciones que no cuentan con los recursos necesarios para conformar unidades de vivienda costosas, por ende algunas sociedades se unieron para organizar un concurso que permite el diseño de unidades residenciales y conformación de sectores urbanos económicos que suplen todas las necesidades básicas de cualquier unidad habitacional y en conjunto, este concurso se denomina “convive – Concurso de vivienda económica” y es de caso de interés para el nuestro la edición “convivE III – Concurso Nacional Universitario de Hábitat Rural y Urbano para la Mojana” por las similitudes de estos centros poblados.

En la zona que se plantea como de expansión se recomienda estructuras como las propuestas en los documentos de “convive” de los cuales mostramos imágenes de algunas de sus propuestas.



Figura 8- 2 Otros ejemplos de unidades económicas de vivienda que mitigan el daño asociado a la amenaza por inundación y disminuyen la vulnerabilidad física, corporal, social y funcional de la población.

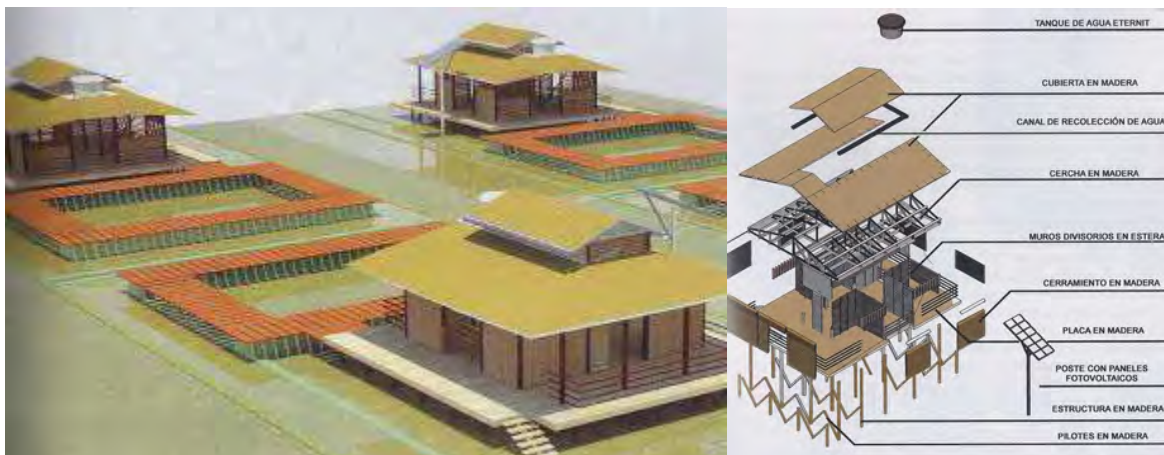


Figura 8-3 Conjunto de unidades residenciales en estructura de madera, sistema pórtico, cimentación en estructura tipo palafítica y con áreas para uso agropecuario o antejardín (solar). Como valor agregado hay canales superiores para recolección de aguas lluvias a un tanque y paneles solares.

Fuente: Publicación del concurso convive III del año 2009

8.4 NIVEL DE RESPONSABILIDAD

Para adelantar la gestión del riesgo en la zona en estudio se identificaron los actores de riesgo que de acuerdo a sus roles y competencias y que son parte activa del desarrollo de la ciudad. Con base en el planteamiento de alternativas de mitigación y prevención del riesgo por inundación e inestabilidad de márgenes se establece de manera inicial una propuesta de participación de cada uno de los actores identificados en la solución de la problemática local, planteada mediante una matriz de responsabilidades en la tabla 8-1.

En la tabla 8-1 se presenta la Matriz de Responsabilidades, en la cual se establece para cada tipo de actividades de mitigación y control estructural y no estructural, a cual entidad municipal o empresa operadora le corresponde la planificación y ejecución de la acción y su grado de responsabilidad.

Dentro de los responsables se incluye a la comunidad a través de las Juntas de Acción Comunal, como el actor que se beneficia directamente y quien debe además de ser el receptor y multiplicador hacia los grupos comunitarios de la normatividad, uso y preservación de las obras construidas.

Tabla 8-1. Matriz de responsabilidades

Plan general de acciones	Tipo de acción	RESPONSABLES								
		Alcaldía municipal – Secretarías				Corpourabá	DAPARD	Empresas de Acueducto y Alcantarillado	Juntas de Acción Comunal	INVIAS
		Gobierno	Planeación	Desarrollo Comunitario	Obras Públicas					
OBRAS DE MITIGACIÓN – NO ESTRUCTURALES										
Plan de Mejoramiento integral (*)	P, E	1	1	1	1	1	1	1	2	
1 - Restricción del Uso del Suelo	P, Rec, R	1	1	1		1	2	1	2	
2 - Reubicación de Viviendas	P, E, Ad	1	1	1			1		2	
3 - Congelamiento de Manzanas	P, R	1	1	1					2	
4 - Recuperación de cobertura y Adecuación Paisajística del Área	P, D, C, R	1	1	1	1	2	3		2	
5 - Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental	P, D, E		1	2		1	2	2	2	
5 - Información Pública	TS, R			1		2	2		2	
3- Obras de recuperación de cobertura										
Arborización en márgenes.	C		1		1	1	1			

TIPO DE ACCIÓN

P	Planeación	R	R	Recomendaciones y pautas
E	Ejecución	Ad	Ad	Adquisición de terrenos
D	Diseño	Rec	Rec	Restricción de uso
C	Construcción	TS	TS	Talleres de socialización

NIVEL DE RESPONSABILIDAD

- 1 Responsabilidad principal
- 2 Responsabilidad en segunda instancia
- 3 Responsabilidad en tercera instancia - Mantenimiento

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El centro poblado de Belén de Bajirá se encuentra ubicado sobre las terrazas inundables (T0 y T1) de depósitos formados por el Río Sucio, río Bajirá y demás caños afluentes, en épocas de crecientes, lo cual genera una geoforma plana. La conformación del centro poblado con viviendas localizadas en zona de inundación permanente y en ladera intervenida, configuran las condiciones de riesgo a que está expuesta la comunidad, especialmente por inundaciones y fenómenos de remoción en masa.
- El Río Bajirá y el caño el Indio presentan un patrón tipo meándrico y valle poco incisado, con puntos de curvas pronunciados donde se presenta inestabilidad de márgenes incipiente, afectando depósitos aluviales no consolidados. Las amenazas por inundación estarían dadas por la ocurrencia de crecientes en el río Bajirá o por la dinámica regional del río Sucio y sus crecientes, específicamente con alturas de agua dadas para periodos de retorno iguales o superiores a los 2 años para parte de la zona poblado y para 25 años para el total de la zona urbana..
- Dentro de la caracterización de las viviendas y la población se encontró que las edificaciones en su mayoría son de uso residencial, donde cada unidad es habitada por una familia, y el número de personas promedio es 4 a 5 por hogar. Las características físicas predominantes de las construcciones son en madera; pisos en concreto, gravilla, baldosa o tierra; estructura de techo en madera con cubierta en teja de zinc y asbesto cemento; y por lo general están en regular a mal estado.
- El municipio tiene falencias importantes relacionadas a la ausencia o deficiente servicio de alcantarillado, la deficiencia en el sistema de acueducto, la ausencia de manejo de residuos sólidos y la falta de una vía de conexión intermunicipal con óptimas condiciones de servicio lo que se traduce en la disminución de calidad en la movilidad. Además hacen falta puentes vehiculares y peatonales adecuados para la actual morfometría del caso urbano.
- Los resultados de modelación hidráulica del río Bajirá junto a los análisis hidrológicos de ríos Sucios, Surrumbay y Bajirá, indican que se presentan desbordamientos en toda la zona de influencia del río Sucio (valle de aproximadamente 720 kilómetros cuadrados que a su vez depende de la dinámica del río Atrato) que afectan directamente al centro poblado. Esta condición fue verificada con las entrevistas a habitantes y muestran la magnitud de los eventos.
- Respecto a la precisión de los resultados obtenidos en la modelación hidráulica, ésta se definió en función de la comparación cartográfica de los diferentes temáticos relacionados, así se comparó el mapa geomorfológico que establece el cauce activo con los niveles de inundación del modelo hidráulico y las entrevistas a habitantes. Contrastando las tres cartografías se puede observar una buena correspondencia entre las terrazas inundables y los límites de inundación para Tr de 2 y 25 años, que permite inferir que los resultados obtenidos son coherentes con la realidad.

- Los procesos de inestabilidad de márgenes identificados se caracterizan por ser de actividad incipiente y de poca afectación, y su ocurrencia se debe a factores como la pérdida de cobertura vegetal que han sufrido las márgenes y el uso de la zona como depósito de basuras. Por otra parte, los procesos de inestabilidad de laderas ocurren por la intervención antrópica de cortes y canteras y el restiro de la cobertura vegetal de la colina adyacente al centro poblado.
- El centro poblado en total se encuentra en zona de riesgo alto y medio por inundación. Esta condición indica la dificultad del planteamiento de obras de mitigación desde el punto de vista de disminución de la amenaza, donde el planteamiento de jarillones puede generar efectos y consecuencias mayores al interior de la zona urbana, desde el punto de vista de salubridad y represamiento de aguas internas.
- Realizados los trabajos de campo, caracterización de márgenes y determinación de la actividad de los procesos, se establece que las manzanas ubicadas en inmediaciones a las márgenes donde hay procesos incipientes se encuentran en bajo riesgo; sobre estas se plantea un manejo integral de las zonas con medidas como la reubicación y el congelamiento de viviendas.
- En cuanto a los fenómenos de remoción en masa, el riesgo de las viviendas ubicadas en media ladera y en la base del talud está catalogado como medio y alto. Esta condición indica la necesidad del congelamiento urbanístico y de la recuperación del uso natural de la ladera como zona de conservación. Los cortes actuales no deben ser continuados ni mucho menos ampliados, esta ladera está llegando al límite de estabilidad.
- Para las manzanas ubicadas en el área de estudio de este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente “Muy alta y alta”, seguida de la categoría media donde quedan clasificadas las manzanas restantes. Esta condición de vulnerabilidad social dificulta el planteamiento de cualquier medida de mitigación ya que estas no mejoran la calidad de vida de la población, por el contrario la empeoran.
- El Municipio de Mutatá tiene un Plan de Emergencias, y un Comité Local de Prevención y Atención de Desastres y cuentan con los recursos suficientes para responder las emergencias, sin embargo su sede se ubica en la cabecera urbana del municipio que se ubica a más de 2 horas del centro poblado y que en época de invierno puede tardar hasta 4 o 5 horas por lo que cuando se presenta la emergencia solo autoridades policiales la atienden, lo que aumenta la vulnerabilidad y disminuye la capacidad de reacción ante el evento amenazante. Se hace indispensable mejorar la disponibilidad de equipos de alarma, comunicación, así como rutas de evacuación, herramientas y extintores que permitan atender de forma oportuna la ocurrencia de un evento. En los equipamientos urbanos hay un conocimiento elaborado sobre la gestión del riesgo y atención de emergencias.
- Algunas acciones antrópicas como el mal uso del suelo especialmente del sector La Colina, la disposición de aguas inadecuadamente, la ausencia de depósitos adecuados de residuos sólidos, la disminución de las secciones hidráulica de ríos y quebradas por intervención, entre otras, configuran las acciones antrópicas que empeoran las

condiciones de amenaza presentes. Las acciones iniciales se plantean desde el punto de vista social para disminuir estas acciones inadecuadas.

- La medida única medida a corto, mediano y largo plazo que permite la disminución significativa del riesgo es la reubicación paulatina del centro poblado a un lugar de cota mayor a 26 y con construcciones adecuadas para sus condiciones de inundación. Estas medidas por ser de gran impacto debe ser revisada por los entes municipales.
- Dentro de las medidas de mitigación no estructurales se encuentra la reubicación y congelamiento urbanístico y la restricción de uso del suelo en la Colina Adyacente. No se plantean medidas de mitigación estructurales.

12 BIBLIOGRAFÍA

AIS – INGEOMINAS – UNIANDES, 1996. Estudio General de Amenaza Sísmica en Colombia. Ingeominas, Bogotá, 252 p.

Área Metropolitana del valle de Aburrá, Cornare, Corantioquia, Universidad Nacional, 2007. Plan de Ordenación y Manejo del río Aburrá.

Boletín del DANE, censo General 2005 Perfil de Belén de Bajirá.

CARDENA CAMILO, Agosto de 2005. Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres. III Curso Latinoamericano de Movimientos en Masa.

Censo DANE Belén de Bajirá, 2005.

DECLARACIÓN DE MANIZALES. 2004. Conferencia Interamericana sobre reducción del riesgo de los desastres. Reflexiones y propuestas para mejorar la efectividad de la gestión. Noviembre 17, 18 y 19, Manizales, Colombia.

Censo general 2005, nivel nacional. DANE, 2005.

DIRECCIÓN DE DESARROLLO TERRITORIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía metodológica 1 Incorporación y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial. Bogotá, 2005.

D.N.P.A.P., 1988. Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá.

Estadísticas municipales SISBEN – Municipio de Mutatá.

HAFFER, J. 1967. On the Geology of the Uraba and northern Chocó report. 357 (mecanografiado). p. 1-105. Ecopetrol. Bogotá.

Fotografías aéreas, Vuelo C-2776 Fotos 0067 a 0071, escala 1:3340. IGAC, 2006.

Fotografías aéreas, Vuelo R-986 Fotos 0078-0079, escala 1:20600. IGAC, 1984

IDEAM. Valores medios mensuales de temperatura, valores totales mensuales de precipitación, valores medios mensuales de humedad relativa – estaciones Bajirá, Bajirá Villa Arteaga, Musinga y Tulenapa. Bogotá. Colombia.

IDEAM. Valores máximos mensuales de caudales - estación Mutatá. Bogotá. Colombia.

IGAC, 1977. Contribución al conocimiento de la distribución térmica y pluviométrica en Colombia. Rev Anal. Geogr. Vol XXIV. Bogotá

IGAC - INGEOMINAS, 2006. Geología del departamento de Antioquia. Plancha Escala 1:100000

IGAC - INGEOMINAS, 2006. Geología regional alrededores inmediatos de Belén de Bajirá. Plancha Escala 1:100000

Plancha topográfica, 102-II-C, escala 1:100000. IGAC, 1972

Plancha topográfica 102-II-D, escala 1:25 000. IGAC, 1972

Plancha topográfica PL_102_2008, escala 1:100000. IGAC, 2008

Plano catastral – departamento Catastro Antioquia - Centro Poblado de Belén de Bajirá, escala 1:10000.

Imagen del plano Catastral del Centro Poblado de Belén de Bajirá, escala 1:2000. Municipio de Mutatá.

INGEOMINAS, 1995. Base de datos de desastres naturales de Colombia, 1920 - 1990. Mem. IV. Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, Armenia.

INGEOMINAS, 1995.- Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Antioquia.

INGEOMINAS, 2001. Mapa geológico del departamento de Antioquia Escala 1:400000. Memoria explicativa.

INGEOMINAS – IGAC, 2006. Investigación Integral del Andén Pacífico Colombiano. Plancha 79, Turbo, escala 1:100.000; Tomo I Geología, 168 p.

INSTITUTO DE ESTUDIOS REGIONALES (INER). 1994. Plan de desarrollo de Urabá con énfasis en lo ambiental. Universidad de Antioquia. Medellín.

JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE E.U., 2006. Guía Metodológica para la Evaluación, Zonificación y Reducción de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa a Escala de Detalle.

MILLAN J., 1988. Lineamientos Metodológicos Para la Evaluación de la Amenaza por FRM.

MILLAN J. GONZALEZ A, 2000. Evaluación Sistemática de Procesos y Efectos de Fenómenos de Remoción en Masa en Santa Fe de Bogotá - Propuesta Metodológica, VIII Congreso Geotecnia.

MILLAN J., VESGA L., 1998. Inventario de Procesos de Remoción en Masa en los Estudios de Amenaza y Riesgo en Santa Fe de Bogotá. Artículo X Jornadas Geotécnicas. Ministerio del Medio Ambiente, 2002. Política nacional de Humedales Interiores de Colombia, Bogotá, 67 p.

POT MUTATÁ, 2000. Plan de ordenamiento territorial municipio de Mutatá, sector rural.

SANCHEZ SILVA, MAURICIO, 2005. Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos, U. de los Andes.

VARNES, D.J. (1978). "Slopes Movement Types and Processes in: Landslides, Analysis and Control". TRB Special Report 176, Washington D.C., 1978.