

## **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 COBERTURA

### **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 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. ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO

- 9.1 INTRODUCCIÓN
- 9.2 DIAGNÓSTICO DEL POT FRENTE A LA GESTIÓN DE RIESGOS
- 9.3 PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT
- 9.4 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO

CAPÍTULO 10. DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL

- 10.1 INTRODUCCIÓN
- 10.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES
- 10.3 DISEÑO DE OBRAS
- 10.4 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 12. BIBLIOGRAFÍA

## **ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS DE ORIGEN NATURAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE URABÁ COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL EN LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO**

### **LISTADO DE PLANOS**

1. MAPA BASE MUNICIPIO DE SAN JUAN DE URABÁ
2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO BASE SAN JUAN DE URABÁ
3. MAPA GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO SAN JUAN DE URABÁ
4. MAPA DE EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO
5. MAPA PROCESOS MORFODINÁMICOS SAN JUAN DE URABÁ
6. MAPA DE COBERTURA SAN JUAN DE URABÁ
7. MAPA DE INFRAESTRUCTURA ESPACIAL Y LOCALIZACIÓN DE OBRAS EXISTENTES
8. MAPA DE RONDAS SAN JUAN DE URABÁ
9. MAPEO INUNDACIÓN POR ENCUESTA
10. MAPA AMENAZA POR INUNDACIÓN
11. MAPA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
12. MAPA VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN
13. MAPA VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
14. MAPA DE RIESGO POR INUNDACIÓN
15. MAPA DE RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
16. MAPA DE MITIGABILIDAD DEL RIESGO
17. MAPA DE OBRAS – PLANTA
18. MAPA DE OBRAS – DETALLES
19. MAPA DE ACCIONES DE GESTIÓN DEL RIESGO

## CONTENIDO

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

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- 1	Localización general del municipio de San Juan de Urabá. ....	1-2
Figura 1- 2	Vista general del municipio de San Juan (Zona Urbana Consolidada).....	1-3
Figura 1- 3	Rio San Juan y sector San Juan Oriental, donde se han presentado emergencias por inundación. ....	1-4

## ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS DE ORIGEN NATURAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE URABÁ

### 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

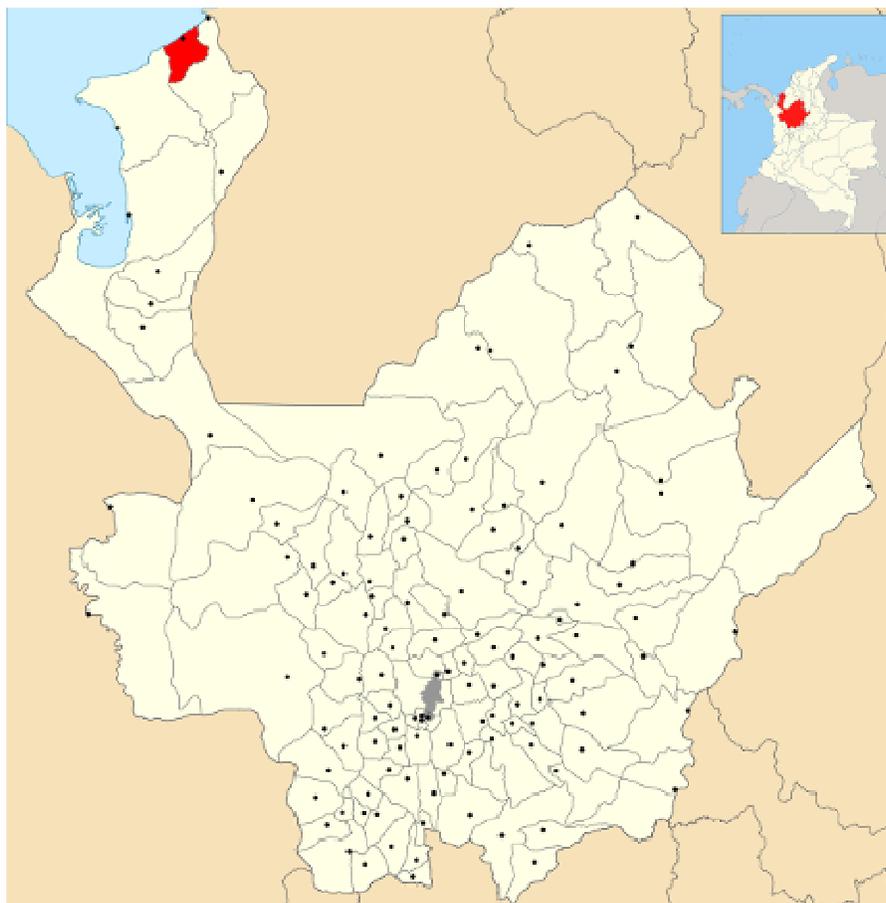
##### 1.2.1 Localización general

El municipio de San Juan de Urabá se encuentra localizado en la zona noroccidental del país en el departamento de Antioquia, cerca al Golfo de Urabá, en la subregión del Urabá Antioqueño. Limita por el oriente y el sur con el Municipio de Arboletes; por el occidente con el municipio de Necoclí y por el norte con el mar Caribe, cuya línea de costa comprende 22 km. lineales. Su cabecera dista 483 kilómetros de la ciudad de Medellín, capital del departamento de Antioquia.

La cuenca de Urabá se encuentra localizada en la región occidental de la Serranía de Abibe, al NW del Departamento de Antioquia y hace parte del Bloque Chocó y del Terreno Sinú – San Jacinto (Duque Caro, 1984).

En la Zona Norte de Urabá, se observan dos geformas bien diferenciadas: las zonas planas (formadas por las llanuras costeras y los depósitos aluviales de ríos y quebradas) y las zonas de colinas y montañas (formadas por las rocas sedimentarias).

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



**Figura 1- 1 Localización general del municipio de San Juan de Urabá.**  
Fuente: Wikipedia, 2011

### 1.2.2 Generalidades

El municipio de San Juan de Urabá tiene una extensión de 239 km<sup>2</sup>, de los cuales 0,6 km<sup>2</sup> corresponden al casco urbano.

La cabecera municipal está ubicada a 3 m.s.n.m. y sus coordenadas son 8° 45' 33" de latitud norte y 76° 31' 47" de longitud oeste. Su población actual es de 22.513 habitantes, donde aproximadamente 7300 corresponden a la zona urbana y su área de 60 Ha determinan una densidad poblacional de 121 Habitantes por hectárea, esta densidad se puede caracterizar como media y acorde con unas amplias áreas libres dentro del sector urbano que están dispuestas a ser consolidadas

Según el POT existen tres geoformas bien definidas: terraza marina, terraza aluvial de San Juan Oriental y llanura aluvial del río San Juan, y otras geoformas de interés como el acantilado y la playa. El municipio de San Juan de Urabá está localizado a pocos metros del litoral Caribe antioqueño, a orillas del río San Juan y muy cerca de la desembocadura de este en el océano.

En la Figura 1- 2 se presenta una vista general del municipio de San Juan.



**Figura 1- 2 Vista general del municipio de San Juan (Zona Urbana Consolidada).**  
Fuente: Municipio

### 1.2.3 Área de estudio

La zona de estudio, se encuentra dentro del casco urbano del municipio de San Juan de Urabá, siendo de interés para el estudio el área de influencia del río San Juan, con mayor interés en el impacto sobre la población de San Juan Oriental, incluyendo el barrio denominado Pueblo Chino.

La zona urbana de San Juan de Urabá, se encuentra dividida por el río en dos sectores; la parte principal al Oeste (margen izquierda) y la denominada San Juan Oriental al este (margen derecha). Ver Figura 1- 3



**Figura 1- 3 Río San Juan y sector San Juan Oriental, donde se han presentado emergencias por inundación.**

Fuente: Propia

## 1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

### 1.3.1 Objetivo general

Zonificar las amenazas y riesgos de origen natural del área urbana del municipio de San Juan de Urabá 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 del municipio de San Juan de Urabá, siendo estructurado por los siguientes elementos:

- Realizar la zonificación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo en el área urbana del municipio 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 inestabilidad de márgenes.
- 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 municipio de San Juan de Urabá, y 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 San Juan, 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 las áreas urbanas de los municipios. 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

<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES, DIAGNÓSTICO Y MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>2-1</b>
<b>2.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2-1</b>
<b>2.2</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>2-1</b>
2.2.1	Aspectos geológicos descritos en el POT.....	2-1
2.2.2	Eventos y amenazas identificadas en el POT.....	2-2
2.2.2.1	Acción erosiva lateral del río San Juan.....	2-2
2.2.2.2	Inundaciones.....	2-2
2.2.2.3	Amenaza Sísmica.....	2-3
2.2.3	Eventos anteriores.....	2-4
<b>2.3</b>	<b>DIAGNÓSTICO: DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2-4</b>
<b>2.4</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>2-6</b>
2.4.1	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE .....	2-6
2.4.1.1	Generación de Cartografía Base.....	2-6
2.4.1.2	Caracterización física .....	2-7
2.4.2	MODELOS DE ANÁLISIS .....	2-9
2.4.2.1	Evaluación de la Amenaza por inundación .....	2-9
2.4.2.2	Evaluación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales.....	2-10
2.4.2.3	Evaluación de la Amenaza por inestabilidad de las márgenes y fenómenos de remoción en masa.....	2-10
2.4.2.4	Análisis de Vulnerabilidad .....	2-10
2.4.2.5	Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes .....	2-11
2.4.2.6	Plan de medidas de reducción del riesgo .....	2-12
2.4.3	MARCO METODOLÓGICO PARA EVALUACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO.....	2-15
2.4.3.1	Análisis detallado de la amenaza.....	2-15
2.4.3.2	Análisis detallado de la vulnerabilidad .....	2-17
2.4.3.3	Análisis detallado del riesgo.....	2-18

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2- 1	Imágenes del sector San Juan Oriental, donde se han presentado emergencias por inundación.....	2-5
Figura 2- 2	Imágenes del Rio San Juan y el parte del sector San Juan Oriental, donde se han presentado emergencias por inestabilidad de márgenes – socavación lateral. ....	2-6
Figura 2- 3	Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo.....	2-16

## 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 municipio de San Juan de Urabá.

### 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 geológicos descritos en el POT

El municipio de San Juan de Urabá está localizado a pocos metros del litoral Caribe antioqueño, a orillas del río San Juan y muy cerca de la desembocadura de este en el océano. Existen tres geoformas bien definidas: terraza marina, terraza aluvial de San Juan Oriental y llanura aluvial del Río San Juan, y otras geoformas de interés como el acantilado y la playa.

El sector principal del casco urbano fue construido en el borde oriental de una terraza marina tectónica levantada; a su vez San Juan Oriental fue remplazada sobre una terraza aluvial del río San Juan, de nivel menor a la terraza marina. Entre estas dos superficies geomorfológicas existe un escape tectónico de edad reciente bastante bien conservado.

**Terraza marina.** Es una superficie plana, ligeramente inclinada hacia el mar que termina abruptamente en un escarpe de unos 20 m de altura con respecto al nivel del río San Juan; este escarpe determina nítidamente el extremo oriental del pueblo, constituyéndose en un límite natural para la urbanización. El depósito sedimentario que constituye esta superficie está compuesto por arenas limosas de color pardo amarillento; cerca de la base del depósito se encuentran abundantes conchas marinas subyacidas por una marcada acumulación de restos de madera y troncos.

**Terraza aluvial de San Juan Oriental.** Se trata de una superficie formada por una pequeña acumulación aluvial, que tiene una altura de 6 m con respecto al nivel del río. Esta terraza es de poca extensión y va desde donde el río deja la zona ondulada hasta donde encuentra el bloqueo de la terraza marina levantada.

**Llanura aluvial del río San Juan.** Esta llanura está conformada por una estrecha franja a lo largo del río, con una altura relativa de 2 metros aproximadamente con respecto al nivel de éste. Debido a la acción erosiva del río esta llanura se ve sometida a cambios permanentes.

**Otras geoformas de interés.** Aunque sin una relación directa con el proceso urbano se tienen: el acantilado, de 13 a 14 metros de altura, que forma la terraza marina en la zona litoral y la playa.

## **2.2.2 Eventos y amenazas identificadas en el POT**

El casco urbano de San Juan de Urabá tiene amenazas naturales derivadas de la acción erosiva en las márgenes del Río San Juan, inundaciones locales provenientes del mismo río, la amenaza sísmica, la acción erosiva del mar sobre el acantilado y erosión de la playa.

### **2.2.2.1 Acción erosiva lateral del río San Juan.**

Debido a las bajas pendientes de la zona y la poca cantidad de material grueso que transporta, el río ha desarrollado un patrón sinuoso a meándrico. Una de sus características es el desarrollo de curvas sucesivas cada una de las cuales tiene un comportamiento determinado por erosión lateral en las márgenes cóncavas o externas y sedimentación en las convexas o internas. Debido a esto, es fácil determinar las orillas del río sometidas a erosión y sedimentación respectivamente. En la zona se presentan las siguientes tres zonas con erosión lateral y sus correspondientes de sedimentación:

En cercanías de la desembocadura de la Quebrada El Paso. Una fuerte erosión lateral debido a que es en esta curva donde el río presenta mayor energía ocasionada por el cambio de su curso de suroeste a noroeste.

- Según información de algunos habitantes del lugar, el río ha tenido en esta parte un rápido desplazamiento horizontal en el sentido oeste de hasta 30 metros en un período de 20 años, lo que da una velocidad promedio de 2.5 metros por año.
- Curva del Estribo Oriental del Puente. Esta es una curva de radio más pequeño que la anterior y por esa razón se presume que la erosión lateral en el sitio es mucho menor.
- Se observaron pequeñas evidencias de erosión inmediatamente al noroeste del estribo derecho; en la parte sur – oeste del mismo se observó una pequeña acumulación de sedimentos debido al efecto de pantalla que éste hace.
- Curva del Matadero. Igualmente de pequeño radio de curvatura con acción erosiva de poca importancia en los momentos actuales; esta curva tiene la particularidad de aproximarse mucha más que la primera al pie del escarpe donde existe una topografía inclinada, motivo por el cual la erosión podría llegar a ser mayor y más rápida en el futuro.

### **2.2.2.2 Inundaciones.**

Se encuentran sometidas a este peligro algunas áreas de San Juan Oriental, construidas en cercanías del río, sobre parte de su llanura de inundación. Poco se conoce sobre caudales máximos de este río y menos sobre períodos de retorno de este tipo de

eventos. En tiempos recientes se han presentado inundaciones lo suficiente grandes como para que se inunde la parte urbana de San Juan Oriental, sin precisar sobre duración y recurrencia de éstas.

Mediante recorridos de campo y fotografías aéreas se delimitó la llanura de inundación como la zona que con certeza se inundará con alguna periodicidad; se asumió la cota de 6 metros como la zona más propensa a inundación sin que se descarten niveles superiores.

### 2.2.2.3 Amenaza Sísmica.

Un sismo, terremoto o temblor de tierra, es una sacudida de intensidad variable que afecta una región. Esta sacudida cuando supera unos ciertos niveles de intensidad puede ocasionar destrozos.

En Colombia son aún escaso los estudios sísmicos, no obstante ser este un país donde los temblores de tierra ocasionan frecuentemente víctimas y pérdidas materiales. Aunque la zona norte de Urabá Antioqueño no es una de las más sísmicas del país, si se han registrado históricamente bastante sismos, algunos de estos lo suficientemente fuertes como para ser tenidos en cuenta en los municipios de la región.

Sarría (1982) presenta un mapa de Colombia donde se muestran las curvas de magnitud últimas o sea la magnitud máxima que razonablemente podría esperarse dentro de un área sísmicamente activa; la zona norte de Urabá a que se refiere este trabajo, experimentaría una magnitud máxima probable, para un periodo de retorno de 50 años, de 7.4. a 7.8 en escala Richter.

La mejor forma conocida de mitigar los efectos ocasionados por un sismo es una combinación de medidas estructurales, representadas en la construcción de viviendas y edificios sismo – resistentes y la preparación de la comunidad para que sepa cómo actuar en caso de temblor.

Debido a que en la región predominan las construcciones de madera y techo pajizo no resulta tan dramática la posibilidad de ocurrencia de un sismo de gran magnitud como los ya ocurridos; sin embargo, las nuevas construcciones en mampostería, edificios, etc, deberán adaptarse a las normas establecidas por el decreto 1400 de 1984, llamado código de construcciones sismo resistentes, el cual es de obligatorio cumplimiento.

Según ese decreto (Asociación Colombiana de Ingenieros) la zona norte de Urabá es de riesgo sísmico medio.

Aunque la región norte del Urabá Antioqueño no se caracteriza por gran sismicidad, existen antecedentes históricos y registros sísmicos lo suficientemente importantes como para que las autoridades locales velen por el estricto cumplimiento de las normas nacionales al respecto.

### 2.2.3 Eventos anteriores

Usando la base de datos de desastres de DESINVENTAR, se reconocen algunos eventos ocurridos en la zona urbana de San Juan, los cuales se enumeran a continuación:

- 27 de diciembre de 1943: Inundación del sector denominado Cartagenita, actual San Juan Oriental. 2000 damnificados, 150 viviendas afectadas.
- 6 de diciembre de 1996: Inundación en barrios pueblo chino y San Juan Oriental (urbanos) y San Jacinto (Rural). 375 damnificados, 50 viviendas afectadas.
- 18 de octubre de 1992: Sismo de magnitud 7.2 en la escala Richter asociado a la falla San Juan, existieron viviendas afectadas con daños leves.
- 13 de mayo de 2005: Inundación. 575 damnificados, 115 viviendas afectadas.
- 11 de octubre de 2008: Inundación. 2000 damnificados, algunas viviendas afectadas.

Sobre estos eventos se tiene poca información y los habitantes no dan datos precisos de los mismos.

En la temporada de lluvias del año 2010, sucedieron eventos de inundación los cuales son narrados por los pobladores y sobre los cuales se hace una descripción general a continuación.

- Inundación de 1995: causante de daños en el sector oriental, afectó gravemente el puente vehicular sobre San Juan Oriental
- Inundación del 15 de Diciembre del 2010: asociada al fenómeno de la niña que afecta todo el país, las inundaciones causaron grandes afectaciones en el sector de San Juan Oriental y Pueblo Chino
- Inundación de Diciembre de 2011: asociada a la temporada de lluvias de fin de año, no causó daños en viviendas.

Es importante anotar que el municipio no cuenta con un registro de los eventos considerados emergencias, inclusive no existe un registro fotográfico que permita aportar detalles de los eventos.

## 2.3 DIAGNÓSTICO: DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA

Basados en los trabajos de campo de los especialistas y de los eventos anteriores, junto a la información recopilada, el municipio de San Juan de Urabá está sujeto a los eventos amenazantes tipo inundación por desbordamiento del río San Juan, inestabilidad de márgenes por acción erosiva del río San Juan y por actividad de la falla San Juan. A continuación se describen cada uno de estas amenazas.

### Inundación

El río San Juan en su paso por el casco urbano se encuentra en la zona baja del río, cerca de su desembocadura. Cuando ese producen crecientes del río, con caudales de gran magnitud, las zonas naturales de desbordamiento son ocupadas; sin embargo, la

cercanía del mar genera una barrera natural a la creciente lo que genera un cambio de dirección de la corriente hacia arriba y por ende una intensificación de la inundación. Este fenómeno hace que las velocidades hacia arriba se vean aumentadas y genera una zona de choque entre corrientes; aunque la duración de la inundación sea de menos de medio día, las velocidades del agua generan grandes daños a todo elemento a su paso.

El sector de san juan oriental (Figura 2- 1) y pueblo chino se encuentra dentro de las zonas naturales de desbordamiento, y en los ultimos años se han producido inundaciones que generan daños al paso de la corriente.

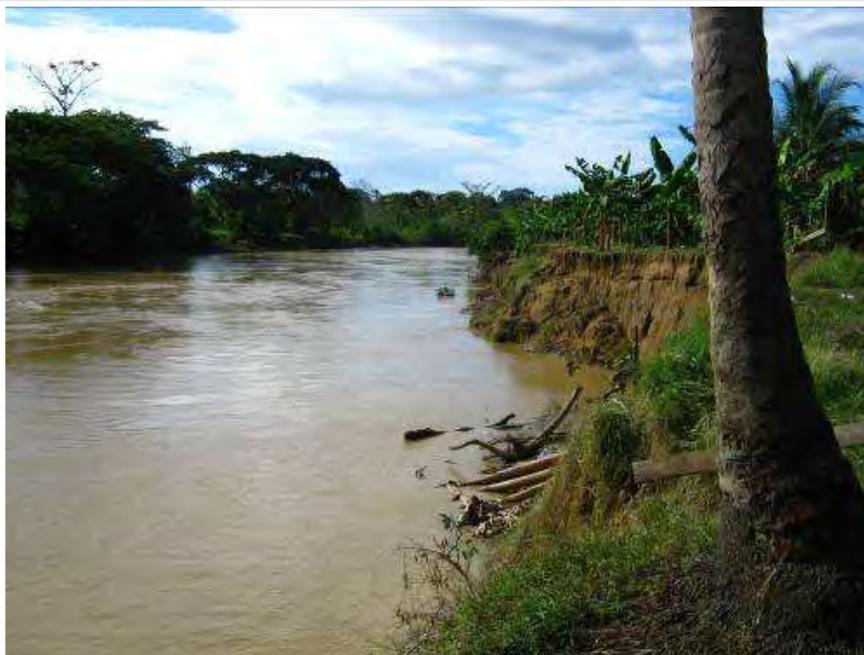


**Figura 2- 1 Imágenes del sector San Juan Oriental, donde se han presentado emergencias por inundación.**  
Fuente: Propia

### Erosión en las márgenes del río

El retiro antrópico de la vegetación, la generación de cultivos y la mala disposición de aguas lluvias y servidas, han ocasionado la exposición de materiales, sobre el cual la corriente ha generado un procesos de erosión. La erosión local se produce en la zona media de la margen, ocasionando pérdida de soporte de la corona de la margen y caída del material.

Según información de algunos habitantes del lugar, el río ha tenido en esta parte un rápido desplazamiento horizontal en el sentido oeste de hasta 30 metros en un período de 20 años, lo que da una velocidad promedio de 2.5 metros por año. Ver Figura 2- 2.



**Figura 2- 2 Imágenes del Rio San Juan y el parte del sector San Juan Oriental, donde se han presentado emergencias por inestabilidad de márgenes – socavación lateral.**

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 1:2000 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 georeferenciación 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 1:2000, 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 períodos 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 de 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 1:2000, 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 1:2000, 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 San Juan de Urabá y la quebrada Pirú. 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: 1:2000.

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

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 San Pedro de Urabá 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 definir 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 casco urbano del municipio de San Juan de Urabá.

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 municipio de San Juan de Urabá, 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 diagnóstico 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 solicitaciones son de naturaleza mecánica y actúan sobre los elementos expuestos sea de manera dinámica o estática. Varias solicitaciones se pueden asociar a un mismo evento tanto en el espacio como en el tiempo, e inversamente, varios eventos pueden traducirse por una misma solicitación. 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 solicitación (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 solicitación:

- 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 solicitaciones 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- 3.

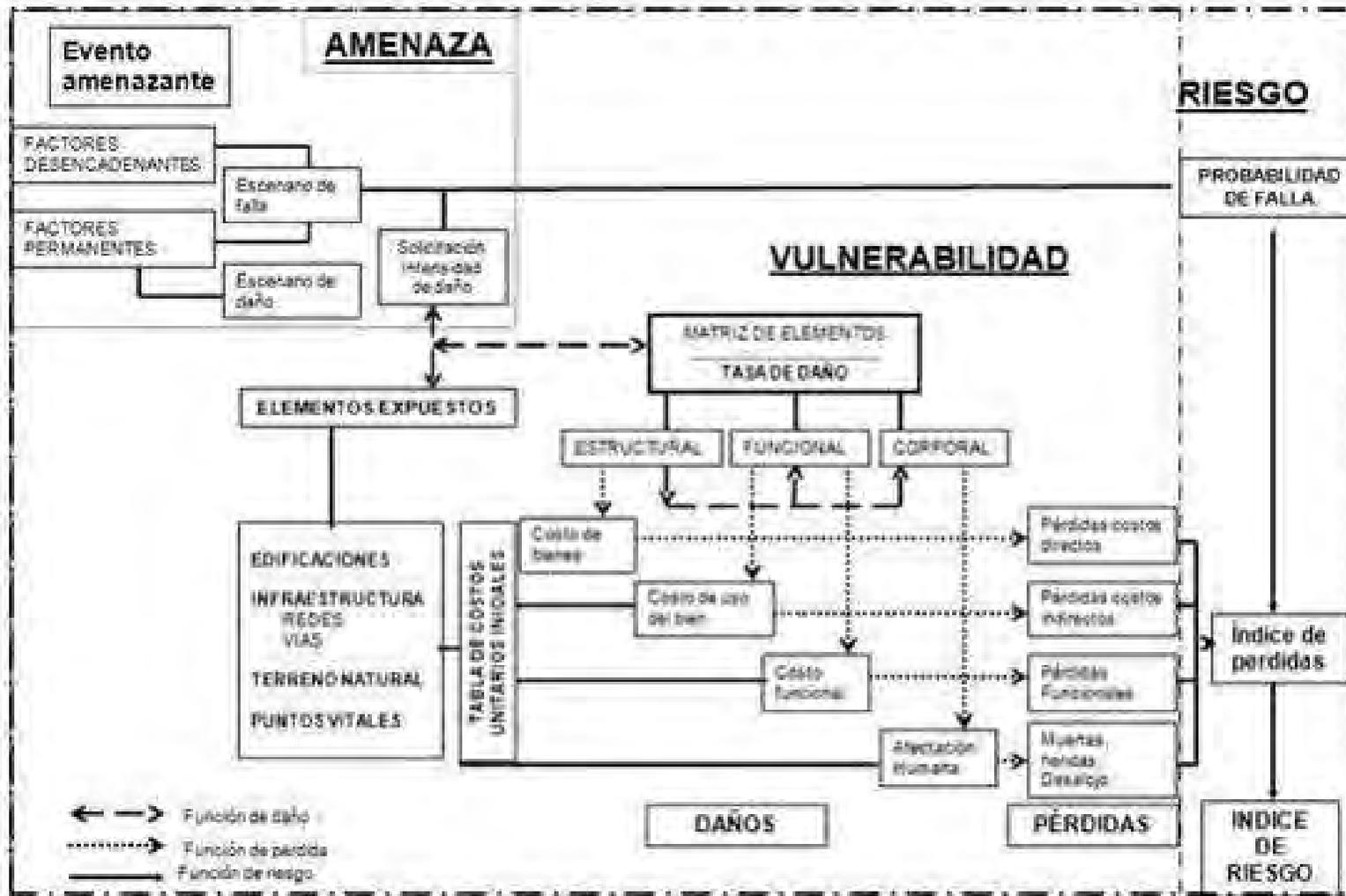


Figura 2- 3 Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo

## CONTENIDO

<b>3 ESTUDIOS BÁSICOS .....</b>	<b>3-1</b>
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 Municipio de San Juan de Urabá.....	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 POT .....	3-3
3.3.3.2 Cartografía DANE.....	3-3
3.3.3.3 Cartografía IGAC.....	3-3
3.3.3.4 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.....	3-11
3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	3-12
3.4.1 Contexto Geológico y Geomorfológico Regional y Local .....	3-12
3.4.1.1 Terraza cero (T0).....	3-12
3.4.1.2 Terraza uno (T1).....	3-13
3.4.1.3 Terraza dos (T2).....	3-14
3.4.1.4 Terraza tres (T3).....	3-16
3.4.2 Geología Estructural.....	3-17
3.4.3 Procesos morfodinámicos.....	3-17
3.4.3.1 Procesos erosivos .....	3-17
3.4.3.2 Fenómenos de remoción en masa.....	3-19
3.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....	3-21
3.5.1 Recopilación y análisis de la información existente .....	3-21
3.5.1.1 Cartografía .....	3-21
3.5.1.2 Hidrometeorología.....	3-21
3.5.2 Climatología e Hidrología.....	3-22
3.5.3 Hidráulica .....	3-24
3.6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA .....	3-37
3.6.1 Investigación del subsuelo.....	3-37
3.6.1.1 Exploración con sondeos y trincheras .....	3-37
3.6.1.2 Ensayos In Situ.....	3-38
3.6.1.3 Ensayos de laboratorio .....	3-38
3.6.2 Caracterización geomecánica.....	3-38
3.6.3 Zonificación geotécnica .....	3-41

3.7	COBERTURA .....	3-41
3.7.1	Metodología.....	3-42
3.7.2	Interpretación de unidades de cobertura vegetal .....	3-42
3.7.3	Simbología .....	3-43
3.7.4	Cobertura vegetal y uso actual del suelo .....	3-43

### LISTA DE TABLAS

Tabla 3- 1	Coordenadas geodésicas wgs-84 (época 1995.4). .....	3-5
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 del sector urbano según código DANE. ....	3-9
Tabla 3- 8	Numeración de las manzanas DANE contempladas dentro del área de estudio.....	3-11
Tabla 3- 9	valores totales medios mensuales multianuales de precipitación -estación La Laja ...	3-22
Tabla 3- 10	Caudales máximos de la recurrencia indicada rio San Juan Hda La Laja .....	3-24
Tabla 3- 11	Caudales máximos de la recurrencia indicada rio San Juan Hda La Laja .....	3-28
Tabla 3- 12	Exploración del subsuelo. ....	3-37

### LISTA DE FIGURAS

Figura 3- 1	Navegador Garmin GPSMAP60Cx.....	3-6
Figura 3- 2	Navegador Garmin GPSMAP60Cx.....	3-7
Figura 3- 3	Mapa geológico y geomorfológico de San Juan de Urabá.....	3-13
Figura 3- 4	Aspecto general de la terraza T1, periódicamente inundable, se aprecia la socavación severa de sus márgenes. ....	3-14
Figura 3- 5	Perfil de suelos de la terraza 2, se observa el color claro del horizonte A.....	3-15
Figura 3- 6	Depósito aluvial de la terraza T3 que cubre rocas de la Formación Paujil. ....	3-16
Figura 3- 7	Erosión lateral de márgenes.....	3-18
Figura 3- 8	Erosión en cárcavas observada en fotografía aérea.....	3-19
Figura 3- 9	Escarpes erosivos observados en fotografía aérea .....	3-19
Figura 3- 10	Deslizamientos activos observados en fotografía aérea .....	3-20
Figura 3- 11	Deslizamientos antiguos observados en fotografía aérea.....	3-20
Figura 3- 12	Variación intraanual de la precipitación (%). ....	3-22
Figura 3- 13	Ajuste de caudales con distribución Log Pearson Tipo III.....	3-23
Figura 3- 14	Correlación de caudales El Carmelo – La Candelaria.....	3-25
Figura 3- 15	Correlación de caudales La Laja – La Candelaria.....	3-26
Figura 3- 16	Secciones transversales 0+200.....	3-27
Figura 3- 17	Secciones transversales 0+300 a 0+500.....	3-30
Figura 3- 18	Secciones transversales 0+600 a 1+000.....	3-31
Figura 3- 19	Secciones transversales 1+200 a 1+400.....	3-32
Figura 3- 20	Secciones transversales 1+500 a 1+900.....	3-33
Figura 3- 21	Secciones transversales 2+000 a 2+200.....	3-34
Figura 3- 22	Secciones transversales 2+300 a 2+550.....	3-35
Figura 3- 23	Secciones transversales 2+600 a 3+600.....	3-36

### **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 1:400000. Ingeominas, 1999.
- Mapa geológico del departamento de Antioquia Escala 1:400000. Memoria explicativa. Ingeominas, 2001.
- Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Antioquia. Ingeominas, 1995.
- Censo general 2005, nivel nacional. DANE, 2005.

##### **3.2.1.2 Municipio de San Juan de Urabá**

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

- Plan de ordenamiento territorial municipio de San Juan de Urabá. Alcaldía municipal, 1999.
- Mapas varios incluyendo de amenaza relativa POT. Alcaldía municipal de Juan de Urabá, 1999.
- Mapa zona urbana municipio de Juan de Urabá sectores, secciones, manzanas y vías. DANE, 2005.

- Plancha topográfica 60-I-C, escala 1:25000. IGAC, 1972
- Plancha topográfica 60, escala 1:100000. IGAC, 2008
- Fotografías aéreas, Vuelo C-2725 Fotos 0112-0115, escala 1:9300. IGAC, 2004
- Fotografías aéreas, Vuelo R-735 Fotos 0368-0372, escala 1:8800. IGAC, 1976
- Plano catastral del área urbana. Alcaldía municipal de San Juan de Urabá.
- Ficha catastral del área urbana. Alcaldía municipal de San Juan de Urabá.
- Valores máximos mensuales de caudales - estación 12037020 Laja la Hda. IDEAM.
- Valores medios mensuales de temperatura, valores totales mensuales de precipitación, valores medios mensuales de velocidad del viento, valores medios mensuales de humedad relativa - estación 12045010 Arboletes. IDEAM
- Estadísticas municipales SISBEN – hogares. Oficina del SISBEN municipio de San Juan de Urabá

### **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 San Juan de Urabá:

1461700 m N 1059420 m E en el extremo noroccidental y 1459200 m N 1061800 m E en el extremo suroriental del municipio.

Altimétricamente se tiene una cota máxima de 20 msnm en cercanías a la iglesia y una cota de mínima de (-4) msnm en el fondo del Río San Juan. La cabecera municipal presenta una altura promedio de 15 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 POT**

Esta cartografía corresponde al mapa de amenaza relativa del municipio a escala 1:5000. Esta cartografía presenta una zona única de amenaza enmarcada en la distribución espacial de la zona urbana del municipio, y está relacionada con las zonas susceptibles a inundación.

### **3.3.3.2 Cartografía DANE**

Esta cartografía corresponde a un mapa digital (2005), escala 1:10000, que contiene la zona urbana del municipio, a nivel de manzanas y vías, referenciadas a secciones y sectores urbanos, lo que permite obtener su código DANE completo.

### **3.3.3.3 Cartografía IGAC**

Esta cartografía corresponde a la plancha topográfica 60-I-C que contiene curvas de nivel cada 50 m en escala 1:25000, y la plancha general 60, escala 1:100000, 2008 donde se observa la ubicación general del municipio y la zona urbana, así como las vías de acceso.

### **3.3.3.4 Cartografía e Información Catastral**

La cartografía catastral consultada al municipio corresponde a la realizada en el año 2005 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, un 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 Juan que en este caso es el Vértice MEDE en el municipio de Medellín (Antioquia) a 303 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 adicionales 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 03 de febrero se le hizo un rastreo continuo de 6 horas y 54 minutos controlando paulatinamente la buena recepción de satélites que en nuestro caso oscilo de 15 satélites a más garantizando la precisión de nuestro punto de origen a 6.5 cm de precisión horizontal y 5.2 cm de precisión vertical con respecto a las coordenadas magna-sirgas de Colombia. Simultáneamente se colocaron el GPS-1 que es su señal de azimut de precisión milimétrica al occidente cerca a la calle 34 y otra pareja se coloco para el cierre GPS-3 y GPS-4 con precisiones promedio en horizontal de 4 mm y 10 mm en vertical por la vía de entrada principal al barrio San Juan Oriental.
- 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](http://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
<b>MEDE</b>	X=15796088.4574 Y=-6142783.8307 Z= 684352.4050	06°11'57.85758" -75°34'44.09951"	Elipsoidal: 1553.421 Geométrica: 1528.637 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.



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 arroja los siguientes valores de GPS:

**Tabla 3- 6 Coordenadas Gauss-Krueger Magna-Sirgas origen oeste.**

<b>COORDENADAS GAUSS-KRUGGER MAGNA-SIRGAS ORIGEN OESTE</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>ALTURA ORTOMETRICA (snm)</b>
GPS-1	1461657.835	1061049.374	17.656
GPS-2	1461669.682	1061003.701	17.937
GPS-3	1459987.028	1061780.505	21.318
GPS-4	1459997.250	1061732.503	21.729

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

### 3.3.4.1.3 Equipos Utilizados

- GPS TOPCON HIPER+: Tres equipos de GPS 2 de Doble Frecuencia L1/L2 y uno de una frecuencia L1 Description: 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 Navegador Garmin GPSMAP60Cx**



- b) *Navegador Garmin GPSMAP60Csx*: 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 San Juan en su recorrido de cara a la cabecera municipal evidenciando como su fuerte cauce en épocas de invierno y/o cuando la marea del mar sube inunda el río y socavan sus riveras meándricas. Este ejercicio topográfico es la base de los trabajos de diseño y construcción de las obras de protección, control y mitigación a adelantar en el municipio.

#### **3.3.4.2.2 Metodología**

- a) *Levantamiento Topográfico*: A partir de las bases de salida compuesta por parejas de GPS, se trazaron poligonales con cierre en otras parejas de GPS 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, 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: Municipio de San Juan de Uraba – Antioquia (Colombia)

Longitud: - Sobre el río San Juan en una extensión de 4100m

Características Topográficas: El río se halla en terrenos planos, pero por sus características meándricas y su cercanía al mar se ve afectado cuando sube la marea o cuando llueve en las cabeceras generando erosiones y socavación en las curvas. El pueblo estaba ubicado en la margen oriental del río que es bastante bajo y se inundaba con frecuencia, por lo cual lo reubicaron en el costado oriental que es más alto pero igual

el río continua su proceso erosivo y de socavación en las riveras del río. La vegetación está compuesta en especial por potreros y cultivos de plátano, además presenta árboles nativos dispersos en toda su extensión.

#### **3.3.4.2.3 Equipo utilizado**

- a) *Estación Electrónica Total Geodésica Leica TC1800 y Leica TC407:* 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 realiza un inventario de manzanas de diversas fuentes.

En primera medida, según el mapa DANE se encuentran 102 manzanas como se describe en la Tabla 3- 7. Esta información esta discriminadas por sectores y secciones urbanas, según Código DANE.

**Tabla 3- 7 Manzanas del sector urbano según código DANE.**

MANZANAS DANE - CABECERA URBANA DE SAN JUAN DE URABA								
Dpto.	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	665	199	000	00	000	0001	01	01
05	665	199	000	00	000	0001	01	02
05	665	199	000	00	000	0001	01	03
05	665	199	000	00	000	0001	01	04
05	665	199	000	00	000	0001	01	05
05	665	199	000	00	000	0001	01	06
05	665	199	000	00	000	0001	01	07
05	665	199	000	00	000	0001	01	10
05	665	199	000	00	000	0001	01	11
05	665	199	000	00	000	0001	01	12
05	665	199	000	00	000	0001	01	13
05	665	199	000	00	000	0001	01	14
05	665	199	000	00	000	0001	01	16
05	665	199	000	00	000	0001	01	17
05	665	199	000	00	000	0001	01	18
05	665	199	000	00	000	0001	01	19
05	665	199	000	00	000	0001	01	20
05	665	199	000	00	000	0001	01	21
05	665	199	000	00	000	0001	02	01
05	665	199	000	00	000	0001	02	02
05	665	199	000	00	000	0001	02	04
05	665	199	000	00	000	0001	02	05
05	665	199	000	00	000	0001	02	06
05	665	199	000	00	000	0001	02	07
05	665	199	000	00	000	0001	02	08
05	665	199	000	00	000	0001	02	09
05	665	199	000	00	000	0001	02	10
05	665	199	000	00	000	0001	02	11
05	665	199	000	00	000	0001	02	12
05	665	199	000	00	000	0001	02	13
05	665	199	000	00	000	0001	02	16
05	665	199	000	00	000	0001	02	17
05	665	199	000	00	000	0001	02	18
05	665	199	000	00	000	0001	02	19
05	665	199	000	00	000	0001	02	20
05	665	199	000	00	000	0001	02	21
05	665	199	000	00	000	0001	02	22
05	665	199	000	00	000	0001	02	23
05	665	199	000	00	000	0001	02	24
05	665	199	000	00	000	0001	02	25
05	665	199	000	00	000	0001	02	26
05	665	199	000	00	000	0001	02	27
05	665	199	000	00	000	0001	03	01

05	665	199	000	00	000	0001	03	02
05	665	199	000	00	000	0001	03	03
05	665	199	000	00	000	0001	03	04
05	665	199	000	00	000	0001	03	05
05	665	199	000	00	000	0001	03	06
05	665	199	000	00	000	0001	03	07
05	665	199	000	00	000	0001	03	08
05	665	199	000	00	000	0001	03	09
05	665	199	000	00	000	0001	03	10
05	665	199	000	00	000	0001	03	12
05	665	199	000	00	000	0001	03	13
05	665	199	000	00	000	0001	03	14
05	665	199	000	00	000	0001	04	02
05	665	199	000	00	000	0001	04	03
05	665	199	000	00	000	0001	04	04
05	665	199	000	00	000	0001	04	05
05	665	199	000	00	000	0001	04	06
05	665	199	000	00	000	0001	04	07
05	665	199	000	00	000	0001	04	10
05	665	199	000	00	000	0001	04	11
05	665	199	000	00	000	0001	04	12
05	665	199	000	00	000	0001	04	13
05	665	199	000	00	000	0001	04	14
05	665	199	000	00	000	0001	05	01
05	665	199	000	00	000	0001	05	02
05	665	199	000	00	000	0001	05	03
05	665	199	000	00	000	0001	05	04
05	665	199	000	00	000	0001	05	05
05	665	199	000	00	000	0001	05	06
05	665	199	000	00	000	0001	05	07
05	665	199	000	00	000	0001	05	08
05	665	199	000	00	000	0001	05	09
05	665	199	000	00	000	0001	05	10
05	665	199	000	00	000	0001	05	11
05	665	199	000	00	000	0001	05	12
05	665	199	000	00	000	0001	05	13
05	665	199	000	00	000	0001	05	14
05	665	199	000	00	000	0001	05	15
05	665	199	000	00	000	0001	05	16
05	665	199	000	00	000	0001	05	17
05	665	199	000	00	000	0001	05	18
05	665	199	000	00	000	0001	06	01
05	665	199	000	00	000	0001	06	02
05	665	199	000	00	000	0001	06	03
05	665	199	000	00	000	0001	06	04
05	665	199	000	00	000	0001	06	05
05	665	199	000	00	000	0001	06	06
05	665	199	000	00	000	0001	06	07

05	665	199	000	00	000	0001	06	08
05	665	199	000	00	000	0001	06	10
05	665	199	000	00	000	0001	06	11
05	665	199	000	00	000	0001	07	02
05	665	199	000	00	000	0001	07	03
05	665	199	000	00	000	0001	07	05
05	665	199	000	00	000	0001	07	06
05	665	199	000	00	000	0001	07	07
05	665	199	000	00	000	0001	07	10
05	665	199	000	00	000	0001	07	14

Por otro lado, del plano catastral se identificaron 100 manzanas debidamente enumeradas, pero que para efectos del desarrollo del presente documento no se puede asociar a ningún tipo de información consultada, porque tanto la información DANE como SISBEN asociaron la información a la numeración de manzana DANE.

Ya que la información DANE tanto en distribución espacial como en numeración es más útil, se toma como base de trabajo para los posteriores análisis de vulnerabilidad. Para trabajar con códigos resumidos, se le asignó un código de trabajo que consta de dos letras "SJ\_", Iniciales de San Juan, y los cuatro últimos dígitos de código DANE, completados en algunos casos donde eran inexistentes.

**Tabla 3- 8 Numeración de las manzanas DANE contempladas dentro del área de estudio**

SJ_0114	SJ_0518	SJ_0603	SJ_0612	SJ_0705
SJ_0116	SJ_0520	SJ_0604	SJ_0613	SJ_0706
SJ_0213A	SJ_0521	SJ_0605	SJ_0614	SJ_0707
SJ_0213B	SJ_0522	SJ_0606	SJ_0615	SJ_0708
SJ_0226	SJ_0523	SJ_0607	SJ_0616	SJ_0709
SJ_0227	SJ_0525	SJ_0608	SJ_0702	SJ_0710
SJ_0314A	SJ_0601	SJ_0610	SJ_0703	SJ_0714
SJ_0412	SJ_0602	SJ_0611	SJ_0704	

### 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 (2006) 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 C-2725	2004	1:8.800	112 - 115
IGAC R-735	1976	1:9.300	345 - 347

Fisiográficamente, la cabecera municipal de San Juan de Urabá se encuentra asentada sobre un amplio valle aluvial compuesto por una serie de depósitos aluviales subcrecientes, depositados en un ambiente transicional de litoral. Se distinguen al menos cinco niveles de terrazas aluviales, formadas por el río San Juan en sus diferentes etapas de incisión del valle. El área urbana, localizada en la margen occidental del río se presenta con un sector principal alargado en dirección NE y dos barrios de extensión subordinada, Pueblo Chino y Pueblo Mocho, éste último localizado en la margen oriental del San Juan.

#### 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 y en ella se identifica una sola unidad geológica para los alrededores inmediatos de San Juan de Urabá, que genéricamente se le clasifica como aluvión cuaternario, compuesto por gravas, arenas y limos no consolidados de origen por depositación aluvial.

Para efectos de este estudio, se realizó un trabajo en mayor detalle que incluyó fotointerpretación detallada y verificación de campo para las diferentes unidades que corresponden a diferentes niveles de terrazas y por esta razón se le denomina mapa geológico – geomorfológico de San Juan de Urabá, donde estratigráficamente se diferenciaron cinco niveles de terrazas aluviales (Figura 3- 3).

##### 3.4.1.1 Terraza cero (T0).

Es el nivel inferior de depositación aluvial del río San Juan, inundable al menos anualmente y por esta razón carece de vegetación arbustiva; en éste nivel se desarrollan únicamente algunos pastos y rastrojo colonizador bajo. Presenta dimensiones reducidas, de menos de 200 m de longitud y 100 de ancho. Su altura sobre el nivel de aguas medias no sobrepasa 1 m y se compone de limos y arenas finas.

Por su cercanía al litoral, muestra a veces láminas delgadas arcillosas que se depositan posiblemente en episodios de marejadas (pujas). La acumulación reciente de materiales por sucesivas inundaciones no han permitido la formación de horizontes A y B de suelos y

en consecuencia, su composición es areno – limosa con mínimo contenido de materia orgánica, de color pardo claro y sin ninguna compactación.

### 3.4.1.2 Terraza uno (T1).

Se trata de un nivel intermedio, completamente plano y de extensión mayor que el anterior, en partes formando planicies de más de 250 m de ancho y 500 m de longitud como en el caso de la margen derecha del río, aguas abajo del casco urbano (Figura 3-4). Su altura sobre el nivel de aguas medias del río es del orden de tres metros y de acuerdo con el testimonio de habitantes de las riveras, se inunda con una recurrencia aproximada de 5 años, con la salvedad de los últimos tres, en los cuales ha permanecido inundado por más de medio día.



Figura 3- 3 Mapa geológico y geomorfológico de San Juan de Urabá



**Figura 3- 4 Aspecto general de la terraza T1, periódicamente inundable, se aprecia la socavación severa de sus márgenes.**

El depósito que conforma la terraza se compone de una sucesión monótona de estratos centimétricos a milimétricos de arenas finas, limos y en menor proporción arcillas, que forman una masa de color pardo claro, ligeramente compacta bajo condiciones secas, pero relativamente blanda en estado de saturación (menos de 1.5 kg/cm<sup>2</sup> al penetrómetro de mano). De manera similar a lo que ocurre con la terraza más baja, las sucesivas inundaciones no han permitido el desarrollo de horizontes de suelo A y B en la parte superior del suelo, encontrándose ellos en estado inmaduro, donde el horizonte A, de unos 10 cm de espesor tiene un color pardo claro, ligeramente grisáceo por cantidades subordinadas de materia orgánica, mientras el B se hace difícil de diferenciar por su color y solamente una ligera compactación por arcillas lo distingue del depósito aluvial.

La destrucción de la vegetación nativa existente en las márgenes para el aprovechamiento del terreno con sembrados de palma de coco y banano, destruyó a su paso la vegetación protectora de las márgenes, lo que ha hecho sumamente vulnerable a la terraza T1 a la socavación de sus márgenes aún en temporadas de crecientes moderadas (Figura 3- 4).

Por su carácter inundable y la fragilidad a los procesos de socavación, no se debe permitir ningún asentamiento futuro en esta zona. Su uso principal debe ser agropecuario con márgenes protectoras.

#### **3.4.1.3 Terraza dos (T2).**

En la margen derecha del río San Juan, lo que incluye a la parte oriental de Pueblo Mocho y en la margen izquierda y a un sector localizado hacia el sur de Pueblo Chino, se

presenta este nivel de terraza que alcanza una altura aproximada de 6 metros sobre el nivel de aguas medias del río. El material que la compone es el mismo de las terrazas anteriores, es decir, arenas finas y limos con cantidades subordinadas de arcillas que le aportan cohesión a la masa total.

En este nivel se aprecia una mejor formación de los horizontes A y B, aunque siguen siendo relativamente inmaduros, tal como lo indican su espesor total menor de 20 cm y el color pardo a gris pálido del horizonte A (Figura 3- 5). Parte de este nivel se inundó con menos de 30 cm de agua en la temporada lluviosa del final de año de 2011, lo que permite afirmar que ella es inundable con intervalos de recurrencia del orden de 20 años o más. Algunos de los habitantes consultados dicen no recordar inundación total de Pueblo Mocho, pero esto puede deberse a que algunas viviendas se encuentran en zonas de llenos.



**Figura 3- 5 Perfil de suelos de la terraza 2, se observa el color claro del horizonte A.**

Dadas las condiciones de inundable, la terraza T2, a pesar de tener un apreciable número de viviendas como las de Pueblo Mocho y Pueblo Chino, debe ser objeto de prohibición de nuevas construcciones, si se tiene en cuenta que la terraza T3, donde se asienta la mayor parte urbana de la población, cuenta con un área suficiente para albergar una ciudad más de 20 veces mayor que la actual.

**Escarpe dos (E2).** Algunos sectores de la terraza dos (T2), han sido erosionados parcialmente durante crecientes excepcionales tan antiguas que no se tiene registro de ellas, pero podrían tener un recurrencia del orden de 100 a 500 años. El tipo de erosión que las ha afectado ha sido similar al que se produce en las márgenes actuales del río, es decir, colapsos y cárcavas, lo que ha generado una superficie irregular, ligeramente más baja que la terraza original. Estos sitios se presentan en cercanías al terraplén del puente

en Pueblo mocho, al oriente de Pueblo Chino. En estos sectores, con mayor razón que en la T2, se debe impedir la urbanización futura.

#### 3.4.1.4 Terraza tres (T3).

La parte urbana más importante de San Juan de Urabá ocupa esta terraza, la cual alcanza unos 20 a 23 metros con respecto al nivel medio del río San Juan, La terraza se extiende por más de 20 Km. Desde la desembocadura del río San Juan en dirección al suroeste, donde alcanza más de 5 km. de ancho. El depósito respectivo tiene un espesor del orden de 4 m., el cual reposa sobre rocas sedimentarias de la Formación Paujil (Ngp), de edad neógena (INGEOMINAS 2002), caracterizadas en el sector costero de la terraza por intercalaciones centimétricas a decimétricas de areniscas, limolitas y lutitas que se encuentran plegadas a estratos casi verticales (Figura 3- 6).



**Figura 3- 6 Depósito aluvial de la terraza T3 que cubre rocas de la Formación Paujil.**

El depósito aluvial presenta hacia la base una notoria acumulación de conchas marinas, las cuales disminuyen hacia superficie, mientras que la masa principal se compone de una sucesión de arenas, limos y arcillas interestratificados a la escala de centímetros, de color pardo claro y baja cohesión por la menor proporción de las últimas. Se puede considerar este depósito como originado en un ambiente de estero, donde existen aportes aluviales y marinos. Los suelos que cubren el depósito alcanzan una madurez moderada a baja por aportes aluviales, con espesores de los horizontes A y B del orden de 10 a 15 cm, lo que puede indicar una edad de unos miles de años (holoceno), edad que se corrobora con una datación radiométrica realizada en C<sup>14</sup> por Woodward Clyde Consultants –W.W.C. en 1981 (Caballero, 1991), la cual dio una edad de 8975±210 años.

**Escarpe tres (E3).** El depósito correspondiente a la terraza T3 se encuentra erosionado en dirección al río San Juan, formando una superficie inclinada, relativamente suave, con pendientes del orden de 20 a 35%, que se denomina E3 para este trabajo. Esta zona presenta una amplitud bastante regular, del orden de 60 a 80 metros y sigue una dirección relativamente recta con orientación N 20 E, coincidiendo con la falla San Juan, que se encontraría por debajo de la terraza T1.

Considerando el escarpe como una degradación de la terraza, se puede afirmar que la evolución de éste se ha debido en parte a cárcavas y movimientos en masa, cicatrices de los cuales se observan fácilmente en aerofotografías y se señalan en el mapa geológico y geomorfológico respectivo (Figura 3- 3). El escarpe, de acuerdo con WWC (1981, en Caballero, 1991) se debe al movimiento de la Falla San Juan.

### **3.4.2 Geología Estructural.**

En la zona urbana de San Juan de Urabá, los estudios geológicos han definido una falla que ha tenido actividad importante en los últimos miles de años, denominada Falla San Juan, a la cual se le atribuye el desnivel existente entre Pueblo Mocho y el casco urbano principal, es decir el desnivel entre las terrazas T2 y T3, lo que obligó al río San Juan a deflectar su curso original hacia el norte (Caballero, 1991).

La existencia de esta falla en el casco urbano de San Juan obliga a las autoridades a limitar la urbanización e infraestructura de la población hacia el escarpe, pues seguramente el día que la falla presente algún movimiento, este sector será el más severamente afectado.

### **3.4.3 Procesos morfodinámicos**

Basados en las observaciones de campo y en la interpretación de fotografías aéreas, se describen los procesos morfodinámicos existentes en el casco urbano del municipio de San Juan de Urabá. Estos procesos se dividen en dos grupos principales: procesos erosivos y procesos de remoción en masa.

#### **3.4.3.1 Procesos erosivos**

La erosión se define como la degradación y el transporte de material o sustrato del suelo, por medio de un agente dinámico, como son el agua, el viento, el hielo o la temperatura. En función del agente erosivo o del proceso de avance la erosión puede presentarse de diferentes formas, afectando así mismo áreas y profundidades diferentes de suelo o roca. Los procesos erosivos observados en San Juan de Urabá se presentan por acción hídrica de la corriente y por aguas lluvias. A continuación se describen los diversos procesos.

##### **3.4.3.1.1 Erosión lateral de márgenes**

La acción de la corriente del río San Juan ha generado erosión lateral de las márgenes, la cual comprende la exposición del material, la pérdida de material en la zona baja y media

de la margen por acción continua del agua del río, la caída de material de la zona superior. En algunos casos la erosión es mayor en la zona superior de la margen por la presencia de lentes arenosos. Esta erosión lateral se presenta en tres grados de actividad: bajo, medio o gran avance; las zonas de gran avance son principalmente los sectores externos del río donde existen meandros, las zonas de medio avance son los tamos internos de meandros o rectas y las zonas de bajo avance son tramos de baja curvatura y con protección de vegetación.



**Figura 3- 7 Erosión lateral de márgenes.**

#### **3.4.3.1.2 Erosión en Cárcavas**

La acción de las aguas lluvias en material predominantemente arenosos han generado la presencia de cárcavas de mediana profundidad pero con avance constante. Las zonas afectadas se encuentran presentes en la zona superior del escarpe tres o zona contigua a la falla de San Juan.



**Figura 3- 8 Erosión en cárcavas observada en fotografía aérea**

#### **3.4.3.1.3 Escarpes erosivos**

Son zonas de alta pendiente presentes en el escarpe tres, generalmente con presencia de bloques de roca y con poca vegetación. En este sector la acción hídrica en discontinuidades y suelos residuales de poco espesor generan relajamiento de esfuerzos y por ende puede presentarse caída de rocas o desplome de material.



**Figura 3- 9 Escarpes erosivos observados en fotografía aérea**

#### **3.4.3.2 Fenómenos de remoción en masa**

Los fenómenos de remoción en masa existentes en la zona consisten en deslizamientos de dos grados de actividad: activos y antiguos.

### 3.4.3.2.1 Deslizamientos activos

Son procesos ubicados sobre el escarpe tres y los cuales se activan en temporada invernal. Estos procesos son asociados al retiro antrópico de la vegetación natural y la alta meteorización del suelo superficial. En algunos casos la corriente del río San Juan puede contribuir a la aceleración del proceso cuando socava la zona inferior de la margen contigua a la terraza tres. La figura muestra el detalle de la foto aérea con los procesos observados en el barrio Brisas del Río - Dos de Abril.



Figura 3- 10 Deslizamientos activos observados en fotografía aérea

### 3.4.3.2.2 Deslizamientos antiguos

Ubicados en el escarpe de la terraza 3, son procesos que se observan en fotografías aéreas y están asociados a la actividad de la Falla San Juan; sus cicatrices muestran movimientos de grandes áreas donde actualmente existe intervención tipo cultivos (uso del suelo), lo cual puede desencadenar un nuevo fenómeno.



Figura 3- 11 Deslizamientos antiguos observados en fotografía aérea

### **3.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA**

El municipio de San Juan de Urabá se localiza al nor occidente del Departamento de Antioquia. La mayor parte del centro poblado se encuentra en la margen izquierda del río San Juan, a menos de dos kilómetros de la desembocadura de éste al océano Atlántico.

El río San Juan se ha constituido en algunas oportunidades en factor de amenaza para la población por efecto de las inundaciones por el desbordamiento de sus aguas, en particular las ocurridas en los últimos años.

El flujo del río está gobernado en la parte baja de su curso por los niveles del mar y por la pendiente baja de su cauce. La ocurrencia de caudales de cierta magnitud aunada a esta circunstancia, contribuye a los fenómenos de inundación por desbordamiento, que en los últimos años han afectado de manera significativa a conglomerados humanos asentados cerca de sus riberas. El presente estudio tiene como objetivo principal la determinación del grado de amenaza por efecto de inundaciones a que está sometida la población, para cuyo logro se han adelantado análisis y trabajos especiales en diferentes áreas de la Ingeniería, entre otras.

La determinación del grado de amenaza por inundaciones requiere de análisis particulares en los campos de la hidrología y la hidráulica, tales que permitan por una parte, caracterizar el régimen de avenidas del río, y por otra, establecer los niveles del agua correspondientes a las avenidas de diferentes probabilidades de ocurrencia o períodos de retorno. Estos análisis exigen, por su parte, de información sobre los caudales máximos del río, representada en series de longitud que permitan la obtención de resultados confiables.

En los párrafos siguientes se hace una descripción de los análisis y trabajos adelantados y se presentan los resultados obtenidos en los campos de la hidrología e hidráulica.

#### **3.5.1 Recopilación y análisis de la información existente**

##### **3.5.1.1 Cartografía**

La cartografía consultada y analizada corresponde a los planos existentes a escalas 1:25000 y 1:100000, los cuales fueron consultados en el IGAC y proveen información de los años 1981 y 2004 respectivamente. Sobre esta cartografía se ubicaron las estaciones meteorológicas y se midieron las distancias entre puntos de interés, trabajos necesarios para la obtención de precipitaciones y caudales de diseño.

##### **3.5.1.2 Hidrometeorología**

La red de observación hidrométrica del río San Juan consta de tres estaciones denominadas El Carmelo, La Candelaria y Hacienda La Laja, localizadas en este orden hacia aguas abajo. La estación de medición más cercana a la población de San Juan es la de La Laja. La información disponible en el IDEAM sobre los caudales de estas

estaciones es pobre, ya que solamente se tiene información para el período 1978 a 1994. Esto implica el desconocimiento total de la magnitud de las crecientes ocurridas durante los años de 2010 y 2011, las cuales, de acuerdo con los residentes fueron extraordinarias.

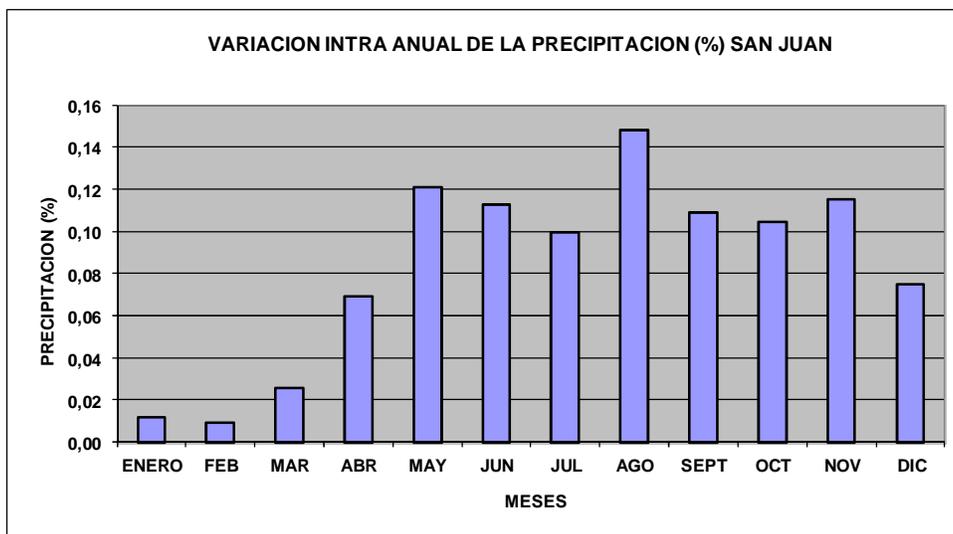
Debido igualmente a la carencia de información no fue posible establecer las características del clima del área. Solamente se dispuso de información sobre el régimen de precipitaciones en la estación pluviométrica de La Laja en San Juan de Urabá.

### 3.5.2 Climatología e Hidrología

Tal como se citó antes, no fue posible adelantar la caracterización del clima del área de interés, debido a la carencia de información climatológica. Tan sólo fue posible establecer algunos aspectos relacionados con la precipitación mensual, de la cual se dispone de información para el período 1990 – 2003. De acuerdo con la serie de información, la precipitación media anual multianual es de 2020 mm. La distribución dentro del año presenta una distribución prácticamente unimodal, con valores bajos durante los primeros cuatro meses del año, a partir de los cuales se presentan las mayores precipitaciones, con el mes de agosto como el más lluvioso. En la tabla 9 siguiente se aprecian los valores medios mensuales y anuales multianuales y en la Figura 3- 12 Variación intraanual de la precipitación (%). Figura 3- 12 se presenta la distribución dentro del año.

**Tabla 3- 9 valores totales medios mensuales multianuales de precipitación -estación La Laja**

ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTIEM	OCTUB	NOVIEMB	DICIEMB	TOTAL
24.1	18.5	51.0	139.2	244.5	227.9	201.0	299.7	220.3	210.9	233.3	150.6	ANUAL
												2020.9

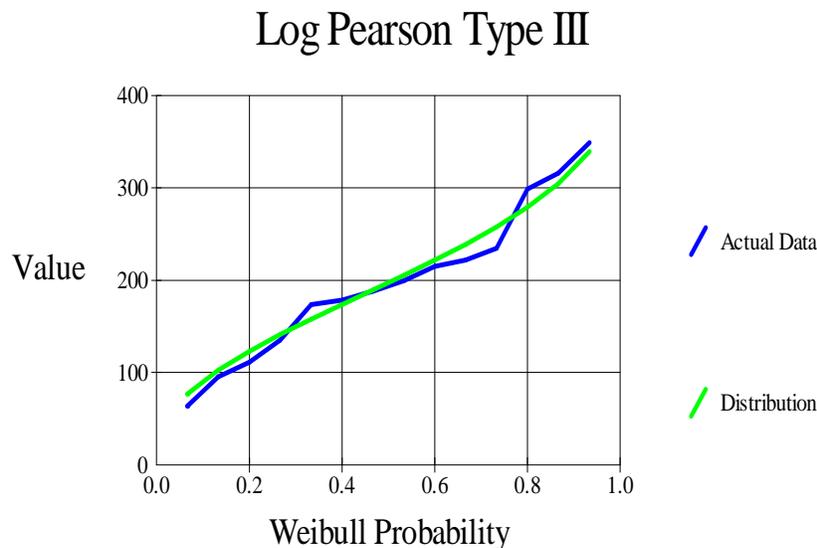


**Figura 3- 12 Variación intraanual de la precipitación (%).**

Como se anotó antes, las series de caudales máximos en las estaciones de observación tan sólo llegan al año 1994 y exhiben períodos de tan sólo 17 años de registro, con lo cual no se dispone de información sobre los eventos de caudales extremos de 2010 y 2011.

El grado de amenaza por inundaciones causadas por desbordamiento del río se establece de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia de avenidas o de crecientes de magnitud tal que afecten a la población de manera más o menos severa. La probabilidad o recurrencia de estos eventos se obtiene mediante el análisis de frecuencia de las series de información sobre caudales máximos. Dentro de este orden de ideas, la serie de caudales máximos de la estación La Laja se sometió a análisis de frecuencia mediante su ajuste a distribuciones teóricas. El mejor ajuste se obtuvo para la distribución Log Pearson Tipo III, mostrada en la siguiente Figura 3- 13. A partir de esta distribución se obtuvieron los valores de caudal máximo para diferentes recurrencias, tal como se muestra en el Cuadro que se presenta después de la gráfica de distribución.

De acuerdo con la definición de amenaza, para esta área se toma como de grado alto, la correspondiente a caudales máximos de recurrencia dos años; amenaza media la producida por caudales de recurrencia entre 2 y 20 años y baja para los que tienen período de retorno mayor de 20 años. En consecuencia, según los resultados del análisis de frecuencia, mostrados en el cuadro, los caudales tendrían magnitudes de 197,300 y 350 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Para caudales con estas magnitudes se determinarán los niveles de agua correspondientes y las áreas afectadas por la inundación que los mismos producirán, mediante la aplicación de metodologías hidráulicas que se describen más adelante.



**Figura 3- 13 Ajuste de caudales con distribución Log Pearson Tipo III.**

**Tabla 3- 10 Caudales máximos de la recurrencia indicada río San Juan Hda La Laja**

PROBABILIDAD	RECURRENCIA	CAUDAL	DESVIACION
%	AÑOS	MAXIMO (m <sup>3</sup> /s)	ESTANDAR
0.995	200	415.9	171.6
0.99	100	401.2	137.2
0.98	50	382.8	103.5
0.96	25	359.9	71.9
0.9	10	320.0	39.4
0.8	5	278.9	30.9
0.667	3	239.0	32.4
0.5	2	197.3	32.0

### 3.5.3 Hidráulica

La definición de los niveles alcanzados por las aguas de creciente del río San Juan en la localidad de San Juan de Urabá se adelantó mediante la aplicación del programa HEC RAS 4.1 del US ARMY CORPS OF ENGINEERS, para flujo permanente.

La utilización de este programa exige información básica relacionada con el río mismo, en cuanto se refiere a la geometría de la sección de flujo en secciones localizadas a lo largo del tramo que se analiza, la rugosidad del lecho y de la planicie de inundación, la pendiente del río y el caudal de diseño.

Para proveer la información se adelantaron trabajos topográficos de detalle, mediante los cuales se levantaron secciones transversales al flujo las cuales permitieron establecer la geometría del canal en tramos separados cincuenta metros. Adicionalmente, se determinó la pendiente de la superficie del agua y la rugosidad del lecho.

La información sobre el caudal se obtuvo de los análisis hidrológicos a los cuales se hizo mención antes. Los valores de rugosidad se estimaron con ayuda de la metodología de Barnes. Los valores adoptados tanto para el lecho como para la planicie de inundación, con base en su forma y elementos que la conforman, fueron 0,03. Introducidos estos datos básicos al modelo, se corrió el programa. El resultado producido muestra que no se produce desbordamiento a lo largo del tramo de cuatro kilómetros tomado para análisis.

El resultado anterior es similar al obtenido con la información precaria suministrada por el IDEAM en los estudios adelantados en el municipio de San Pedro. En ambos casos, tan sólo se dispone de información en las tres estaciones hidrométricas sobre el río, hasta el año de 1994, por lo cual, aunque se tiene la evidencia de la ocurrencia de inundaciones en los años de 1996, 2005, 2008, 2010 y 2011, se desconoce la magnitud de los caudales que las originaron.

Dada la circunstancia de la carencia de información, se recurrió a encontrar la correlación entre los valores de caudal máximo anual registrado en las estaciones de El Carmelo con La Candelaria y los de ésta con los de La Laja El objetivo perseguido fue el encontrar, a partir del caudal definido como el que generó la inundación en San Pedro, 118 m<sup>3</sup>/s, el

correspondiente en La Candelaria y en La Laja. Una vez establecido su valor, tomarlo como dato de entrada al modelo y verificar los niveles de respuesta con los observados en el campo.

En las gráficas de correlación que se observan enseguida, es claro que el coeficiente de determinación de la correlación entre El Carmelo y La Candelaria es bajo, 0,18, por lo cual se ensayó la generación de los caudales de La Laja a partir de la ecuación de correlación entre los caudales de ésta estación y los de El Carmelo, cuyo coeficiente de determinación es mucho mayor. El resultado fue un caudal de magnitud superior a los 1300 m<sup>3</sup>/s, valor poco probable, dada la diferencia en la extensión de las cuencas respectivas, cuyos valores se anotan enseguida.

ESTACIÓN	ÁREA DE LA CUENCA (KM <sup>2</sup> )
El Carmelo	823
La Candelaria	988
La Laja	1307

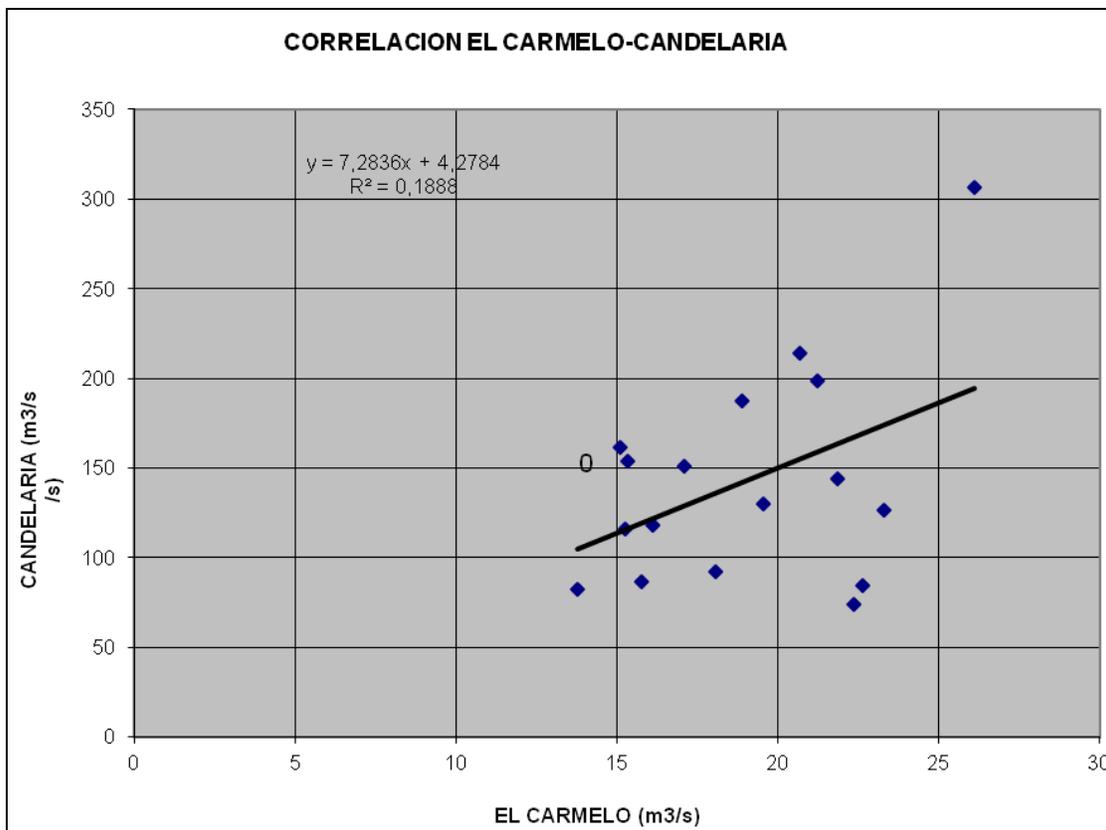


Figura 3- 14 Correlación de caudales El Carmelo – La Candelaria

Dados los resultados anteriores, se determinó generar el caudal en La Candelaria, correspondiente al caudal de desbordamiento en San Pedro tomado como 118 m<sup>3</sup>/s en El Carmelo y con base en el mismo, generar el de La Laja y correr el modelo para verificar los niveles de agua obtenidos con los observados en la inundación de 2011.

El caudal resultante para la estación hidrométrica de La Laja fue de 940 m<sup>3</sup>/s, valor para el cual se corrió el modelo.

De la comparación de los niveles observados con los producidos por el modelo para el caudal de 940 m<sup>3</sup>/s, se llega a la conclusión de que el caudal adoptado para simular la inundación está dentro del orden de magnitud del que originó la inundación del año 2011.

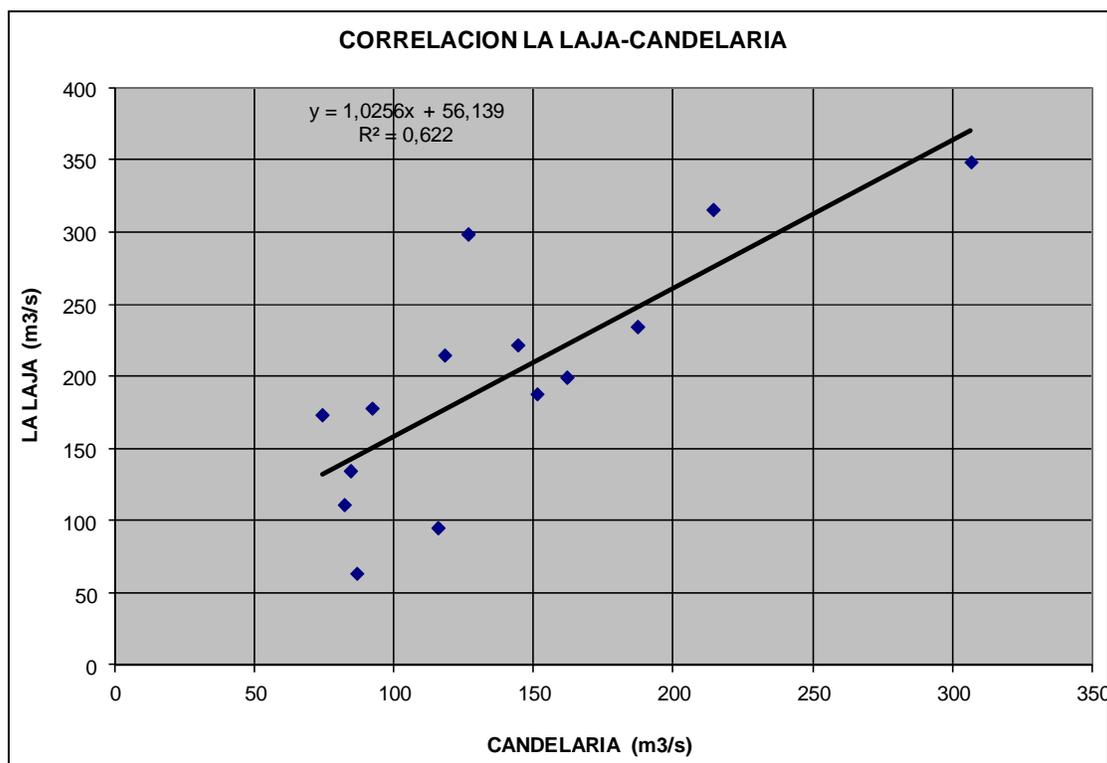


Figura 3- 15 Correlación de caudales La Laja – La Candelaria

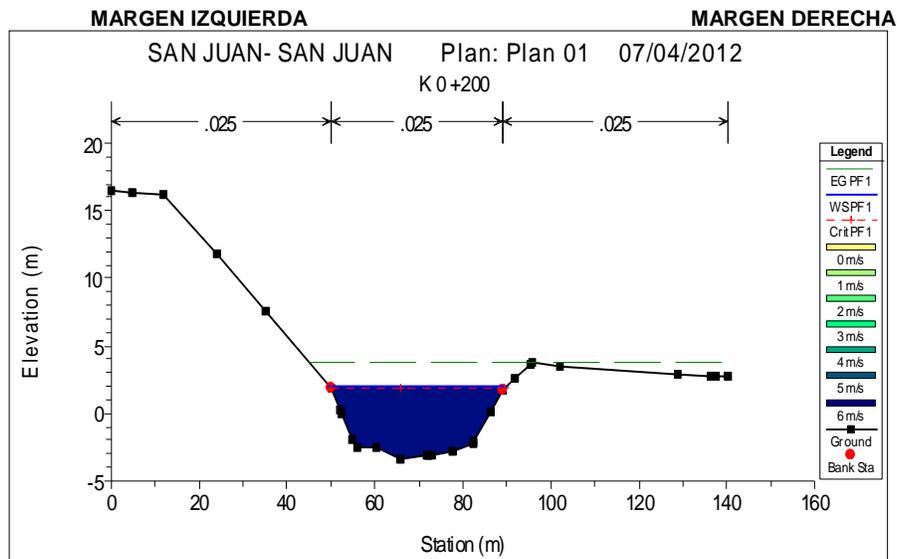
Si tenemos en cuenta que la población ha sido afectada por el fenómeno de inundación en ocho oportunidades en los últimos cuarenta años, basados en los registros que al respecto se obtuvieron de las autoridades municipales, podemos afirmar que, en promedio, este tipo de eventos tiene una recurrencia de ocho años, y, en consecuencia, de acuerdo con la definición de los grados de amenaza, ésta sería de grado medio para la población de San Juan.

Con base en los resultados producidos por el modelo sobre el nivel del agua en las diferentes secciones de flujo a lo largo del tramo de río analizado se elaboró el plano No 10 en el cual se aprecian las áreas afectadas por la inundación causada por este tipo de crecientes del río.

Si se analiza la variación de los niveles en las diferentes secciones de flujo, en particular las que se localizan aguas arriba de la K2 +000, es decir, al sureste de la población, se puede apreciar que toda el área sobre la margen derecha del río se localiza por debajo o a cotas iguales a los 6,000 msnm y que la cota de las aguas desbordadas hacia aguas abajo de la sección K 3 +700 corresponde una elevación de siete metros sobre el nivel del mar o algo más, esto lleva a concluir que la inundación del área poblada en cercanías de la orilla derecha proviene de aguas arriba del final de la curva localizada en la sección K 2 + 650.

Por otra parte, al analizar la información resultante sobre la velocidad de flujo, se aprecia que ésta en el canal principal alcanza en algunos sectores los tres metros por segundo y en la planicie de inundación supera los 0,70 m/s. Velocidades de flujo de esta magnitud se constituyen igualmente en amenaza para la población. Los valores sobre la variación de la velocidad y las cotas de la superficie del agua durante la inundación se pueden apreciar en las gráficas de las secciones transversales que, a manera de muestra, se presentan más adelante

En la Tabla 3- 11 se pueden apreciar las características principales del flujo en las secciones tomadas para el análisis.



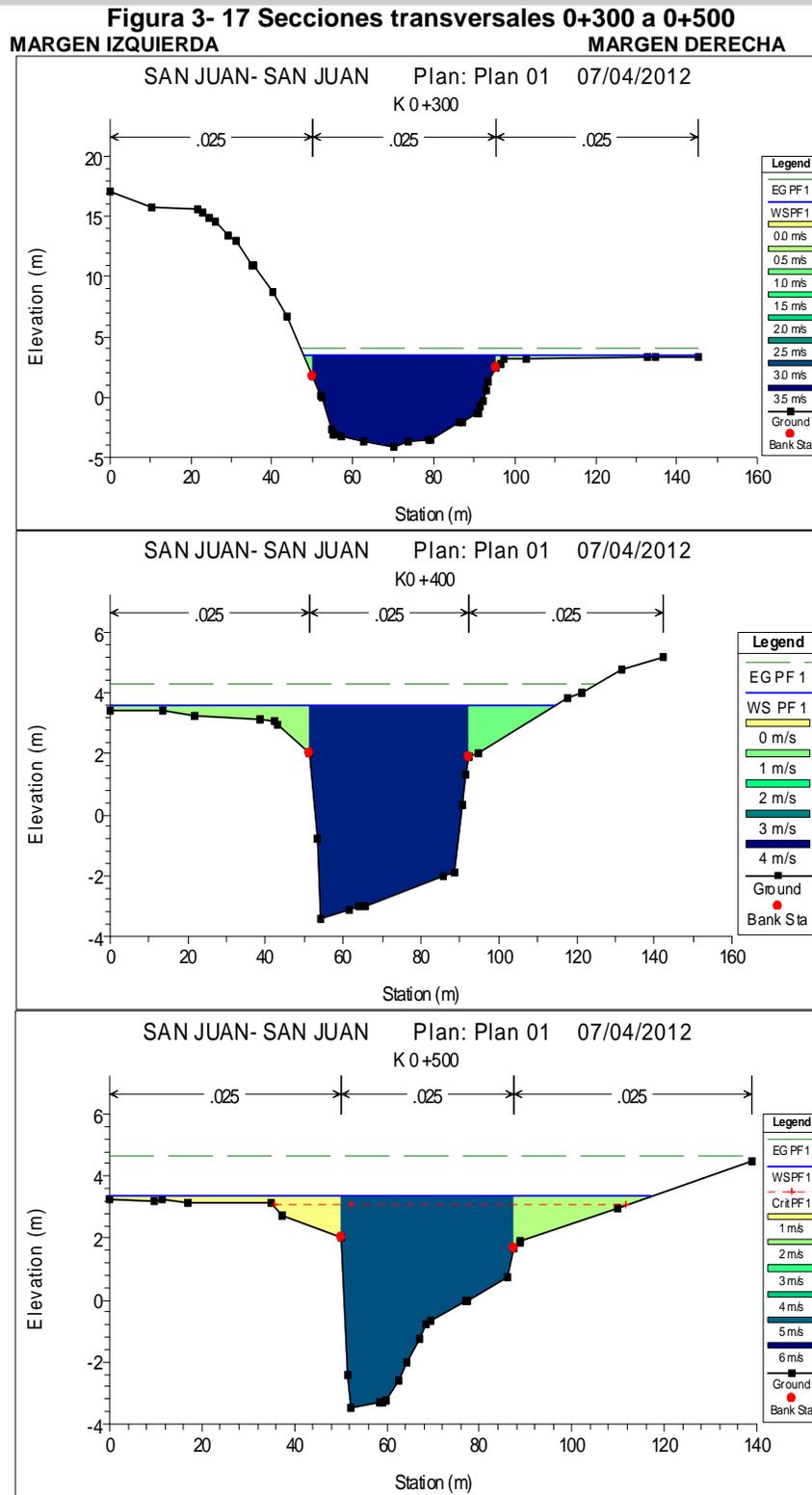
**Figura 3- 16 Secciones transversales 0+200**

**Tabla 3- 11 Caudales máximos de la recurrencia 20 años río San Juan Hda La Laja**

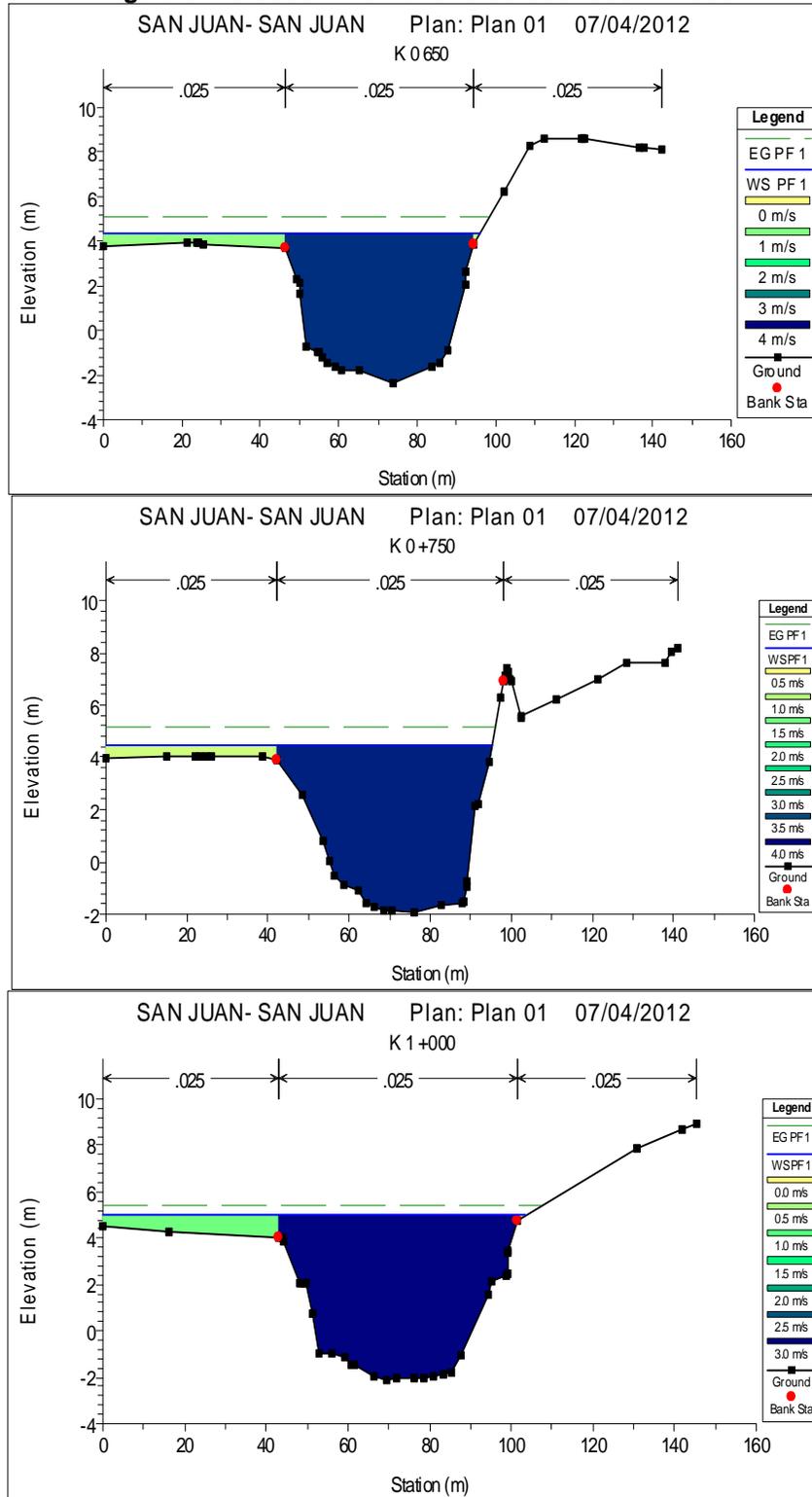
TRAMO	SECCIÓN	Q TOTAL (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	ÁREA DE FLUJO (m2)	ANCHO DE SECCIÓN (m)	NUMERO DE FROUDE
SAN JUAN	4000	940	-1.03	7.34	2.55	420.07	93.58	0.32
SAN JUAN	3950	940	-1.03	7.28	2.73	395.51	86.27	0.35
SAN JUAN	3900	940	-1.06	7.25	2.75	391.23	88.92	0.35
SAN JUAN	3850	940	-1.10	7.20	2.79	383.80	89.44	0.36
SAN JUAN	3800	940	-1.14	7.16	2.83	386.54	128.91	0.36
SAN JUAN	3750	940	-1.05	7.14	2.82	401.49	133.80	0.36
SAN JUAN	3700	940	-0.85	7.10	2.88	394.53	132.59	0.37
SAN JUAN	3650	940	-0.86	7.13	2.67	434.71	134.91	0.34
SAN JUAN	3600	940	-0.91	7.17	2.37	492.02	132.20	0.30
SAN JUAN	3550	940	-0.61	7.04	2.74	425.28	131.44	0.35
SAN JUAN	3500	940	-0.86	7.04	2.59	423.70	114.69	0.34
SAN JUAN	3450	940	-0.91	7.07	2.31	462.33	109.15	0.30
SAN JUAN	3400	940	-1.04	7.07	2.21	473.40	92.77	0.28
SAN JUAN	3350	940	-0.45	6.89	2.89	373.70	85.19	0.38
SAN JUAN	3300	940	-0.53	6.78	3.10	350.65	122.23	0.42
SAN JUAN	3250	940	-0.48	6.76	3.05	380.92	129.81	0.41
SAN JUAN	3200	940	-0.24	6.72	3.10	376.24	130.78	0.42
SAN JUAN	3150	940	-0.75	6.76	2.67	441.55	158.19	0.36
SAN JUAN	3100	940	-0.95	6.50	3.28	322.60	119.03	0.44
SAN JUAN	3050	940	-2.40	6.47	3.28	320.72	87.22	0.43
SAN JUAN	3000	940	-1.95	6.53	2.84	367.41	97.68	0.37
SAN JUAN	2950	940	-1.09	6.51	2.80	371.68	125.33	0.37
SAN JUAN	2900	940	-1.00	6.48	2.84	384.84	138.91	0.38
SAN JUAN	2850	940	-0.67	6.42	2.94	384.84	139.31	0.40
SAN JUAN	2800	940	-0.94	6.39	2.95	384.84	137.76	0.40
SAN JUAN	2750	940	-0.95	6.29	3.15	384.84	136.32	0.43
SAN JUAN	2700	940	-0.95	6.25	3.12	384.84	138.46	0.41
SAN JUAN	2650	940	-0.55	6.23	3.10	384.84	138.88	0.43
SAN JUAN	2600	940	-0.39	6.31	2.60	384.84	145.02	0.35
SAN JUAN	2550	940	-0.61	6.22	2.76	384.84	135.09	0.39
SAN JUAN	2500	940	-1.54	6.14	2.90	384.84	113.78	0.38
SAN JUAN	2450	940	-1.32	6.01	3.19	384.84	135.21	0.43
SAN JUAN	2400	940	-1.10	6.04	2.92	384.84	139.89	0.39
SAN JUAN	2350	940	-0.78	6.07	2.67	384.84	142.11	0.37
SAN JUAN	2300	940	-0.61	6.00	2.88	384.84	141.14	0.40
SAN JUAN	2250	940	-1.00	5.95	2.89	384.84	138.97	0.41
SAN JUAN	2200	940	-0.89	5.91	2.88	384.84	137.36	0.44
SAN JUAN	2150	940	-0.72	5.81	3.08	384.84	139.59	0.43
SAN JUAN	2100	940	-0.64	5.94	2.30	384.84	171.64	0.31
SAN JUAN	2050	940	-0.80	5.93	2.11	384.84	161.05	0.31
SAN JUAN	2000	940	-1.47	5.94	1.94	384.84	179.50	0.27
SAN JUAN	1950	940	-3.05	5.86	2.26	384.84	157.52	0.28
SAN JUAN	1900	940	-2.76	5.76	2.60	384.84	148.09	0.35

**Caudales máximos de la recurrencia 20 años río San Juan Hda La Laja (continuación)**

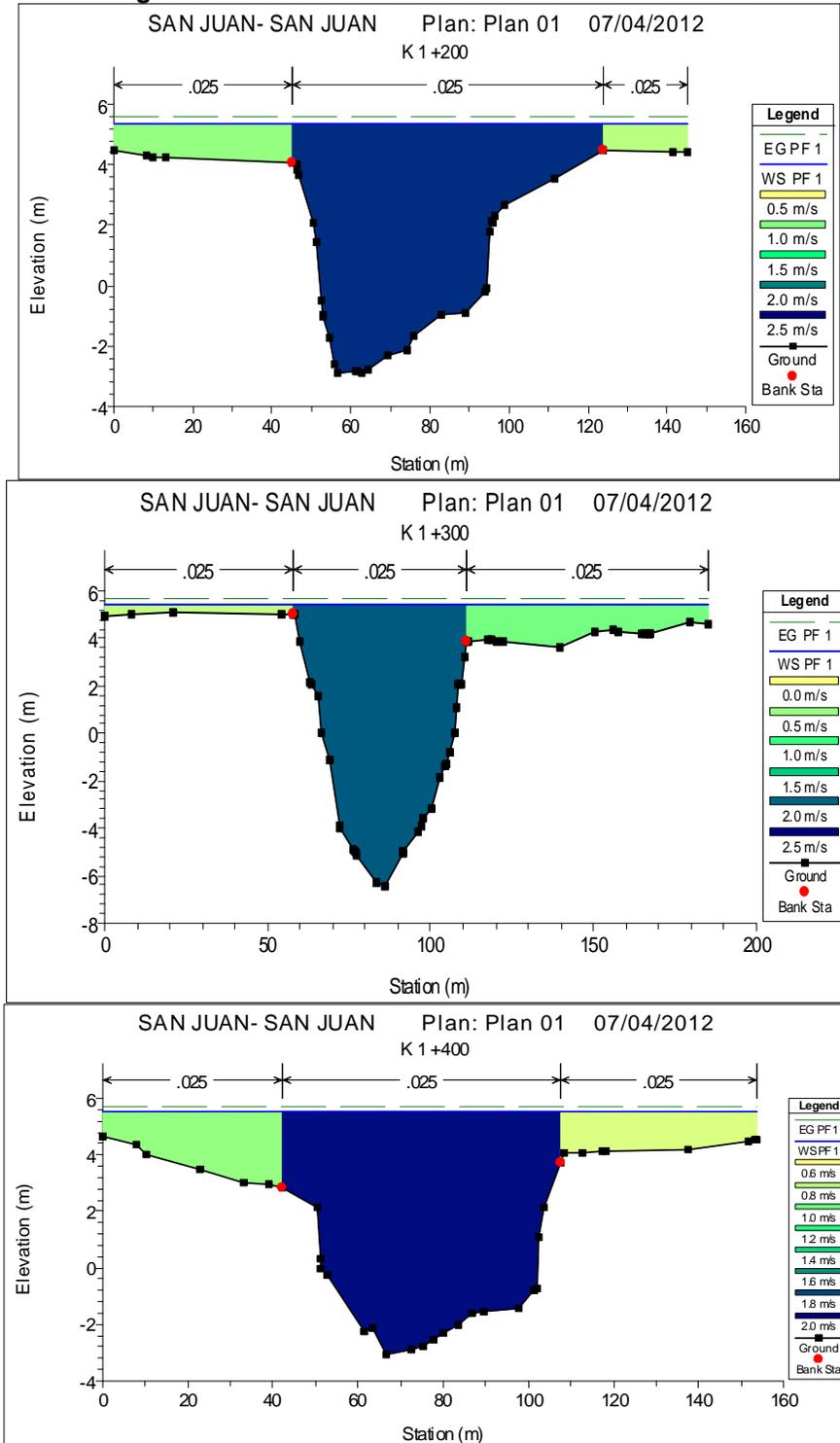
TRAMO	SECCIÓN	Q TOTAL	COTA DE FONDO	COTA DE AGUA	VELOCIDAD DE FLUJO	ÁREA DE FLUJO	ANCHO DE SECCION	NUMERO DE FROUDE
		(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
SAN JUAN	1750	940	-2.35	5.65	2.63	384.84	101.13	0.35
SAN JUAN	1700	940	-1.00	5.42	3.25	384.84	85.60	0.46
SAN JUAN	1650	940	-1.90	5.39	3.15	384.84	67.70	0.46
SAN JUAN	1600	940	-2.14	5.45	2.74	384.84	100.71	0.37
SAN JUAN	1550	940	-1.90	5.44	2.72	384.84	112.00	0.37
SAN JUAN	1500	940	-2.56	5.48	2.32	384.84	148.54	0.32
SAN JUAN	1450	940	-1.62	5.50	2.17	384.84	152.84	0.28
SAN JUAN	1400	940	-3.05	5.51	1.97	384.84	153.83	0.25
SAN JUAN	1350	940	-4.73	5.53	1.70	384.84	216.40	0.20
SAN JUAN	1300	940	-6.46	5.45	2.06	384.84	185.27	0.23
SAN JUAN	1250	940	-2.78	5.36	2.33	384.84	151.91	0.30
SAN JUAN	1200	940	-2.88	5.35	2.32	384.84	145.41	0.34
SAN JUAN	1150	940	-2.70	5.26	2.59	384.84	143.16	0.36
SAN JUAN	1100	940	-2.09	5.01	3.27	384.84	135.09	0.47
SAN JUAN	1050	940	-2.46	5.08	2.77	384.84	140.74	0.38
SAN JUAN	1000	940	-2.09	4.97	2.99	384.84	103.38	0.42
SAN JUAN	950	940	-3.62	4.98	2.77	384.84	103.61	0.37
SAN JUAN	900	940	-3.55	4.97	2.68	384.84	105.39	0.35
SAN JUAN	850	940	-2.85	4.81	3.08	384.84	99.63	0.43
SAN JUAN	800	940	-2.75	4.55	3.75	384.84	96.99	0.48
SAN JUAN	750	940	-1.91	4.46	3.78	384.84	95.48	0.56
SAN JUAN	700	940	-2.52	4.46	3.59	384.84	97.56	0.52
SAN JUAN	650	940	-2.39	4.39	3.63	384.84	95.95	0.50
SAN JUAN	600	940	-1.58	4.03	4.29	384.84	67.23	0.61
SAN JUAN	550	940	-3.40	4.30	3.14	384.84	125.32	0.37
SAN JUAN	500	940	-3.46	3.34	5.21	384.84	117.09	0.78
SAN JUAN	450	940	-3.30	3.42	4.65	384.84	118.91	0.67
SAN JUAN	400	940	-3.44	3.59	3.75	384.84	114.70	0.49
SAN JUAN	350	940	-4.12	3.36	4.13	384.84	73.66	0.55
SAN JUAN	300	940	-4.09	3.50	3.40	384.84	97.42	0.44
SAN JUAN	250	940	-3.32	3.15	4.13	384.84	75.85	0.59
SAN JUAN	200	940	-3.34	2.07	5.86	384.84	40.71	0.92
SAN JUAN	150	940	-4.51	2.42	4.61	384.84	40.15	0.63
SAN JUAN	100	940	-5.44	2.62	3.51	384.84	52.47	0.47
SAN JUAN	50	940	-5.80	2.72	2.95	384.84	65.24	0.36



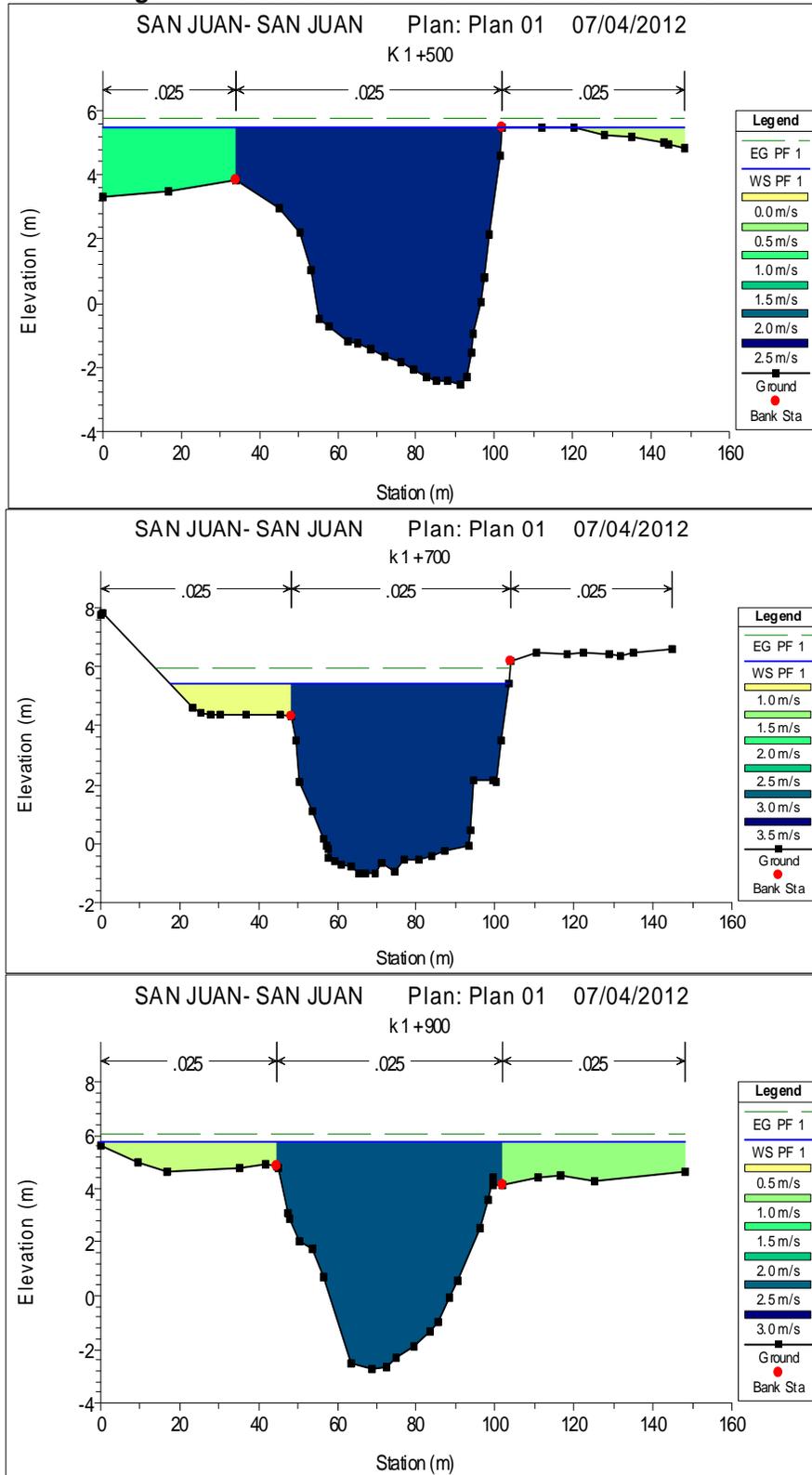
**Figura 3- 18 Secciones transversales 0+600 a 1+000**



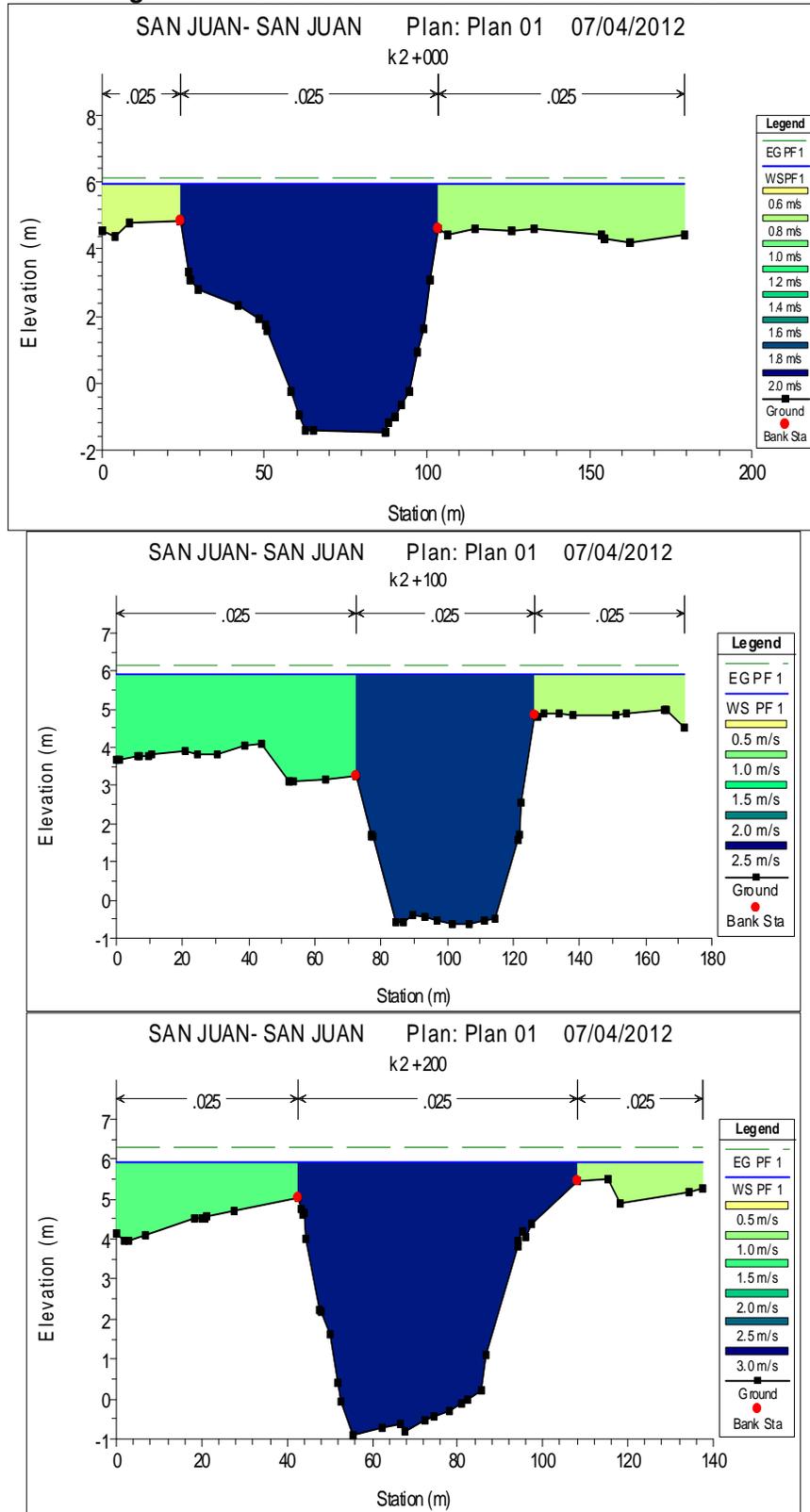
**Figura 3- 19 Secciones transversales 1+200 a 1+400**



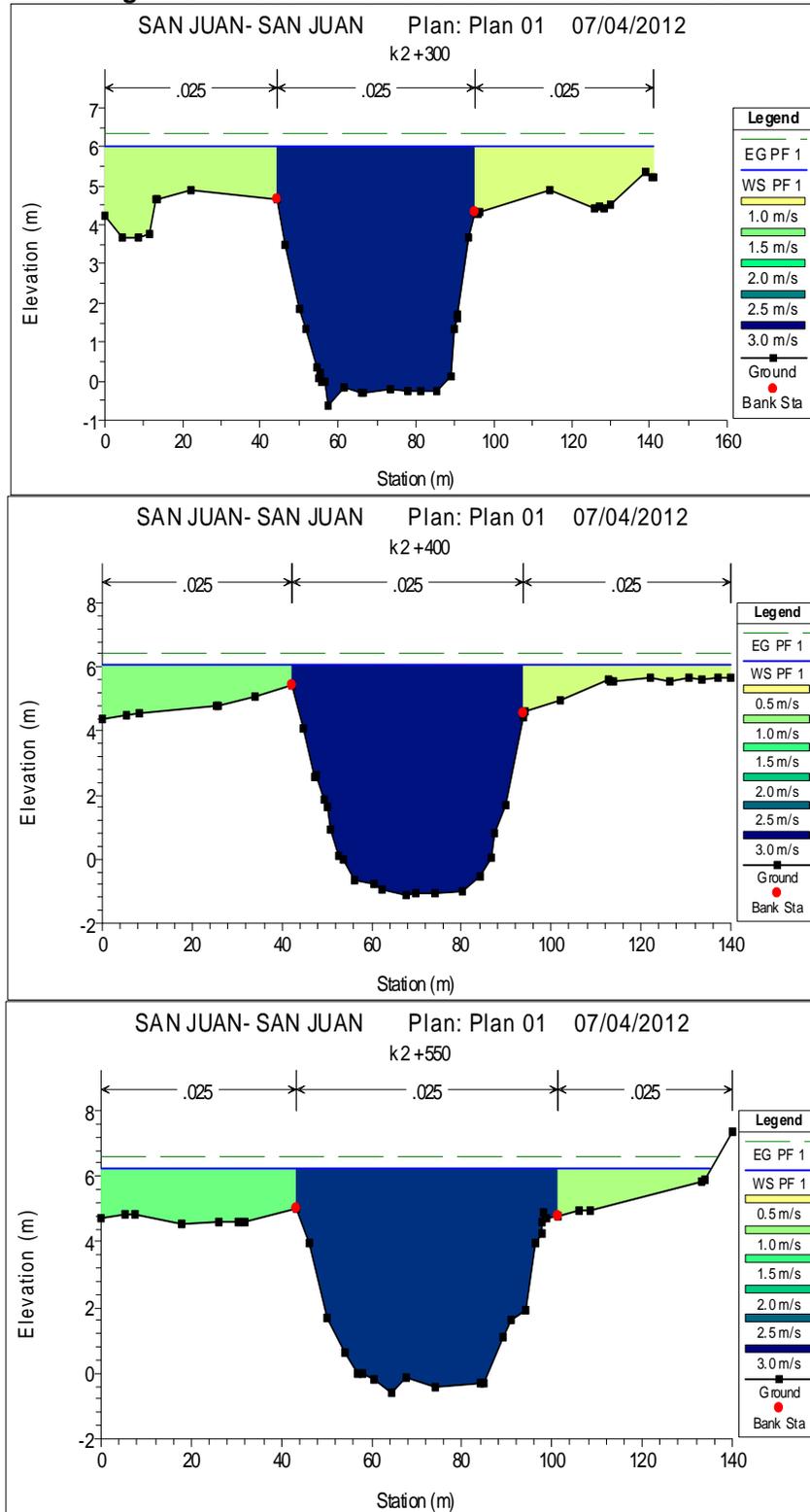
**Figura 3- 20 Secciones transversales 1+500 a 1+900**



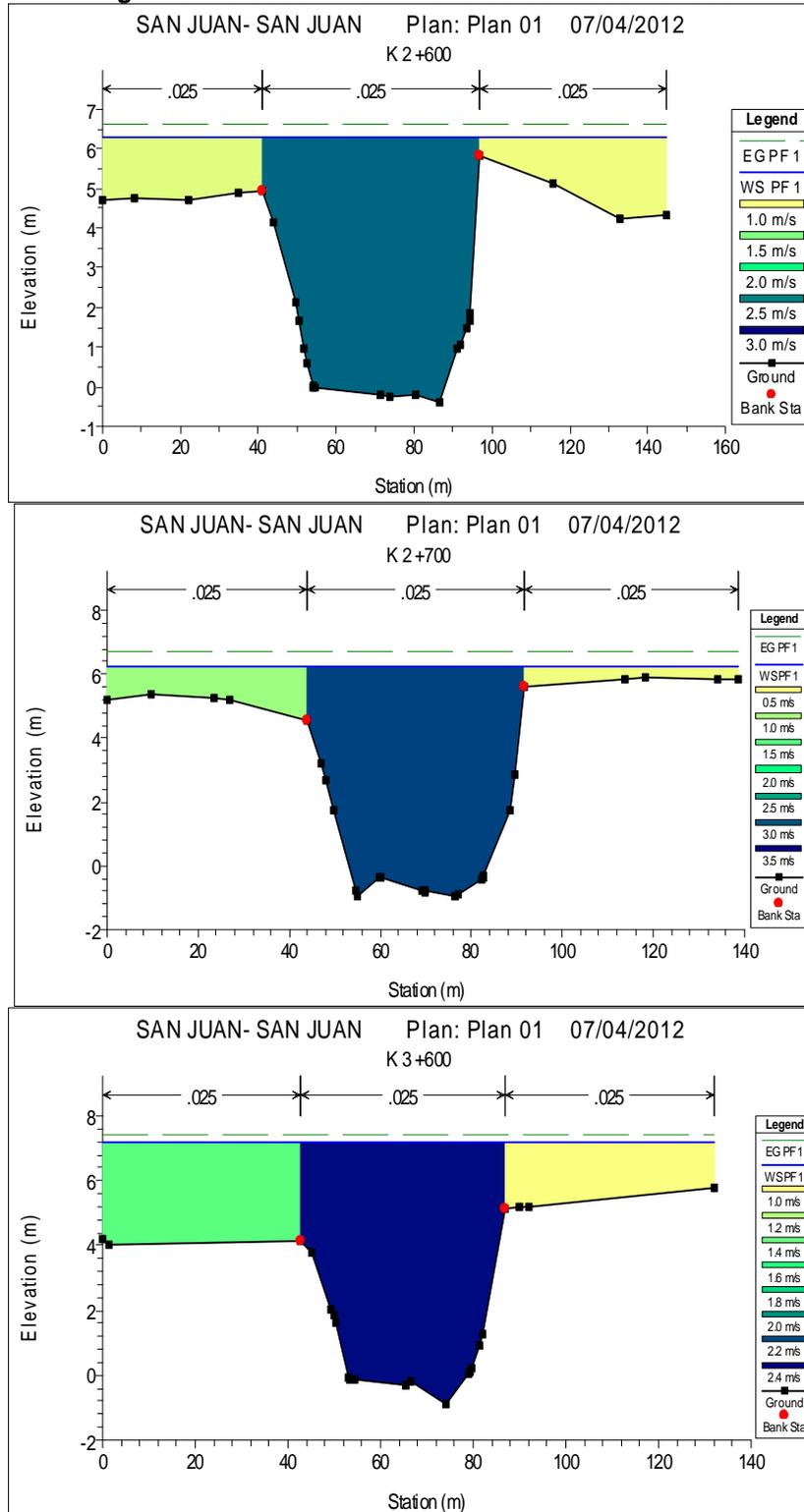
**Figura 3- 21 Secciones transversales 2+000 a 2+200**



**Figura 3- 22 Secciones transversales 2+300 a 2+550**



**Figura 3- 23 Secciones transversales 2+600 a 3+600**



### 3.6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las características y propiedades mecánicas del suelo en el sitio del proyecto, se realizaron actividades de exploración del subsuelo que consistieron principalmente en la ejecución de apiques con equipo manual y recuperación de muestras alteradas e inalteradas, así como ensayos de campo y laboratorio. En esta sección se presenta 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 2 perforaciones (sondeos) y 7 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- 12.

**Tabla 3- 12 Exploración del subsuelo.**

<b>Punto ejecutado</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Ubicación</b>
Sondeo 1	9.00 m	Escarpe 2
Sondeo 2	9.15 m	Escarpe 3
Trinchera 1	3.40 m	Terraza 1
Trinchera 2	2.00 m	Terraza 1
Trinchera 3	3.10 m	Escarpe 3
Trinchera 4	3.90 m	Terraza 3
Trinchera 5	4.80 m	Terraza 1
Trinchera 6	2.30 m	Terraza 1
Trinchera 7	4.30 m	Terraza 1

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 D) 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.

Una vez establecidos los valores N de campo, obtenidos del ensayo SPT, se realizaron las respectivas correcciones por confinamiento, longitud de varillaje y nivel de agua, de tal forma que se pudieran normalizar dichos valores a un determinado nivel de energía.

### **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. En la tabla 2 – Anexo D, se presenta el resumen general de resultados y en el Anexo D 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.

- **Arcilla de color café**

Este material se encuentra en los tres primeros metros de las terrazas dos y tres (T2 y T3 y sus respectivos escarpes), el cual suprayace a una arcilla limosa. Este material es producto de la depositación del río San Juan y se ha consolidado con el paso del tiempo. Los estratos de este material varían entre 0.5 y 3.1 metros.

	<b>Propiedad</b>	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>
LL	Limite liquido	33,0 - 82,30	%
LP	Limite plástico	15,0 - 23,30	%
IP	Índice de plasticidad	18,0 - 59,0	%
w	Humedad natural	26,0 - 28,9	%
γ	Peso unitario	1,8	ton/m <sup>3</sup>
qu	Resistencia a la compresión inconfínada	48,84	ton/m <sup>2</sup>
Cu	Cohesión	24,42	ton/m <sup>2</sup>
N	Rango golpes del ensayo SPT	4	golpes/pie
	Clasificación de suelos - USC	CL	

- **Arcilla arenosa café**

Este material se encuentra en los primeros metros de de la terraza uno (T1), material que se intercala con arenas limosas. Este estrato presenta espesores entre los 0.8 y 2.85 metros, y es producto de la depositación del río San Juan.

	<b>Propiedad</b>	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>
G	Contenido de gravas	> 33,0	%
F	Contenido de finos	> 50,0	%
w	Humedad natural	7,9 - 54,7	%
γ	Peso unitario	1,63 - 1,93	ton/m <sup>3</sup>
N	Rango golpes del ensayo SPT	13	golpes/pie

- **Arcilla arenosa gris**

Este material se encuentra bajo la arcilla arenosa café de la terraza una (T1), indicando un evento de depositación. El espesor de esta capa varía entre los 0.2 y 5.15 metros, y ubicándose generalmente entre los 1.8 y 9.15 metros de profundidad.

	<b>Propiedad</b>	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>
LL	Limite liquido	26 - 47	%
LP	Limite plástico	12 - 16	%
IP	Índice de plasticidad	10 - 34	%
A	Contenido de arenas	9,9	%
G	Contenido de gravas	0,2	%

F	Contenido de finos	89,9	%
w	Humedad natural	9,1 - 64,7	%
γ	Peso unitario	1,79 - 2,07	ton/m <sup>3</sup>
cu	Cohesión	3,16	ton/m <sup>2</sup>
qu	Resistencia a la Compresión inconfiada	6,315	ton/m <sup>2</sup>
N	Rango golpes del ensayo SPT	11	golpes/pie
	Clasificación de suelos - USC	CL	

- **Arcilla gris limosa**

Este material se encuentra entre los tres y los nueve metros de profundidad de la terraza tres (T3 y su respectivo escarpe), el cual subyace al limo arcilloso. Este material es producto de la depositación del río San Juan y se ha consolidado con el paso del tiempo. Los estratos de este material varían entre 0.8 y 2.2 metros según lo observado en la exploración del suelo.

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite liquido	34 - 44	%
LP	Limite plástico	15 - 16	%
IP	Indice de plasticidad	19 - 28	%
A	Contenido de arenas	< 75	%
w	Humedad natural	33,7 - 42,3	%
γ	Peso unitario	1,83 - 2,52	ton/m <sup>3</sup>
cu	Cohesión	1,75	ton/m <sup>2</sup>
qu	Resistencia a la compresión inconfiada	3,5	ton/m <sup>2</sup>
	Clasificación de suelos - USC	CL	

- **Limo orgánico**

Este material tiene su origen en la depositación del río unida a una descomposición de plantas y restos de madera, proceso acelerado por la presencia de agua de mar; se localiza sobre la terraza uno (T1) entre los 3.20 y 5.0 metros de profundidad, formando una capa susceptible a la acción del agua y por ende a la pérdida de soporte de material en la zona superior de la margen.

	Propiedad	Rango	Unidad
LL	Limite liquido	34 - 36	%
LP	Limite plástico	12 - 15	%
IP	Indice de plasticidad	21	%
w	Humedad natural	32,4 - 34,8	%
	Clasificación de suelos - USC	CL	

### 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 Juan de Urabá, las zonas quedarán definidas en forma similar y con la misma nomenclatura de las unidades geológicas, así:

- Terraza 0
- Terraza 1
- Terraza 2 – incluyendo escarpe 2
- Terraza 3 – incluyendo escarpe 3

### 3.7 COBERTURA

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 y, 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 Metodología

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). Las actividades realizadas fueron:

- Interpretación de unidades de cobertura
- Definición de la simbología
- Definición de las coberturas y uso del suelo.

### 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 encamina 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

<b>4</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA URBANA .....</b>	<b>4-1</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4-1</b>
<b>4.2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN .....</b>	<b>4-1</b>
4.2.1	POBLACIÓN .....	4-2
4.2.2	HOGARES.....	4-4
4.2.3	EQUIPAMIENTOS URBANOS E INFRAESTRUCTURA ESPECIAL.....	4-5
<b>4.3</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LAS EDIFICACIONES.....</b>	<b>4-8</b>
<b>4.4</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS .....</b>	<b>4-14</b>
<b>4.5</b>	<b>FACTOR ANTRÓPICO.....</b>	<b>4-16</b>
4.5.1	Urbanismo y catastro .....	4-16
4.5.2	Vías.....	4-16

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 4- 1	Población del Municipio de San Juan de Urabá.....	4-2
Figura 4- 2	Distribución poblacional por grupo de edad. ....	4-3
Figura 4- 3	Porcentaje del número de Hogares por predio.....	4-4
Figura 4- 4	Algunos de los Hogares comunitarios en la cabecera urbana del municipio de San Juan de Urabá.....	4-5
Figura 4- 5	Sede Principal (izq.) y Sede Hernández Castillo (der.) de la Institución Educativa Camilo Torres.....	4-6
Figura 4- 6	Hospital (izq) y Parque Principal (der).....	4-7
Figura 4- 7	Algunos parques y zonas deportivas de la cabecera Urbana del Municipio de San Juan de Urabá.....	4-7
Figura 4- 8	Usos en el predio.....	4-8
Figura 4- 9	Tipo de Vivienda .....	4-8
Figura 4- 10	Estrato Socio-Económico y tenencia de vivienda.....	4-9
Figura 4- 11	Vista general de algunas viviendas en el sector de San Juan Oriental. ....	4-9
Figura 4- 12	Cimentación de las viviendas barrio San Juan Oriental .....	4-10
Figura 4- 13	Materiales predominantes en los muros de las viviendas .....	4-10
Figura 4- 14	Viviendas en madera con techo en palma y zinc que caracterizan el Municipio de San Juan de Urabá. ....	4-10
Figura 4- 15	Viviendas en Mampostería (Bloque o ladrillo). ....	4-11
Figura 4- 16	Materiales predominantes en los pisos de las viviendas .....	4-11
Figura 4- 17	Viviendas con pisos en tierra – barrio Villa Vikingo .....	4-11
Figura 4- 18	Alguna de las pocas viviendas de más de 1 piso. ....	4-12
Figura 4- 19	Acceso a las viviendas.....	4-13
Figura 4- 20	Proceso Constructivo.....	4-13
Figura 4- 21	Año de construcción de las viviendas. ....	4-14
Figura 4- 22	Material de la Cubierta.....	4-14

Figura 4- 23 Variante de San Juan de Urabá a la altura de San Juan Oriental y Pueblo Chino.....	4-17
Figura 4- 24 Infraestructura vial de la cabecera urbana del municipio de San Juan de Urabá.....	4-18
Figura 4- 25 Estado de las vías .....	4-19

### **LISTADO DE TABLAS**

Tabla 4 - 1 Tabla resumen de las Instituciones y Jardines existentes en el área de estudio .....	4-6
Tabla 4 - 2 Tabla resumen – Hospital Héctor Abad Gómez .....	4-6
Tabla 4 - 3 Calidad del agua en el Municipio de San Juan de Urabá .....	4-15
Tabla 4 - 4 Estado de las vías Urbanas. ....	4-17

## 4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA URBANA

### 4.1 INTRODUCCIÓN

El perímetro que delimita el área urbana del municipio de San Juan de Urabá posee una superficie superior a 160 hectáreas (1,6 Km<sup>2</sup>). El número de predios son aproximadamente 1850 unidades agrupados en 130 manzanas y en las cuales viven alrededor de 2130 hogares para una población aproximada de 7300 habitantes, lo que se traduce en un promedio de 3 personas por hogar y 4 personas por predio.

Se sitúa entre las cotas de 0 msnm (Cota cercana a la rivera del Rio San Juan), 8 msnm (cota promedio del barrio San Juan Oriental), 20 msnm (cota promedio del parque central), con una temperatura promedio de 30°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, constituye un factor importante en la evaluación de la vulnerabilidad<sup>1</sup> de la sociedad, la cual permite establecer, sobre el contexto socio – económico, la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada<sup>2</sup>. 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.

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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 POBLACIÓN

El terreno donde actualmente se sitúa la cabecera urbana del municipio de San Juan de Urabá empezó a densificarse por personas procedentes del departamento de Bolívar a finales del siglo XIX y principios del siglo XX en pequeñas construcciones en madera burda y techos en palma en un asentamiento conocido como San Juan del Coco, el cual fue arrastrado en parte por el río San Juan al cambiar su morfodinamismo.

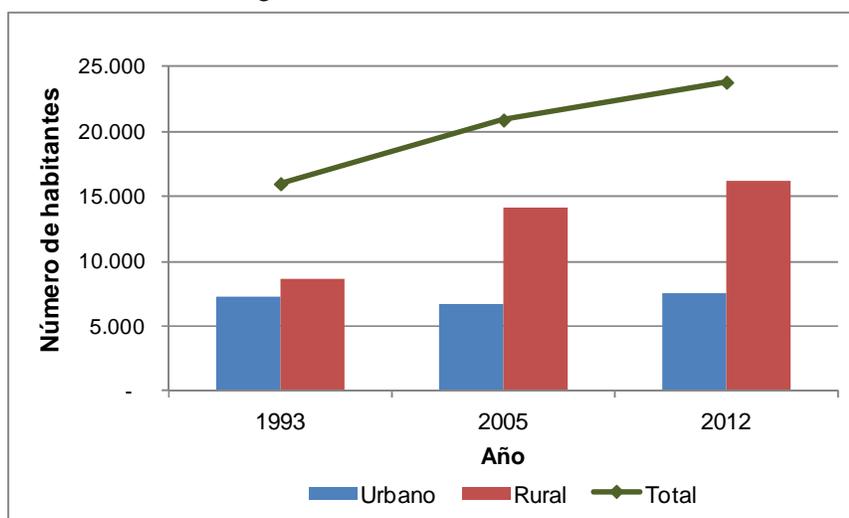
Seguidamente un nuevo caserío se traslado a la margen derecha del río San Juan, en lo que actualmente se conoce como San Juan Oriental, sin embargo, en el año de 1942 el río arrasó con parte del pueblo (Cartagenita) e inundo otro resto, obligando a sus habitantes a trasladarse a un sitio más seguro, esta vez en la margen izquierda del río, entre el río San Juan y el Mar dejando el pueblo dividido en dos, lo que peyorativamente se llamó Pueblo Mocho (San Juan Oriental) y Cuero Tostao o Río Mar.

San Juan de Urabá era un corregimiento del Municipio de Turbo en la década de los 40, pero por su desarrollo económico, resolvieron convertirlo en municipio, sin embargo, la idea no fue de agrado de sus habitantes y se opusieron abatiendo al proyecto.

En 1957 nace espontáneamente el deseo de hacerse municipio después de haber dilapidado la oportunidad en los 40, para lo cual se conformó un frente común con todos los líderes y se creó la Junta Pro Municipio fracasando en su objetivo al no reunir los requisitos.

Solo después de altibajos en su economía, del agotamiento de sus recursos naturales, y luego de 40 años de aislamiento sistemático, en 1986 logra ser municipio, alcanzando a la fecha 26 años de Municipalidad.

Según las proyecciones efectuadas por el DANE en 2012 la población total del municipio es de 16.206 personas, de ellas, 31.9% (7.595) ocupan el casco urbano y 68.1% (16.206) viven en el área rural. Ver Figura 4- 1.

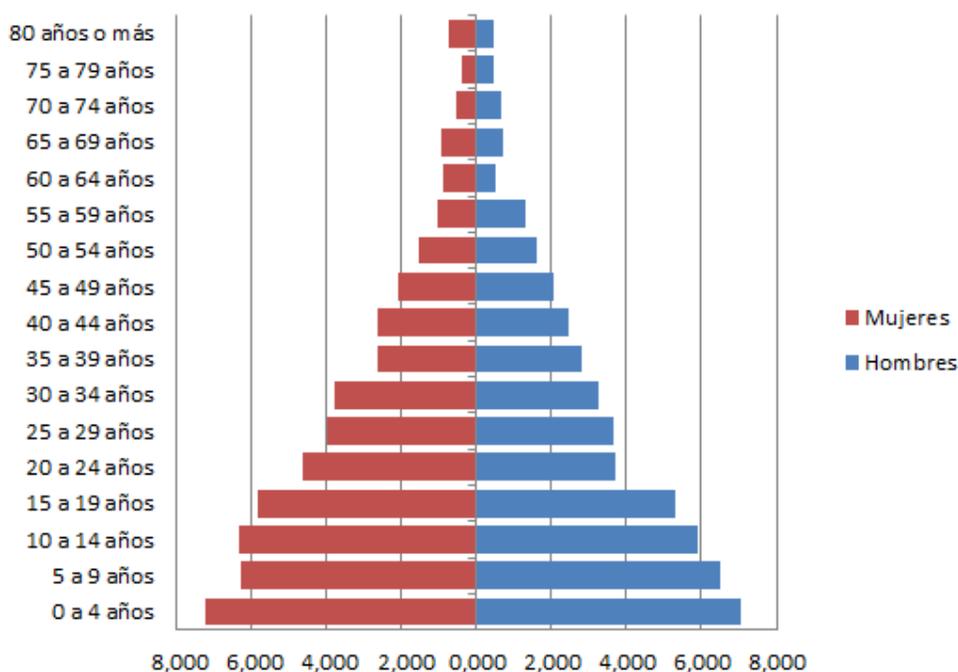


**Figura 4- 1 Población del Municipio de San Juan de Urabá.**  
Fuente: Censos DANE, proyecciones DANE. Elaboración propia

Al examinar la estructura poblacional, según la proyección del DANE para el 2012, es posible decir que 14,2 % de la población tiene edades entre 0 y 4 años, 36,1 % de los habitantes municipales está entre los 5 y 19 años de edad, la población entre 20 y 64 años de edad representa el 44,7 % y 4,9% de la población es mayor de 64 años. Además, existe una distribución porcentual muy similar entre hombres y mujeres, con una representación de 48,5% y 51,5% de cada género respectivamente, comportamiento que se mantiene en todos los rangos de edad estudiados. Ver Figura 4- 2

En el 2011, la razón de dependencia del municipio de San Juan de Urabá<sup>3</sup> es de 28%, es decir que por cada 100 personas en edad de trabajar, hay 28 personas que se encuentran en una edad de dependencia económica.

La pirámide de edades presentada indica que a edades mayores de 80 años son más mujeres que hombres y 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- 2 Distribución poblacional por grupo de edad.**  
Municipio de San Juan de Urabá 2011.

Fuente: Información DANE y SISBEN. Elaboración propia.

<sup>3</sup> Estimado como “la razón de personas en edades en las que “dependen” (generalmente personas menores de 15 y mayores de 64 años de edad) de personas en edades “económicamente productivas” (entre 15 y 64 años de edad) en una población”. Tomado de: Arthur Haupt y Thomas T. Kane. 2003. Guía Rápida De Población Del Population Reference Bureau. 4ª edición. Washington, DC. Pág. 11.

#### 4.2.2 HOGARES.

Con relación a la información de sobre déficit de vivienda, en la cabecera municipal para el año 2005, 984 (63.6%) hogares tenían déficit de vivienda de los cuales 231 (23.4%) eran por déficit cuantitativo, mientras 754 (76.6%) eran por déficit cualitativo. Indicando con ello un déficit habitacional cualitativo y cuantitativo alto.

Por otra parte, según la base de datos del SISBEN<sup>4</sup>, certificada en septiembre de 2011, el total de hogares inscritos en el sistema fue de 5.256, para un total de 22.454 personas, validando su acceso a los subsidios que otorga el Estado a través de los diferentes programas de salud, educación, subsidios, vivienda, etc. de acuerdo con la reglamentación de cada uno de ellos. Ello indica que el 96.1% de la población del municipio se considera con un elevado nivel de vulnerabilidad, valor que se encuentra estrechamente relacionado con el hecho que el NBI de la cabecera municipal es de 57.6<sup>5</sup> y que la población en condiciones de miseria y la pobreza represente el 97.9% del total.

De otra parte, el número total de hogares ubicados en la Cabecera Municipal, según el Censo de 2005, era 1.575 con un número de personas por hogar de 4.3<sup>6</sup>.

#### No de HOGARES EN UNA VIVIENDA

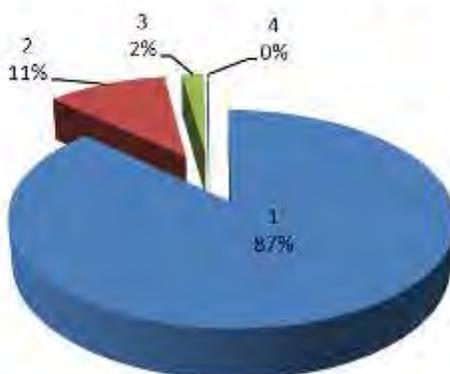


Figura 4- 3 Porcentaje del número de Hogares por predio.

<sup>4</sup> El Sisbén es el Sistema de Identificación de Potenciales beneficiarios de Programas Sociales. <http://www.sisben.gov.co/>

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> El promedio de personas por hogar en el país, según el Censo de 2005, era de 3.9.

### 4.2.3 EQUIPAMIENTOS URBANOS E INFRAESTRUCTURA ESPECIAL

Dentro de los Equipamientos Urbanos<sup>7</sup> se encuentran:

#### Hogares comunitarios del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.

Son varios los hogares comunitarios ubicados la zona urbana del municipio, en su mayoría viviendas en sectores residenciales, las cuales por lo general poseen un cupo de 12 a 14 niños menores de 4 años, generando cierta preocupación las características de algunas de las viviendas que presentan deterioro de sus elementos estructurales y no estructurales que la conforman, además la atención al menor por cada hogar es realizado por una sola madre comunitaria, las cuales han recibido varias capacitaciones en el municipio de Apartado de preparación de alimentos, pedagogía al menor, primeros auxilios y de prevención y atención de emergencias.



**Figura 4- 4 Algunos de los Hogares comunitarios en la cabecera urbana del municipio de San Juan de Urabá**

#### Institucion Educativa San Juan de Urabá

La Institucion Educativa San Juan de Urabá tiene aproximadamente 2000 alumnos en jornada continua en el área urbana, es de carácter público ofreciendo los niveles educativos de preescolar, primaria, educación media vocacional y tecnica agropecuaria.

---

<sup>7</sup> 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

Esta institución nunca ha realizado un simulacro de evacuación ante cualquier emergencia, ni tampoco manejan el tema de prevención y atención de emergencias – Gestión del Riesgo.



**Figura 4- 5 Sede principal I.E. San Juan de Urabá.**

**Tabla 4 - 1 Tabla resumen de las Instituciones y Jardines existentes en el área de estudio**

<b>I. Centros Educativos</b>							
Descripción	Nombre	Ubicación	No. Alumnos	No. Directivos	No. Profesores	No. Personas u Otros Servicios	Jornada
Colegio	Institución Educativa San Juan de Uraba	Carrera 20 No. 23-137	1950	2	21	1	8:00 - 18:00
Hogar Comunitario	Los Querubines	Villa Vikingo	13	1		0	8:00 - 16:00
Hogar Comunitario	Barrio Villa Vikingo	Villa Vikingo	13	1			8:00 - 16:00

#### E.S.E Hospital Hector Abad Gomez

**Tabla 4 - 2 Tabla resumen – Hospital Héctor Abad Gómez**

<b>II. Hospitales y centros de salud</b>							
Descripción	Nombre	Ubicación	Directivos	Médicos	Enfermeras	Auxiliares	Mantenimiento
Hospital	ESE Hospital Hector Abad Gómez - S.J.U	Carrera 20 No. 24-20	4	7	1	8	1

En la tabla anterior se relacionan algunos datos de interés. Es un Hospital de nivel 1, lo que quiere decir que solo presta los servicios de consulta externa médica y odontológica, atención de urgencias y hospitalización para patologías de baja complejidad, las patologías más complejas son remitidas a la ciudad de Apartado o Montería.

Zonas recreativas – Parques, coliseos y canchas.

Tiene algunos parques y zonas recreativas como canchas de futbol, sin embargo la mayoría se encuentran en un estado de deterioro y abandono avanzado. Regular a Malo.



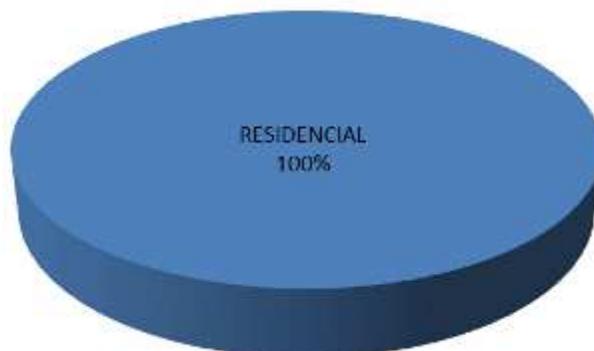
**Figura 4- 6 Hospital (izq) y Parque Principal (der).**



**Figura 4- 7 Algunos parques y zonas deportivas de la cabecera urbana del municipio de San Juan de Urabá**

### 4.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS EDIFICACIONES.

Basados en la información DANE y SISBEN se caracteriza de manera general la cabecera urbana del municipio de San Juan de Urabá, esto con la finalidad de conocer algunas características sociales, físicas y económicas del municipio, y así, tener una idea general de las condiciones de vulnerabilidad de la zona urbana.



**Figura 4- 8 Usos en el predio**  
Fuente: Encuesta DANE. Elaboración: Propia

En un 100% de los casos, tanto la información DANE como SISBEN, las viviendas son empleadas únicamente como sitio de residencia, algunas de estas compartiendo alguna actividad económica, bien sea de bienes o servicios.

Además, el SISBEN considera que un 81% (1484) de las viviendas son casas o apartamentos, 19 % (357) son tipo cuarto, sin embargo, de casa y apartamentos es del 90% y que solo



**Figura 4- 9 Tipo de Vivienda**  
Fuente: Encuesta SISBEN-Izquierda y DANE-Derecha. Elaboración: Propia

El Estrato socio-económico predominante es el estrato 1. Además solo el 54% de la población cuenta con vivienda propia.



**Figura 4- 10 Estrato Socio-Económico y tenencia de vivienda.**

Fuente: Encuesta SISBEN. Elaboración: Propia

Más del 84% de las edificaciones son estructuras construidas sin intervención de profesionales en el diseño y construcción de las mismas, esto debido a la antigüedad de estas 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, por tanto no cuentan con una adecuada planeación, poseen un proceso constructivo deficiente y carecen de normas sismoresistentes. Ver Figura 4- 11.



**Figura 4- 11 Vista general de algunas viviendas en el sector de San Juan Oriental.**

Por otra parte las viviendas fueron emplazadas directamente sobre el terreno, el cual es plano, donde predomina el relleno sobre el corte. Otro grupo de viviendas se cimentó sobre vigas de amarre o concreto ciclópeo. Ver Figura 4- 12.

El tipo de sistema estructural presente en de las edificaciones son sistemas de recuperación (madera) y muros cargueros, su principal material de construcción es la madera burda con un porcentaje de 51 % y en menor medida en mampostería con un 48%, sin embargo, el 1 % restante lo conforman casas en materiales como el tapia pisada, bahareque, prefabricados y de recuperación. Ver Figura 4- 13.



Figura 4- 12 Cimentación de las viviendas barrio San Juan Oriental



Figura 4- 13 Materiales predominantes en los muros de las viviendas  
Fuente: Encuesta SISBEN. Elaboración: Propia



Figura 4- 14 Viviendas en madera con techo en palma y zinc que caracterizan el Municipio de San Juan de Urabá.



Figura 4- 15 Viviendas en Mampostoría (Bloque o ladrillo).

Los materiales predominantes en los pisos son el cemento, gravilla y tierra. A continuación se muestra un grafico porcentual de los diferentes materiales que componen los pisos de las unidades residenciales.



Figura 4- 16 Materiales predominantes en los pisos de las viviendas  
Fuente: Encuesta SISBEN. Elaboración: Propia



Figura 4- 17 Viviendas con pisos en tierra – barrio Villa Vikingo

Con la finalidad de complementar la caracterización de las viviendas, se desarrolló una serie de actividades en campo que contempla una inspección de la zona de estudio y así corroborar la información consultada en la base de Datos SISBEN y DANE, además se realizó una encuesta para documentar estas características de los predios que se consideraron dentro de la zona de estudio que fueron afectados o pueden verse afectados por alguna amenaza de origen natural.

El trabajo de campo arrojó los siguientes resultados:

El número de pisos en más del 99% de las edificaciones es de 1 piso, sin embargo podemos encontrar algunas pocas edificaciones de 2 pisos como se puede observar en la siguiente fotografía.



**Figura 4- 18** Algunas de las pocas viviendas de más de 1 piso.

El promedio de las áreas construidas de los predios es superior a los 50 m<sup>2</sup>, lo que quiere decir que por lo general cuentan con un espacio aceptable, si se tiene registrado que en promedio por vivienda viven de 3 a 4 personas, además tienen buenos solares o patios y por el clima la cubierta de las edificaciones se encuentra alta, en promedio la altura piso techo es de 2,50 metros.

Las calles en la cabecera urbana del municipio de San Juan de Urabá 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, esta mayoría de vías son destapadas y solo en sus corredores principales pavimentadas y adoquinadas, aunque ciertos tramos pavimentados y adoquinados se encuentran en regular o mal estado. A continuación relacionamos en un gráfico el tipo de acceso a las viviendas que es importante conocerlo para establecer los tiempos de reacción y/o atención al presentarse la emergencia.



**Figura 4- 19 Acceso a las viviendas**  
Fuente: Propia.

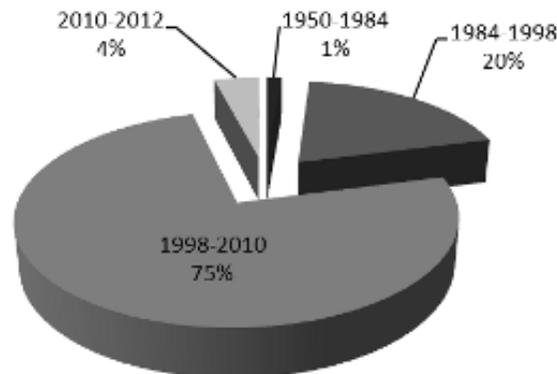
El 84% de los predios fueron construidos por los mismos propietarios o con ayuda de sus vecinos, sin embargo, el 15% de los predios poseen características constructivas propias de las practicas de los maestros de obra o personal técnico en construcción, esto al observarse que algunas de las construcciones en mampostería están soportadas o asentadas sobre vigas de amarre, y donde sus muros están confinados de cierta forma, pero debe tenerse en cuenta que dichas construcciones carecen de normas sismo-resistentes.



**Figura 4- 20 Proceso Constructivo.**  
Fuente: Propia.

El municipio de San Juan de Urabá existe ya hace muchos años, desde el siglo XIX, como asentamiento, pero solo hace 26 años como municipio, en el año de 1986, lo que generó construcciones informales de madera, techo en palma, pisos en tierra y carencia de servicios necesarios, muchas de las cuales en la actualidad han sido remplazadas y/o adecuadas. También hay un aumento considerable en las construcciones en los años de 1900 a 2000 debido al cese de la violencia, en especial en el casco urbano. A continuación relacionamos en una gráfica 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.



**Figura 4- 21 Año de construcción de las viviendas.**

Fuente: Propia.

En el 97% de los predios se varían de material como lo



**Figura 4- 22 Material de la Cubierta.**

Fuente: Propia.

#### 4.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS

La cobertura de servicios públicos, especialmente de agua potable y saneamiento básico<sup>8</sup>, 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 área urbana del municipio eran 72%, 66% y 90.3% respectivamente, sin embargo, su acueducto no conduce agua potable y su servicio es irregular, cada tres días solo por un par de horas

<sup>8</sup> 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.

se suministra directamente del río San Juan la red de acueducto existente en la cabecera, sin ningún tipo de tratamiento, lo que se traduce en un riesgo para la salud humana. Por otra parte el alcantarillado tampoco cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales al igual que el acueducto no cuenta con planta de potabilización del agua. En conclusión la cobertura de suministro de agua potable en la cabecera urbana del Municipio de San Juan de Urabá es 0%.

Según el SISBEN el 71,43% de las personas que viven en la cabecera urbana del Municipio de San Juan de Urabá consumen agua proveniente de las lluvias o aguaceros, otro gran porcentaje consume agua del río, ya sea por sistema de bombeo o directamente, un pequeño grupo lo hace de pozos o compran al aguatero, agua en bolsa o embace.

Según el Subsistema de información para vigilancia de calidad de agua potable –SIVICAP del Instituto Nacional de Salud la calidad del agua suministrada en el municipio durante los últimos dos años se ha mantenido en el rango correspondiente a un agua no apta para consumo humano y que es susceptible de mejoramiento cuyo consumo representa un riesgo para la salud<sup>9</sup>, es muy importante mencionar que el agua de una ciudad como Bogotá D.C. tiene un Promedio de IRCA de 0.1 % siendo un agua potabilizada, y el Municipio de San Juan de Urabá un Promedio de IRCA de 91.9 % ubicándolas en una de las peores aguas para el consumo Humano, esto debido en gran parte que el río San Juan a la altura del Municipio a recorrido otros municipios que vierten directamente sus aguas servidas al río, y se encuentran bastante contaminadas.

Tabla 4 - 3 Calidad del agua en el Municipio de San Juan de Urabá

Municipio	Numero de muestras	% de muestras tratadas	Promedio de número de parametros evaluados	Parametros no aceptados	Promedio de IRCA
SAN JUAN DE URABÁ	12	100.0%	4	4,21,22.	91.9%

4:Cloro residual 21:Coliformes Totales 22:Ecoli

De cuidado especial que la mayoría de las enfermedades en menores de edad se debe a parasitosis. (Índices de morbilidad tomados del Plan Territorial de Salud – San Juan de Urabá 2008-2011).

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 apreciación de la comunidad respecto a la prestación del servicio es poco aceptable, afirman que es necesario un sistema de potabilización del agua y mejorar la prestación del servicio de alcantarillado ampliando su cobertura a barrios como Villa Vikingos, Pueblo Chino, San Juan Oriental y construir una planta para el tratamiento de las aguas servidas.

<sup>9</sup> Decreto 1575 de 2007. Artículo 15. <http://www.ins.gov.co/?idcategoria=6110>. Consultada 27 Marzo 2012

Carecen del servicio de agua potable y gas domiciliario, por lo cual en la mayoría de las unidades residenciales cocinan sus alimentos con aguas lluvia o del río, utilizando como combustible el gas propano, pipeta, o leña.

Debido a la falta de alcantarillado muchas viviendas vierten directamente sus aguas servidas al Río o Quebrada.

## **4.5 FACTOR ANTRÓPICO**

### **4.5.1 Urbanismo y catastro**

San Juan de Urabá no tiene conflictos de uso graves como otros centros poblados y cabeceras urbanas de sus municipios vecinos, tiene una estructura organizada y los terrenos fueron ocupados de manera ordenada, pero hay algunas excepciones como el caso de San Juan Oriental, Pueblo Chino y Brisas del Río, sin conflictos graves por ocupación y uso del suelo urbano.

La zona urbana del municipio, se asentó sobre la margen izquierda del río San Juan y se desarrolló alrededor de la vía marginal de la costa Atlántica; Presenta un relieve suave y plano hacia el mar con pendientes entre 0 y 3%, y pendientes medias sobre la margen del río San Juan, (entre 10 y 15%), con erosiones moderadas.

Existen dos sectores urbanos independientes de la zona central que se desarrollaron sobre la margen derecha del río San Juan, son Pueblo Chino y San Juan Oriental, sobre la salida al corregimiento de San Juancito y sobre la salida hacia Arboletes respectivamente.

San Juan tiene gran vocación agrícola, la producción de plátano ocupa un renglón importante en la economía municipal, también se a desarrollado un corredor comercial en la zona central sobre las carreras 20, (salida a Necocli) y la calle 20, (salida hacia Arboletes), presentando tendencia a consolidarse sobre estas vías; sobre el parque de San Juan Oriental y hacia la Alcaldía por la calle 21. En las zonas residenciales aparece como tiendas de barrio o heladerías, alrededor de espacios públicos, áreas recreativas, deportivas y colegios.

Uso Institucional y de servicios. Se presenta una concentración de esta actividad alrededor del Hospital, donde además están la escuela, el liceo, la zona deportiva y el matadero municipal.

### **4.5.2 Vías**

San Juan de Urabá se encuentra atravesado por la carretera que conduce de la zona del Urabá Antioqueño al Departamento de Córdoba, en un tramo colindante a la costa, que hace parte de la red vial nacional y que lo comunica con los municipios de Necolclí y Arboletes, sin embargo, ya existe la variante de San Juan, la cual se encuentra en buen estado (pavimentada) como se puede observar en la siguiente fotografía.



**Figura 4- 23 Variante de San Juan de Urabá a la altura de San Juan Oriental y Pueblo Chino.**

Las carreteras terciarias que comunican la cabecera con todos los corregimientos se encuentran en muy malas condiciones y el mantenimiento es precario, además en época invernal el tránsito es casi nulo, dificultando el transporte de carga y pasajeros.

El río San Juan, en ciertas ocasiones brinda la oportunidad de navegarlo, ayudando al transporte de algunos productos en embarcaciones pequeñas.

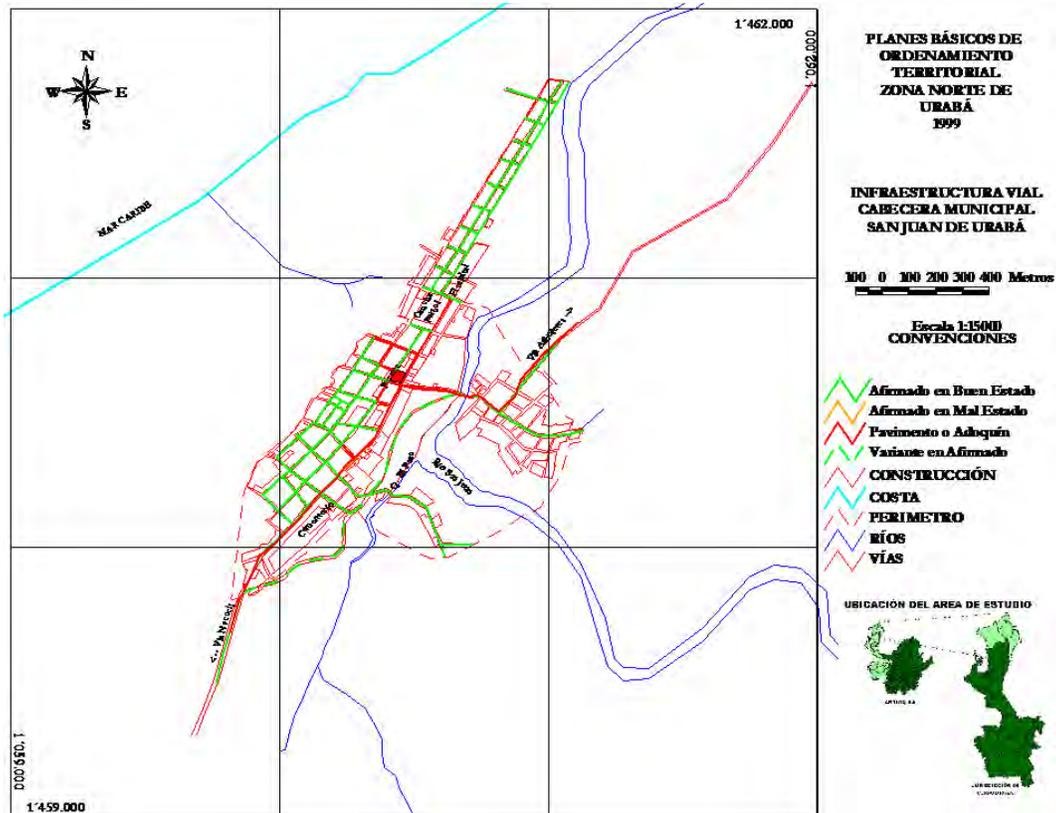
La infraestructura vial en la zona urbana es funcional por las secciones amplias, por la continuidad y ortogonalidad de sus calles y carreras, sin embargo, la mayoría de la estructura se encuentra en afirmado y las condiciones climáticas junto con los volúmenes de tráfico ayudan al deterioro progresivo de las mismas.

La siguiente tabla relaciona los porcentajes en los que se encuentra el estado de la malla vial de la cabecera urbana del municipio de San Juan de Urabá, pero cabe aclarar que la variante ya no se encuentra en afirmado sino pavimentada como se menciona anteriormente, por lo tanto el 21,18% de la red vial se encuentra pavimentada y/o adoquinada, el 76,08% en afirmado en buenas a aceptables condiciones y solo un 2% en afirmado en mal estado.

**Tabla 4 - 4 Estado de las vías Urbanas.**

<b>Estado de las vías en la cabecera urbana</b>	<b>Longitud (km)</b>	<b>% Estado</b>
Afirmado en Buen Estado	9,17	76,08%
Afirmado en Mal Estado	0,33	2,73%
Pavimento o Adoquín	1,37	11,35%
Variante en Afirmado	1,19	9,83%
<b>TOTAL</b>	<b>12,06</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: POT – San Juan de Urabá 1999



**Figura 4- 24 Infraestructura vial de la cabecera urbana del municipio de San Juan de Urabá**  
Fuente: POT Municipio de San Juan de Uraba 1999

La vía principal comercial y de servicios es la carrera 20 junto con un tramo de la calle 20 a la altura del parque principal, sin embargo esta vía no cuenta con las características de un anillo vial principal, esto debido a sus condiciones técnicas mínimas en diseño y construcción, además, la calle 20 actualmente en un costado funciona como terminal de transportes, lo que contribuye con el desorden y otro tipo de problemas urbanísticos, recordando que la vía principal que comunicaba o comunica a Necoclí con Arboletes, es la mencionada anteriormente, entrada de Necoclí – Carrera 20 – Parque Principal – Calle 20 – Salida Arboletes.





**Figura 4- 25 Estado de las vías**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>5 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA</b>	<b>5-2</b>
<b>5.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>5-2</b>
<b>5.2 AMENAZA POR INUNDACIÓN</b>	<b>5-2</b>
5.2.1 EVALUACIÓN GEOLÓGICA	5-3
5.2.2 EVALUACIÓN HIDRÁULICA	5-4
5.2.3 EVALUACIÓN SOCIAL – MAPEO DE INUNDACIÓN	5-7
5.2.4 CATEGORIZACIÓN DE LA AMENAZA	5-9
5.2.5 PRECISIÓN DE LA MODELACIÓN	5-12
5.2.6 RESULTADOS	5-12
<b>5.3 AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA</b>	<b>5-12</b>
5.3.1 INESTABILIDAD DE MÁRGENES	5-13
5.3.2 ESTABILIDAD DE LADERAS – FRM	5-14

## LISTA DE TABLAS

Tabla 5- 1 Características de flujo en el río San Juan para un caudal de 20 años de recurrencia considerando el caudal hallado para la creciente de diciembre de 2010. ....	5-5
Tabla 5- 3 Matriz de intensidad del evento, parámetros hidráulicos altura y velocidad de flujo....	5-11
Tabla 5- 4 Matriz de intensidad del evento del producto de los parámetros hidráulicos velocidad (v) y altura de flujo (y).....	5-11
Tabla 5- 5 Matriz de calificación de la amenaza por inundación. ....	5-11

## LISTA DE FIGURAS

Figura 5- 1 Geomorfología local, con T0 - T1 como zonas 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 de permanencia de la inundación.....	5-8
Figura 5- 4 Tiempo en alcanzar la altura máxima de lámina de agua durante la inundación. ....	5-8
Figura 5- 5 Relación del nivel máximo alcanzado en la inundación y las pérdidas económicas. ...	5-9
Figura 5- 6 Criterio de Inundación Peligrosa.....	5-10

## **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 e inestabilidad de márgenes en el sector del río San Juan, a la altura del casco urbano del municipio.

A continuación se explica de manera resumida y clara, para cada uno de los eventos la forma como se evalúo 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 San Juan de Urabá. 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 7 a 10 años.

Terraza 2: inundable cada 25 a 50 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 de los niveles media y alto, y estaría ubicado dentro de las zonas de ronda, por lo cual usaremos un criterio diferente: la zonas ubicadas en la terraza se identifican como amenaza alta, las ubicadas en la terraza 1 amenaza media y las ubicadas en terraza 2 sería amenaza baja.



Figura 5- 1 Geomorfología local, con T0 - T1 como zonas 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 San Juan asociados a los caudales de recurrencia 2 y 20 años, de manera que se pudieran establecer los grados de amenaza debida a inundación. Con este propósito se empleo 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 cuatro (4) kilómetros de longitud. La calibración del modelo se adelantó con base en el caudal y el nivel de la corriente correspondiente a crecientes ocurridas en los años 2010 y 2011 registrados en los trabajos de campo.

Los resultados obtenidos de correlaciones de caudales entre las estaciones dentro de la cuenca no daban valores adecuados ni se obtenían caudales similares. Las mediciones de caudales reportados por estaciones del IDEAM, además que las estaciones no han sido monitoreadas desde 1994 y en los registros no aparecen mayores caudales, fueron parcialmente contemplados usando una relación entre las áreas de las cuencas.

Dada la circunstancia de la carencia de información, se recurrió a encontrar la correlación entre los valores de caudal máximo anual registrado en las estaciones de El Carmelo con La Candelaria y los de ésta con los de La Laja. El objetivo perseguido fue el encontrar, a partir del caudal definido como el que generó la inundación en San Pedro,  $118 \text{ m}^3/\text{s}$ , el correspondiente en La Candelaria y en La Laja. Una vez establecido su valor, tomarlo como dato de entrada al modelo y verificar los niveles de respuesta con los observados en el campo. El caudal resultante para la estación hidrométrica de La Laja fue de  $940 \text{ m}^3/\text{s}$ , valor para el cual se corrió el modelo.

De la comparación de los niveles observados con los producidos por el modelo para el caudal de  $940 \text{ m}^3/\text{s}$ , se llega a la conclusión de que el caudal adoptado para simular la inundación está dentro del orden de magnitud del que originó la inundación del año 2011. A continuación se presentan las características de flujo para un caudal de 20 años de recurrencia (correlacionado con la edad de los depósitos establecida en la geología. Figura 5- 1 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

**Tabla 5- 1 Características de flujo en el río San Juan para un caudal de 20 años de recurrencia considerando el caudal hallado para la creciente de diciembre de 2010.**

TRAMO	SECCIÓN	Q TOTAL	COTA DE FONDO	COTA DE AGUA	VELOCIDAD DE FLUJO	ÁREA DE FLUJO	ANCHO DE SECCIÓN	NUMERO DE FROUDE
		(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
SAN JUAN	4000	940	-1.03	7.34	2.55	420.07	93.58	0.32
SAN JUAN	3950	940	-1.03	7.28	2.73	395.51	86.27	0.35
SAN JUAN	3900	940	-1.06	7.25	2.75	391.23	88.92	0.35
SAN JUAN	3850	940	-1.10	7.20	2.79	383.80	89.44	0.36
SAN JUAN	3800	940	-1.14	7.16	2.83	386.54	128.91	0.36
SAN JUAN	3750	940	-1.05	7.14	2.82	401.49	133.80	0.36
SAN JUAN	3700	940	-0.85	7.10	2.88	394.53	132.59	0.37
SAN JUAN	3650	940	-0.86	7.13	2.67	434.71	134.91	0.34
SAN JUAN	3600	940	-0.91	7.17	2.37	492.02	132.20	0.30
SAN JUAN	3550	940	-0.61	7.04	2.74	425.28	131.44	0.35
SAN JUAN	3500	940	-0.86	7.04	2.59	423.70	114.69	0.34
SAN JUAN	3450	940	-0.91	7.07	2.31	462.33	109.15	0.30
SAN JUAN	3400	940	-1.04	7.07	2.21	473.40	92.77	0.28
SAN JUAN	3350	940	-0.45	6.89	2.89	373.70	85.19	0.38
SAN JUAN	3300	940	-0.53	6.78	3.10	350.65	122.23	0.42
SAN JUAN	3250	940	-0.48	6.76	3.05	380.92	129.81	0.41
SAN JUAN	3200	940	-0.24	6.72	3.10	376.24	130.78	0.42
SAN JUAN	3150	940	-0.75	6.76	2.67	441.55	158.19	0.36
SAN JUAN	3100	940	-0.95	6.50	3.28	322.60	119.03	0.44
SAN JUAN	3050	940	-2.40	6.47	3.28	320.72	87.22	0.43
SAN JUAN	3000	940	-1.95	6.53	2.84	367.41	97.68	0.37
SAN JUAN	2950	940	-1.09	6.51	2.80	371.68	125.33	0.37
SAN JUAN	2900	940	-1.00	6.48	2.84	384.84	138.91	0.38
SAN JUAN	2850	940	-0.67	6.42	2.94	384.84	139.31	0.40
SAN JUAN	2800	940	-0.94	6.39	2.95	384.84	137.76	0.40
SAN JUAN	2750	940	-0.95	6.29	3.15	384.84	136.32	0.43
SAN JUAN	2700	940	-0.95	6.25	3.12	384.84	138.46	0.41
SAN JUAN	2650	940	-0.55	6.23	3.10	384.84	138.88	0.43
SAN JUAN	2600	940	-0.39	6.31	2.60	384.84	145.02	0.35
SAN JUAN	2550	940	-0.61	6.22	2.76	384.84	135.09	0.39
SAN JUAN	2500	940	-1.54	6.14	2.90	384.84	113.78	0.38
SAN JUAN	2450	940	-1.32	6.01	3.19	384.84	135.21	0.43
SAN JUAN	2400	940	-1.10	6.04	2.92	384.84	139.89	0.39
SAN JUAN	2350	940	-0.78	6.07	2.67	384.84	142.11	0.37
SAN JUAN	2300	940	-0.61	6.00	2.88	384.84	141.14	0.40
SAN JUAN	2250	940	-1.00	5.95	2.89	384.84	138.97	0.41
SAN JUAN	2200	940	-0.89	5.91	2.88	384.84	137.36	0.44
SAN JUAN	2150	940	-0.72	5.81	3.08	384.84	139.59	0.43
SAN JUAN	2100	940	-0.64	5.94	2.30	384.84	171.64	0.31
SAN JUAN	2050	940	-0.80	5.93	2.11	384.84	161.05	0.31
SAN JUAN	2000	940	-1.47	5.94	1.94	384.84	179.50	0.27
SAN JUAN	1950	940	-3.05	5.86	2.26	384.84	157.52	0.28
SAN JUAN	1900	940	-2.76	5.76	2.60	384.84	148.09	0.35

**Continuación - Características de flujo en el río San Juan para un caudal de 20 años de recurrencia considerando el caudal hallado para la creciente de diciembre de 2010.**

TRAMO	SECCIÓN	Q TOTAL	COTA DE FONDO	COTA DE AGUA	VELOCIDAD DE FLUJO	ÁREA DE FLUJO	ANCHO DE SECCION	NUMERO DE FROUDE
		(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(msnm)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
SAN JUAN	1750	940	-2.35	5.65	2.63	384.84	101.13	0.35
SAN JUAN	1700	940	-1.00	5.42	3.25	384.84	85.60	0.46
SAN JUAN	1650	940	-1.90	5.39	3.15	384.84	67.70	0.46
SAN JUAN	1600	940	-2.14	5.45	2.74	384.84	100.71	0.37
SAN JUAN	1550	940	-1.90	5.44	2.72	384.84	112.00	0.37
SAN JUAN	1500	940	-2.56	5.48	2.32	384.84	148.54	0.32
SAN JUAN	1450	940	-1.62	5.50	2.17	384.84	152.84	0.28
SAN JUAN	1400	940	-3.05	5.51	1.97	384.84	153.83	0.25
SAN JUAN	1350	940	-4.73	5.53	1.70	384.84	216.40	0.20
SAN JUAN	1300	940	-6.46	5.45	2.06	384.84	185.27	0.23
SAN JUAN	1250	940	-2.78	5.36	2.33	384.84	151.91	0.30
SAN JUAN	1200	940	-2.88	5.35	2.32	384.84	145.41	0.34
SAN JUAN	1150	940	-2.70	5.26	2.59	384.84	143.16	0.36
SAN JUAN	1100	940	-2.09	5.01	3.27	384.84	135.09	0.47
SAN JUAN	1050	940	-2.46	5.08	2.77	384.84	140.74	0.38
SAN JUAN	1000	940	-2.09	4.97	2.99	384.84	103.38	0.42
SAN JUAN	950	940	-3.62	4.98	2.77	384.84	103.61	0.37
SAN JUAN	900	940	-3.55	4.97	2.68	384.84	105.39	0.35
SAN JUAN	850	940	-2.85	4.81	3.08	384.84	99.63	0.43
SAN JUAN	800	940	-2.75	4.55	3.75	384.84	96.99	0.48
SAN JUAN	750	940	-1.91	4.46	3.78	384.84	95.48	0.56
SAN JUAN	700	940	-2.52	4.46	3.59	384.84	97.56	0.52
SAN JUAN	650	940	-2.39	4.39	3.63	384.84	95.95	0.50
SAN JUAN	600	940	-1.58	4.03	4.29	384.84	67.23	0.61
SAN JUAN	550	940	-3.40	4.30	3.14	384.84	125.32	0.37
SAN JUAN	500	940	-3.46	3.34	5.21	384.84	117.09	0.78
SAN JUAN	450	940	-3.30	3.42	4.65	384.84	118.91	0.67
SAN JUAN	400	940	-3.44	3.59	3.75	384.84	114.70	0.49
SAN JUAN	350	940	-4.12	3.36	4.13	384.84	73.66	0.55
SAN JUAN	300	940	-4.09	3.50	3.40	384.84	97.42	0.44
SAN JUAN	250	940	-3.32	3.15	4.13	384.84	75.85	0.59
SAN JUAN	200	940	-3.34	2.07	5.86	384.84	40.71	0.92
SAN JUAN	150	940	-4.51	2.42	4.61	384.84	40.15	0.63
SAN JUAN	100	940	-5.44	2.62	3.51	384.84	52.47	0.47
SAN JUAN	50	940	-5.80	2.72	2.95	384.84	65.24	0.36

### 5.2.3 Evaluación social – mapeo de inundación

El tercer criterio usado para la definición de aéreas de amenaza fue la recolección de información de campo que permitiera establecer la altura de agua y las características de la inundación en los elementos afectados.

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 en la muestra de 16 viviendas, el nivel de agua varía entre los 0 y 1,5 metros, las viviendas encuestadas que son afectadas por alturas de agua mayores a 1 metro y donde el agua llegaría a las cubiertas de las viviendas es menor a 38%. La Figura 5- 2 muestra la distribución porcentual.

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

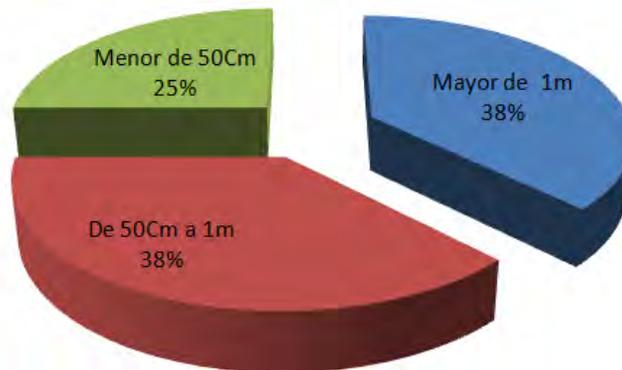


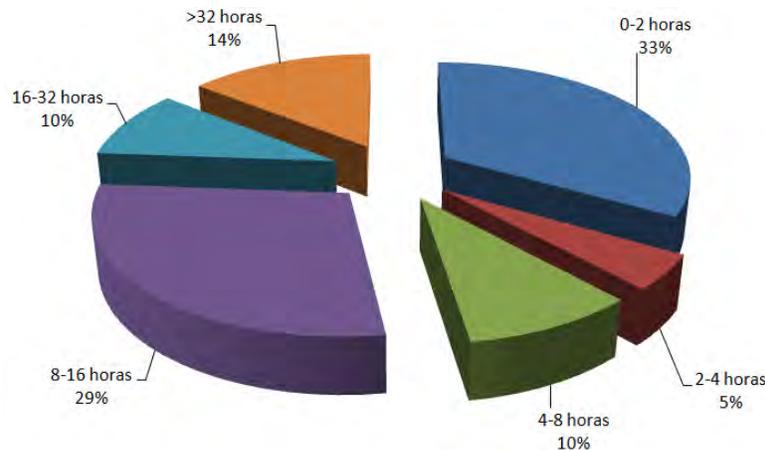
Figura 5- 2 Nivel del agua en el interior del predio encuestado.

#### Tiempo de permanencia de la inundación

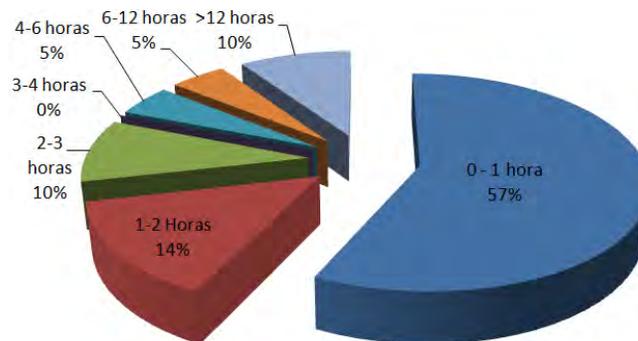
Para caracterizar la amenaza por inundación, es pertinente conocer dos variables de mucha importancia: El tiempo en que tardó la altura del agua en alcanzar el nivel máximo luego de haber sobrepasado la corona de la margen del río y el tiempo de permanencia de la inundación.

Las Figura 5- 3 y Figura 5- 4 muestran el comportamiento de la corriente. La inundación ocurre en un corto periodo de tiempo, según la percepción de la comunidad para el 57% de los encuestados el nivel máximo de la inundación se presenta en tan solo una hora y para el 14% presencian el nivel máximo en dos horas; según la población las inundación se deben a la alta velocidad del flujo y al represamiento que tiene el río San Juan al tratar de desembocar en el mar debido a que la cota de fondo del rio San Juan se encuentra por debajo de la cota del mar.

Los tiempos de permanencia de la inundación varían según el sitio, en algunos lugares encuestados para el 33% la permanencia de agua dura de 0 a 2 horas y para el 29% tarda de 8 a 16 horas. Lo que muestra una variación amplia en los tiempos de drenado de los afluentes.



**Figura 5- 3 Tiempo de permanencia de la inundación.**



**Figura 5- 4 Tiempo en alcanzar la altura máxima de lámina de agua durante la inundación.**

En términos de riesgos, es importante verificar la relación entre la altura de lámina de agua y las pérdidas económicas sufridas en los predios. La Figura 5- 5 muestra la relación directa entre altura de agua y pérdidas, se puede ver un punto crítico de perdidas para las viviendas a partir de una lamina mayor a 50 cm se empiezan a generar perdidas superiores al millón de pesos.

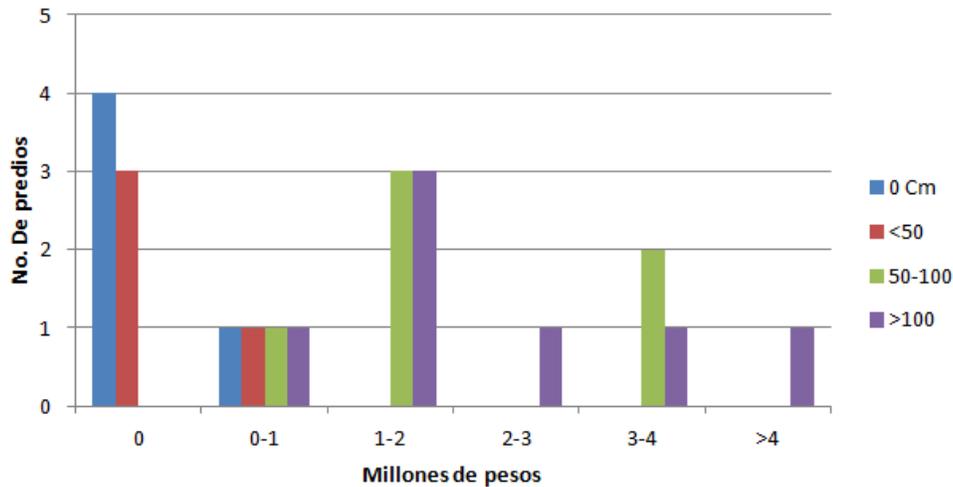


Figura 5- 5 Relación del nivel máximo alcanzado en la inundación y las pérdidas económicas.

#### 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 río San Juan, se mapearon las curvas de inundación para el Tr de 20 años, el cual registró desborde del cauce y que se muestran en el plano de amenaza por inundación.

Es necesario recordar que la modelación hidráulica no se realizó para los 100 años de recurrencia por limitaciones en las series de datos que impiden determinar los caudales de baja probabilidad.

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 San Juan, las crecientes que generan inundación son las correspondientes al periodo de retorno de 20 años, que corresponde a probabilidad de ocurrencia de 0.05, catalogadas como media.

Para efectos de la categorización de la amenaza, la zona no inundable con tr de 20 años se define como amenaza baja, mientras la zona de inundación para el tr de 2.33 a 20 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 San Juan, 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 Figura 5- 6.

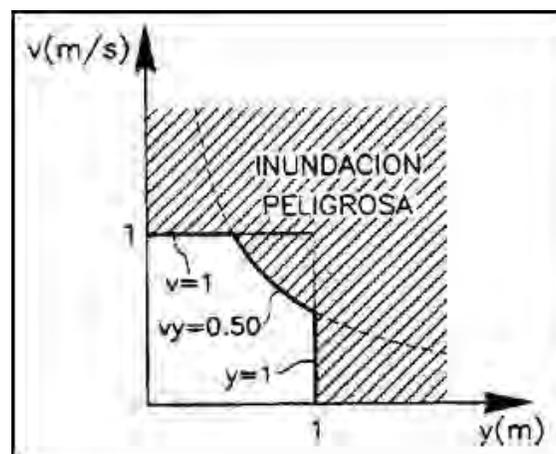


Figura 5- 6 Criterio de Inundación Peligrosa.

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 la Figura 5- 3 y Figura 5- 5:

**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 y (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 <sup>2</sup> /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 Figura 5- 5:

**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  $Tr < 2.33$  años y prácticamente corresponde al cauce actual, alturas de agua mayores a 1 m o las velocidades del flujo mayores a 1 m/s<sup>2</sup>.

**Amenaza media por inundación:** Es la zona de la llanura de inundación donde las crecientes presentan periodos de retorno  $2.33 \leq Tr < 20$  años, las alturas de agua son menores a 1 m o las velocidades de flujo menores a 1 m/s<sup>2</sup>.

**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/s<sup>2</sup>.

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.

Contrastando las cartografías generadas bajo los tres criterios se puede observar una buena correspondencia entre las terrazas inundables y los límites de inundación para Tr de 20 años, 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 20 años.

En conclusión se puede concluir que los resultados presentados son precisos, es decir reflejan la condición de inundación de la zona urbana del Municipio de San Juan de Urabá.

### **5.2.6 Resultados**

El evento de inundación de la zona urbana de San Juan de Urabá se presenta para periodos de retorno de 20 años, que se consideran probabilidades de ocurrencia 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<sup>2</sup>, 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.

Las zonas más afectadas son el barrio San Juan Oriental (Pueblo Mocho) en la margen derecha del río San Juan y Pueblo Chino en la margen izquierda del río.

## **5.3 AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA**

Los estudios y análisis de amenaza por fenómenos de remoción en masa de San Juan de Urabá, están orientados a determinar el grado de estabilidad de las laderas adyacentes al municipio y de los márgenes del río San Juan. Cada uno de estos aspectos se 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 San Juan 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 y se realiza un inventario detallado de puntos inestables y sectores con obras de contención.

#### 5.3.1.1 Condiciones Actuales.

El cauce del río San Juan a la altura del casco urbano del municipio, presenta baja pendiente y se encuentra bien definido, donde sus márgenes de baja altura delimitan un comportamiento meándrico y una gran acción erosiva de la corriente. En el río San Juan se observan procesos activos relacionados con socavación y desprendimiento de material por pérdida de soporte, los cuales son acelerados por el proceso de deforestación de la cobertura de galería que han sufrido las márgenes; el detonante de los procesos de inestabilidad de las márgenes corresponde a la erosión lateral del cauce sobre las márgenes que actúa en la base de los taludes en las partes curvas del cauce (margen exterior de la curva principalmente).

El cambio de usos del suelo en las márgenes ha reemplazado la cobertura natural de baja altura que protege el suelo y por ende se ha acelerado el proceso de erosión. La pérdida de material y exposición de nuevo suelo ha facilitado un rápido avance de 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 deslizamientos activos y erosión de gran avance, especialmente sobre la zona meándrica y en zonas de poca o nula vegetación, donde los procesos erosivos de la corriente son frecuentes.

**Zona de amenaza media:** Son aquellas márgenes en zonas donde las corrientes discurren por el canal bien definido, donde existen erosión de medio avance y existe vegetación en forma parcial o total.

**Zona de Amenaza baja:** Corresponde a las márgenes de las corrientes donde el cauce presenta una zona de divagación adecuada y donde existen procesos de bajo avance o incipientes.

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 – FRM

#### 5.3.2.1 Condición actual

La ladera contigua al sector de San Juan Occidental denominada geológicamente como escarpe 3, muestra indicios de fenómenos de remoción en masa recientes y antiguos asociados a la actividad de la falla San Juan.

#### 5.3.2.2 Condiciones del análisis de estabilidad

Con el fin de evaluar la estabilidad de las laderas aledañas al casco urbano, 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  $R_u=0.1$  (Nivel de presión de poros)
- **Condición crítica:** Considerando el efecto de un nivel piezométrico en materiales finos, con  $R_u=0.1$  (Nivel de presión de poros) y una inclusión de onda sísmica.

Cabe recordar que durante la ejecución del programa de exploración no se registraron niveles de agua a lo largo de esta ladera; sin embargo 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.

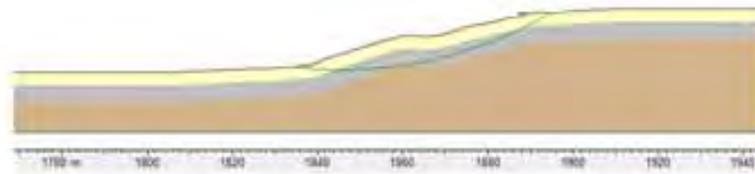
#### 5.3.2.3 Morfología y modelo geológico – geotécnico de las laderas

Teniendo en cuenta la variación de las pendientes en la ladera, se establecieron 3 geometrías representativas. Estas geometrías representan las tres pendientes de ladera más comunes de la zona.

Además y para tener en cuenta la variabilidad de los materiales encontrados, se estableció un modelo geológico geotécnico que se plasma en las tres secciones abarcando así la totalidad del área contigua a San Juan Occidental.

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 5-7 se presenta un ejemplo de los modelos elaborados.



**Figura 5-7 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 aluviales y residuales, 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 compresiones inconfiadas y pesos unitarios y se agrupan por tipo de material, de tal forma que se determine los rangos de variación de la cohesión y el peso unitario. Estos se comparan con los parámetros obtenidos por el ensayo de SPT, de tal manera que se pueda analizar globalmente cual es la tendencia general de la cohesión y el ángulo de fricción de cada uno de los suelos. 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 valores de ángulos de fricción obtenidos del ensayo de SPT simulan adecuadamente el comportamiento del material de la capa 1 – arcilla limosa..
- Para la arcilla con fragmentos y comportamiento no drenado, se asumen como representativos los resultados de la compresión inconfiada ejecutada en laboratorio sobre una muestra inalterada de la perforación.
- Para el valor de cohesión de la capa 3 – Roca se asumieron como representativos los resultados de compresión inconfiada de la trinchera 4.

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

**Tabla 5-1 Caracterización geomecánica para los análisis de estabilidad**

Capa	Peso Unitario kn/m <sup>3</sup>	Cohesión kn/m <sup>2</sup>	Angulo de fricción (°)
Arcilla limosa	18	1.65	25.58
Arcilla con fragmentos	18	35.3	0
Roca	20	244.2	0

### 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 (ver figuras 5-2 a 5-4) 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.

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 las componentes vertical y horizontal (considerando que la cercanía de la falla San Juan genera altas aceleraciones y similares en las dos direcciones.

Los resultados de estabilidad para cada sector se presentan a continuación.

#### 5.3.2.5.1 Sección 11

La figura 5-2 muestra los análisis de estabilidad, realizados sobre la sección 11 ubicada en cercanías al barrio 2 de Abril. La superficie de falla en condición actual se ubica en la capa superficial involucrando 1 o 2 metros de suelo bajo la superficie. El factor de seguridad en condición de agua colgada ( $R_u=0.1$ ) es de 1.046 y puede reducirse a 1 si aumenta el nivel de agua (análisis de sensibilidad), hecho que es consecuente con los procesos superficiales que se observan en la actualidad y que fueron cartografiados en el plano de procesos.

Ante la posibilidad de ocurrencia de un evento tipo sismo, producido especialmente por la falla San Juan, el análisis de estabilidad con la inclusión de la onda sísmica muestra que los factores de seguridad se ven reducidos a 0.752 y se observa el cambio de la forma en la superficie de falla a tipo profunda, involucrando las dos primeras de capa y un espesor de más de 7 metros de suelo.

Estas condiciones indican que por ningún motivo deben existir construcciones en este sector ya que difícilmente podrían resistir los desplazamientos verticales y horizontales de un evento de esta magnitud. Es importante anotar que las superficies de falla no muestran

una afectación de la corona del terraza y únicamente se vería afectada la media ladera; esta condición indica la posibilidad de asentamientos humanos en zona superior de la ladera siempre y cuando cumplan los lineamientos de la norma NSR-10 de construcciones.

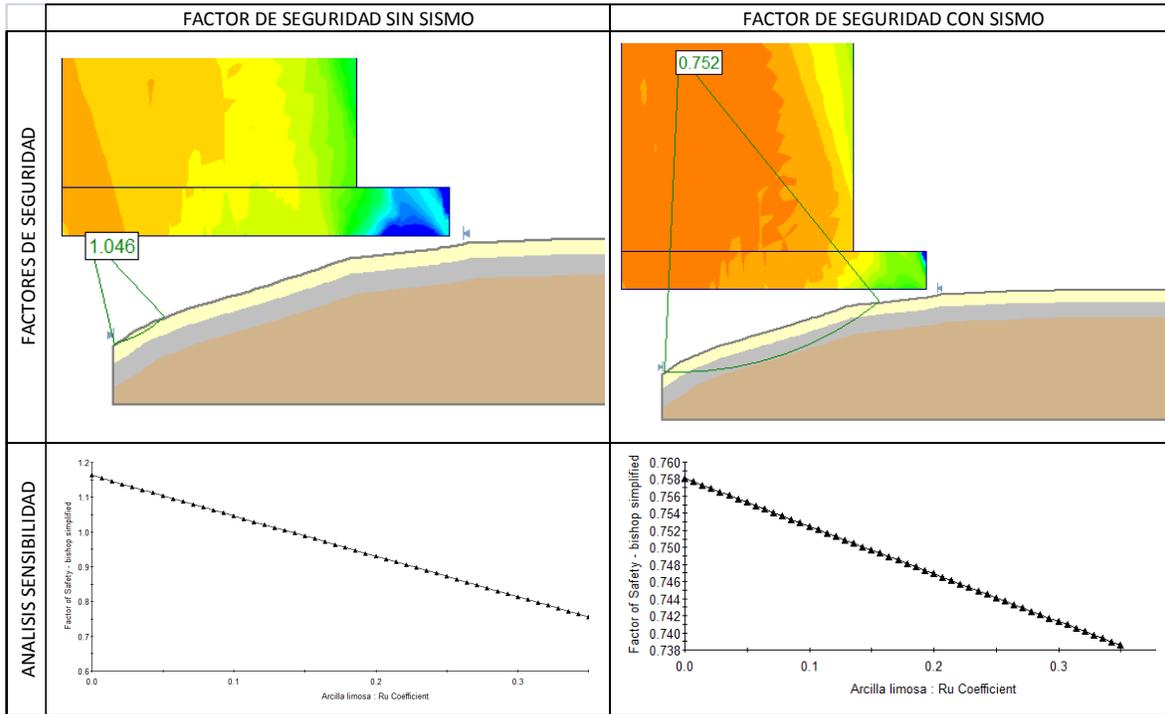


Figura 5-1 Análisis de estabilidad sección 11- barrio 12 de Abril.

Con los mismo parámetros de suelo y evaluando condiciones similares se realizaron los análisis de las secciones 12 y 13.

### 5.3.2.5.2 Sección 12

La figura 5-3 muestra los análisis de estabilidad, realizados sobre la sección 12 ubicada en cercanías al barrio hospital. La superficie de falla en condición actual se ubica en la capa superficial involucrando 1 o 2 metros de suelo bajo la superficie. El factor de seguridad en condición de agua colgada ( $R_u=0.1$ ) es de 1.80 y puede reducirse a 1.5 si aumenta el nivel de agua (análisis de sensibilidad).

Ante la posibilidad de ocurrencia de un evento tipo sismo, el análisis de estabilidad con la inclusión de la onda sísmica no muestra falla aunque los factores de seguridad se ven reducidos a 1.08 y se observa el cambio de la forma en la superficie de falla a tipo profunda, involucrando las dos primeras de capa y un espesor de más de 7 metros de suelo. Aunque el factor de seguridad es mayor a la unidad, no se descarta un evento donde además de la onda sísmica ocurra un aumento de nivel de agua (aumento de presión de poros por efecto de acumulación de aceleraciones) y por ende la falla del talud.

Esta condición limita la habitabilidad de la zona con condiciones similares a las observadas en la sección 11.

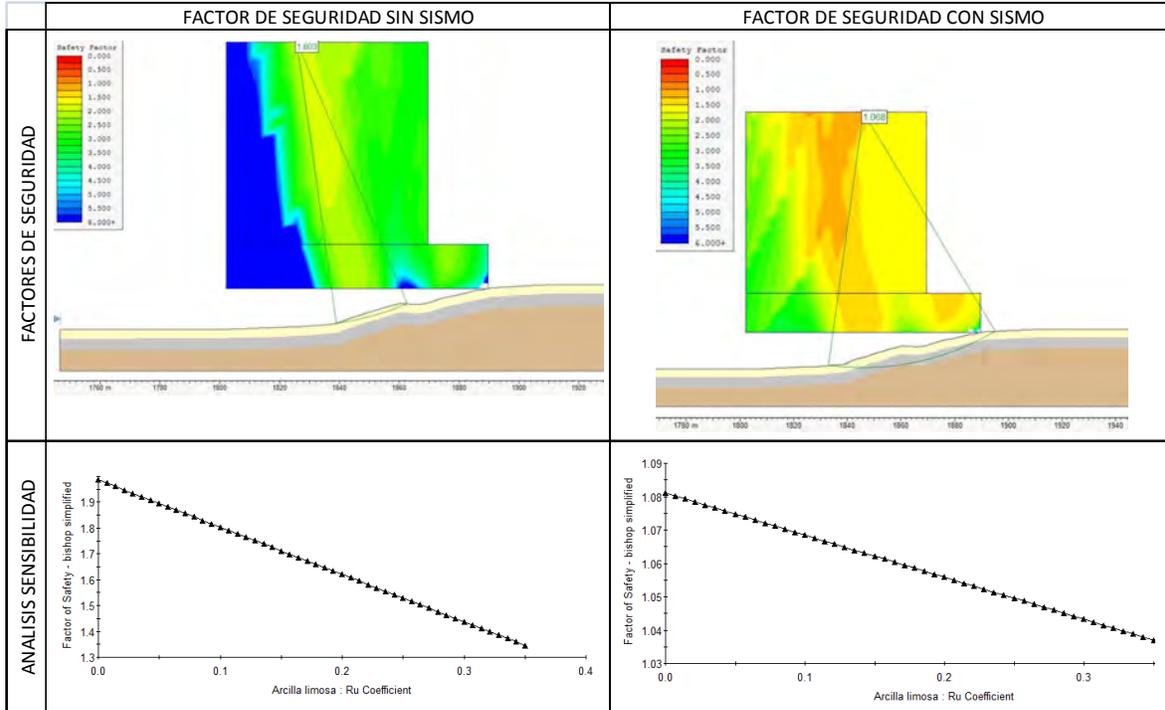


Figura 5-2 Análisis de estabilidad sección 12- sector hospital.

### 5.3.2.5.3 Sección 13

La figura 5-4 muestra los análisis de estabilidad, realizados sobre la sección 13 ubicada en cercanías al barrio centro. La superficie de falla en condición actual se ubica en la capa profunda involucrando 6 o 7 metros de suelo bajo la superficie. El factor de seguridad en condición de agua colgada ( $R_u=0.1$ ) es de 1.56 y puede reducirse a 1.4 si aumenta el nivel de agua.

Ante la posibilidad de ocurrencia de un evento tipo sismo, el análisis de estabilidad con la inclusión de la onda sísmica muestra falla del talud con factores de seguridad de 0.907 con superficie de falla tipo profunda; la falla también se presenta aún con el suelo seco. Esta condición limita la habitabilidad de la zona con condiciones similares a las observadas en la sección 11.

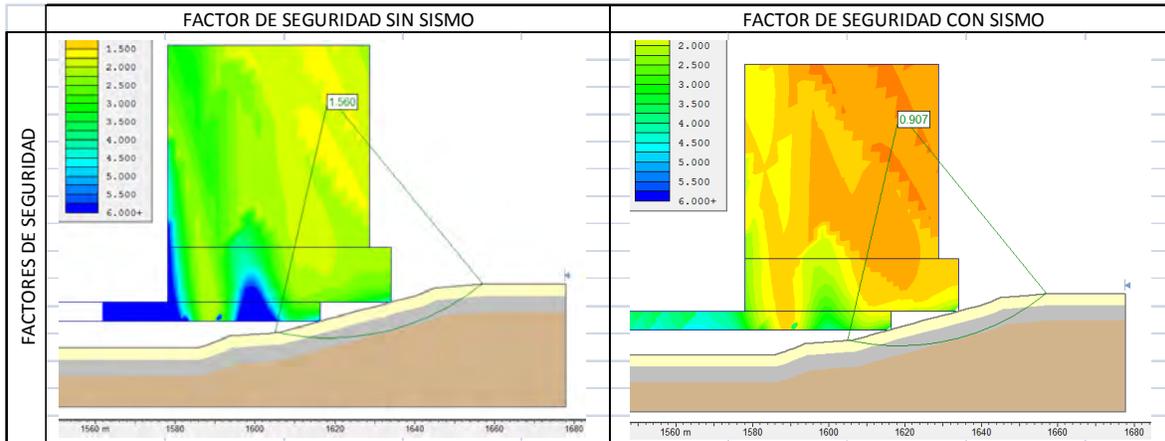


Figura 5-3 Análisis de estabilidad sección 13- sector centro.

### 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 5-2 se presenta la categorización de la amenaza establecida en el estudio:

Tabla 5-2 Categorización de la amenaza por PRM

Factor de seguridad	Nivel de amenaza
$0.00 \leq FS \leq 1.10$	Alta A
$1.10 \leq FS \leq 1.90$	Media M
$FS \geq 1.90$	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).

Como en el evento de sismo las tres secciones estudiadas tienen factores de seguridad menor a 1.1, la ladera contigua a San Juan Occidental es catalogada como de amenaza alta.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>7 VALORACIÓN DEL RIESGO .....</b>	<b>7-1</b>
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 Inestabilidad de márgenes y fenómenos de remoción en masa</i> .....	7-2
7.2 MITIGABILIDAD DE RIESGO .....	7-3

## 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

## 7 VALORACIÓN DEL RIESGO

Una vez definida la amenaza por inundación y por inestabilidad de las márgenes 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 por inundación algunas manzanas del barrio San Juan Oriental y Pueblo Chino.

*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 las manzanas restantes de San Juan Oriental.

*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 20 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. Únicamente la manzana a sur de pueblo chino se encuentra en esta categoría.

### 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 por inundación algunas manzanas del barrio San Juan Oriental y Pueblo Chino.

*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 esta por debajo de 1 m y cercano a los 0,5 m. Se encuentran en zona de riesgo físico medio por inundación las manzanas restantes de San Juan Oriental.

*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 20 años, y alturas de agua menores a 0.5 m. No hay manzanas en esta categoría

Como se puede observar en los planos de riesgo por inundación presentados las manzanas con altos o medio niveles de riesgo, corporal o físico, se encuentran ubicadas en los barrios San Juan Oriental – Pueblo Mocho y Pueblo Chino.

### 7.1.2 Riesgo por Inestabilidad de márgenes y fenómenos de remoción en masa.

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. En el plano 15 se presenta el plano de riesgo por inestabilidad de márgenes.

Así, teniendo en cuenta el grado de exposición ante el evento los niveles de riesgo se definen como:

*Riesgo alto:* las manzanas incluidas sobre la ladera y junto a la corona contigua a San Juan Occidental son catalogadas de alto riesgo por la posibilidad de alta afectación en un evento de deslizamiento detonado por sismo. Manzanas 0522, 0523, 0525, 0412, 0314A, 0213B, 0213A, 0116, 0714, 0710.

*Riesgo Medio:* las manzanas ubicadas en la corona de la terraza occidental que están a una distancia mayor a 3 metros y en la terraza oriental. Dentro de esta categoría está la manzana 0518, 0521, 0114, 0602, 0607, 0708.

*Riesgo Bajo:* Están en esta categoría las manzanas que en la actualidad no se identifica la generación de riesgo por inestabilidad de las márgenes, si no se realiza la gestión del riesgo adecuada son susceptibles a este, estos son los predios cercanos a la margen de derecha del río que se ubican en las manzanas 0612, 0707, 0709, 0601, 0613, 0614, 0616, 0520,

En general se recomienda proteger y mejorar la cobertura de ribera del cauce a todo lo largo del mismo, en las zonas donde esta mas intervenida la vegetación se han generado los problemas de inestabilidad de las márgenes.

## 7.2 MITIGABILIDAD DE RIESGO

Dadas las características de las inundaciones que afectan al casco urbano del Municipio de San Juan de Urabá:

- Sus bajas velocidades en la planicie de inundación
- Alturas de lámina de agua menores a los 2 m,
- Tiempo de la inundación es muy bajo, la creciente dura del orden de las 4 a 6 horas.
- Las velocidades de flujo en la zona urbana son menores a 1 m/s

Se puede afirma que el nivel de riesgo actual que afecta a la comunidad es mitigable. Por tanto, las consecuencias de las inundaciones se pueden mitigar o atenuar con la conformación de zonas que aislen los asentamientos humanos del cauce o valle de inundación del río, mediante la conformación de muros de suelo a lo largo de la margen derecha del cauce, estos confinan el cauce, modificando la cota de desborde, por tanto minimizando los eventos de inundación y sus efectos.

Por sectores, con la conformación de los muros de suelo, el proceso de inundación se controla totalmente, este control en el tiempo va a depender de un adecuado mantenimiento de los mismos y de la recuperación de la vegetación de ribera en las márgenes del cauce.

Adicionalmente, se debe aprovechar la oportunidad que brinda la gestión del riesgo, para establecer y normatizar la zona de ronda y de manejo y protección ambiental de las márgenes del río, de manera congruente con los resultados del presente estudios y obras propuestas para el control y mitigación del riesgo por inundación e inestabilidad de las márgenes del río San Juan a la altura del casco urbano.

En cuanto a los fenómenos de remoción en masa actuales y potenciales de la ladera contigua a San Juan Occidental, este tipo de eventos generan una amenaza que no puede ser mitigada y por ende las manzanas contiguas son catalogadas como de riesgo no mitigable. En estos sectores se recomienda la reubicación de las viviendas (ya que los

procesos se profundizan cuando son detonados por un sismo) y además un congelamiento de las manzanas cercanas tal y como se muestra en el plano de mitigabilidad.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>8</b>	<b>PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO.....</b>	<b>8-1</b>
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>8-2</i>
8.3.2	<i>Medidas de Mitigación - No Estructurales.....</i>	<i>8-3</i>
8.3.3	<i>Medidas de Mitigación – Estructurales.....</i>	<i>8-7</i>
8.4	NIVEL DE RESPONSABILIDAD .....	8-7

## LISTA DE TABLAS

Tabla 8-1.	Matriz de responsabilidades .....	8-9
------------	-----------------------------------	-----

## **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 la zona urbana del municipio de San Juan de Urabá, 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 ha sido generada por el avance y recorrido natural de los cauces en forma meándrica, trayecto que por su forma facilita la aparición de procesos de inestabilidad de márgenes y que se han visto acelerados por la intervención del hombre sobre el medio físico, consecuencia directa del avance urbanístico de la zona.

En el casco urbano, parte del desarrollo urbano se ha consolidado sobre las terrazas inundables del río San Juan, las cuales se encuentran relacionadas de menor a mayor elevación como T0, T1 y T2; diferenciándose de la terraza no inundable denominada T3. Con base en el nivel actual de cada una de las terrazas y las características que indican las crecientes asociadas a las mismas, unido a los resultados de la modelación hidráulica de crecientes, se estimó el grado de amenaza por inundación al cual se encuentran expuestas las viviendas existentes en el área de estudio, obteniendo un nivel alto, medio y bajo.

Los fenómenos de remoción en masa asociados a la inestabilidad de las márgenes se encuentran ubicados de forma aferente a la corriente del río San Juan. Los análisis realizados permitieron diferenciar tres (3) niveles de amenaza distribuidos de forma simplificada de la siguiente manera: amenaza alta en las zonas externas de meandros del río San Juan; amenaza media en las zonas internas de los meandros y en tramos rectos donde exista pérdida de cobertura vegetal; y amenaza baja en los tramos rectos sin pérdida de cobertura vegetal.

### **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 20 años y la restricción de uso y/o congelación del desarrollo urbano sobre la ronda hidráulica de los cauces, así como la reconfiguración de los sectores afectados por la inestabilidad de márgenes, las cuales pueden verse afectadas por fenómenos 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 la inestabilidad de márgenes considera la necesidad de eliminar la exposición de algunos predios que se encuentran en la línea de avance de una posible masa desplazada. Para estos predios se requiere su reubicación mientras que para los de menor alcance no se prevén medidas. Para disminuir el grado de amenaza de estos fenómenos, se plantea la restricción de usos del suelo y la revegetalización de las laderas, disminuyendo la exposición del suelo a los agentes ambientales.

En el caso de las amenazas por inundación se propone la reubicación de algunas viviendas que se encuentran localizadas en la zona de ronda hidráulica del Río San Juan y que estarán expuestas a la inundación aún con la inclusión de medidas de control, esto con el fin de recuperar las zonas verdes de los cauces y el área libre de circulación de crecientes.

Se plantean dos tipos de actividades: No Estructurales y Estructurales. Sin embargo estas actividades en su conjunto pueden ser integradas a través de la implementación de un programa de mejoramiento integral, que permita acceder a un ordenamiento racional del uso del suelo y corregir la ausencia o complementación adecuada de la infraestructura de servicios públicos básicos.

#### **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 y 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 la ejecución de obras de mitigación y control del riesgo, que corresponden a las medidas planteadas en el presente informe para el manejo de las amenazas por inundación e inestabilidad de márgenes por fenómenos de remoción en masa. Estas obras se consideran como de ejecución a corto plazo. Adicionalmente se debe realizar la conformación de zonas de aislamiento y protección a las que puede darse un uso de tipo recreativo.

Este programa puede ser incorporado en los planes establecidos en la actualización del POT del municipio de San Juan de Urabá.

### **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 en las márgenes y laderas, 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.

Dentro de este grupo se encuentran tres tipos de medidas a diferenciar: la recuperación de cobertura en las márgenes, sector que tiene alta restricción de uso; la restricción de uso de vivienda en las amplias terrazas inundables pero que pueden ser aprovechadas para uso agropecuario y la tercera es la restricción de uso del suelo en ladera contigua a San Juan Occidental por potenciales fenómenos de remoción en masa, no habitable.

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 baja pero 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.

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 y que están dentro de la zona de inundación aún con medidas de mitigación. La reubicación de familias se hace para evitar afectaciones debidas a velocidad de la corriente en una creciente, 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 que se dispone del municipio.

**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 municipio, contemplando tanto el adecuado manejo de las aguas de escorrentía como la recuperación de la cobertura vegetal y el control de los procesos erosivos presentes en las márgenes del Río San Juan.

**Delimitación de la ronda y zona de protección y manejo ambiental del río San Juan:** Es indispensable que conjuntamente con la conformación de la zona de manejo y protección ambiental, se delimite geográficamente la ronda del Río San Juan y las quebradas conexas a lo largo sus márgenes, en cumplimiento de las normas de protección y preservación de cauces establecidas en la normatividad y en el POT del municipio de San Juan de Urabá, de tal manera que se proteja y blinde su cauce, reactivando y protegiendo además la vegetación de la ribera (**Recuperación Bosque de Galería**).

La cabecera municipal de San Juan de Urabá no tiene hasta ahora mayores problemas de invasión de los bordes de los cauces para la construcción de vivienda y esto se constituye en una importantísima fortaleza para su desarrollo futuro. Con excepción de los barrios ya descritos que son periódicamente inundables, en donde se pueden establecer medidas de mitigación tales, se debe dar prioridad a la reubicación de las viviendas que se afectaron de manera severa en la temporada lluviosa de 2010 que parece ser la más dañina que ha ocurrido hasta el presente.

Como norma de previsión a corto plazo, pero con notables beneficios a mediano y largo plazo, el municipio debe aplicar un control a la invasión de los cauces naturales con el fin de evitar este tipo de problemas, especialmente en Pueblo Mocho y Pueblo Chino. Una síntesis de la parte legal colombiana que tiene que ver con la ocupación de las márgenes de ríos y quebradas sería la siguiente:

**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 de 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.

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, 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 de San Juan de Urabá y mientras no exista un POMCA del río San Juan, los retiros del borde convexo del río serían:

R1: Se define como el borde externo de la terraza T2.

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.

Ancho Total a guardar de distancia al río en el área urbana: 29 a 30 m. Esta será la distancia a reglamentar en los barrios descritos.

Para la condición actual, la zona de ronda hidráulica incluiría todo el perímetro inundable del río San Juan bajo un análisis con periodo de retorno ( $T_r$ ) 20 años, más una franja de quince (15) metros en las demás quebradas existentes en aferencia con el casco urbano del municipio de San Juan de Urabá.

Anexo al informe se presenta un plano con las acciones de gestión del riesgo propuestas dentro de las que se incluye la definición de la ronda hidráulica para las corrientes consideradas en el estudio. 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 y 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 apropiar 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 (asociado a inestabilidad de márgenes) 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 – Estructurales

Este tipo de medidas pretende mejorar las condiciones de seguridad en los sectores más vulnerables ante eventos de inundaciones. En general se trata de disminuir en forma directa el riesgo modificando las características de los eventos amenazantes o las características de los elementos expuestos; en este caso el mejoramiento de las condiciones de seguridad se busca lograr controlando las afectaciones a la zona urbana por el avance de la creciente del río San Juan y las quebradas conexas.

A continuación se describe el tipo de obras para cada acción, de acuerdo con lo presentado en los planos, adjuntando al final las fichas técnicas de las obras de control y mitigación del riesgo de las principales obras recomendadas.

**Diseño y construcción de obras de protección y control para inundaciones y estabilidad de márgenes:** Estas obras están encaminadas a la protección de las viviendas contra la acción del agua de una creciente, así como al control de ascensos locales del nivel de agua dentro de un concepto de tratamiento integral.

**Muro en suelo compactado confinado en bioestructura de madera:** Con el fin de dar protección a una franja importante del casco urbano de San Juan de Urabá en su sector oriental y ante los eventos de crecientes del río San Juan, se plantea la posibilidad de construir un muro flexible (jarillón) con materiales existentes en cercanías al centro poblado que integre no solo una barrera física, sino que permita adaptar esta solución al entorno, por medio de la incorporación de obras de bioingeniería que constituyan una obra amigable con el ambiente y con los pobladores.

La obra propuesta se implantaría sobre la margen derecha del río San Juan en dos tramos a lado y lado del estribo del puente, encargándose de cubrir la infraestructura existente a lo largo del sector denominado pueblo.

Todas las acciones incluirán o serán complementadas con obras de revegetalización en las zonas recuperadas.

**Obras Complementarias:** Estas acciones están encaminadas al mejoramiento y/o reconstrucción de obras existentes, que ofrezcan un incremento en la calidad de vida de los habitantes del municipio, así como en infraestructura física.

De forma puntual las acciones propuestas son: el mejoramiento de las obras de drenaje y alcantarillado pluvial del sector de Villa Vikingo, la descarga adecuada de aguas residuales y combinadas que provienen de las viviendas y el mantenimiento y monitoreo del drenaje de la vía principal (que pasa en medio de San Juan Oriental) y del vía hacia arboletes.

## 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								INVIAS
		Alcaldía municipal – Secretarías				Corpourabá	Dapard	Empresas de Acueducto y Alcantarillado	Juntas de Acción Comunal	
		Gobierno	Planeación	Desarrollo Comunitario	Obras Públicas					
<b>OBRAS DE MITIGACIÓN – NO ESTRUCTURALES</b>										
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 del Río San Juan	P, D, E		1	2		1	2	2	2	
5 - Información Pública	TS, R			1		2	2		2	
<b>OBRAS DE MITIGACION – ESTRUCTURALES</b>										
<b>1- Diseño y construcción de obras de mitigación y control</b>										
Jarillones	D, C		1		1	1	1		3	
Obras complementarias	D, C	1	1		1	1	1		3	1
<b>3- Obras de recuperación de cobertura</b>										
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

## CONTENIDO

<b>9 ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO .....</b>	<b>9-1</b>
9.1 INTRODUCCIÓN.....	9-1
9.2 DIAGNÓSTICO DEL POT FRENTE A LA GESTIÓN DE RIESGOS .....	9-1
9.2.1 <i>Políticas generales para el ordenamiento urbano propuesto .....</i>	<i>9-1</i>
9.2.2 <i>Respecto a los recomendaciones de los estudios geológicos anteriores..</i>	<i>9-2</i>
9.2.3 <i>Políticas y estrategias para la expansión y desarrollo urbano.....</i>	<i>9-3</i>
9.2.4 <i>Planes, programas y proyectos: Plan de uso del suelo urbano.....</i>	<i>9-4</i>
9.2.5 <i>Planes, programas y proyectos: Plan de vivienda.....</i>	<i>9-5</i>
9.2.6 <i>Planes, programas y proyectos: Reubicación de viviendas.....</i>	<i>9-6</i>
9.2.7 <i>Planes, programas y proyectos: Plan de obras y servicios públicos. ....</i>	<i>9-6</i>
9.2.8 <i>Programas de ejecución: agua potable y saneamiento básico.....</i>	<i>9-6</i>
9.2.9 <i>Prevención y atención de desastres .....</i>	<i>9-7</i>
9.3 PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT	9-7
9.3.1 <i>Generalidades .....</i>	<i>9-7</i>
9.3.2 <i>Inclusión de los resultados del estudio en el POT.....</i>	<i>9-8</i>
9.4 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO .....	9-11

## **9 ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO**

### **9.1 INTRODUCCIÓN**

La inclusión de la gestión de riesgos en la planeación del desarrollo municipal es tal vez una de las más importantes tareas a las que se enfrentan los diferentes niveles territoriales e instituciones sectoriales, dentro del proceso de descentralización. La incorporación del riesgo en los procesos de planeación y ordenamiento territorial, permite establecer medidas no estructurales para la prevención y mitigación, orientadas a la reducción del riesgo existente y evitar la generación de nuevos riesgos a futuro.

Evitar la ocupación de terrenos no apropiados para la urbanización por presencia de amenazas naturales más que una restricción, es una oportunidad para el desarrollo local, ya que evita costosas inversiones que de una u otra manera los municipios deben sufragar en el momento de presentarse un desastre. Identificar y zonificar de forma anticipada las zonas donde se puede generar riesgo es fundamental para determinar correctamente las áreas de expansión del municipio a fin de evitar desastres futuros.

Es por todo lo anterior que se requiere incorporar los Planes Municipales para la Prevención de Desastres y Mitigación de Riesgos en los Planes de Desarrollo del Municipio, respondiendo a los lineamientos de los Planes de Ordenamiento Territorial. El municipio cuenta con un POT desarrollado para el año 1999 que está siendo revisado en diferentes aspectos y en el tema de riesgo será ajustado a partir de los resultados del presente estudio.

### **9.2 DIAGNÓSTICO DEL POT FRENTE A LA GESTIÓN DE RIESGOS**

El plan general de acción recomendado en el estudio guarda coherencia con lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San Juan de Urabá en cuanto a los lineamientos generales a seguir; sin embargo se requiere de la complementación, revisión y dimensionamiento real en algunos puntos de los planes parciales y estrategias establecidas. En esta sección se presenta el resumen de los planes del POT que se consideran aplicables dentro del contexto del presente estudio y que aplican para el manejo integral del mejoramiento de la zona urbana del municipio, y a ser tenidos en cuenta en la actualización el mismo.

#### **9.2.1 Políticas generales para el ordenamiento urbano propuesto**

- Ajustar el perímetro urbano a las condiciones de crecimiento poblacional y a la disponibilidad de prestación de servicios públicos
- Implementar un ordenamiento urbano a partir del plan vial; ya que éste por su carácter funcional y de ordenador de las actividades urbanas, influye en la localización del equipamiento comunitario y establece una sectorización, definiendo los usos del suelo urbano.
- Consolidar y ocupar las áreas libres o vacantes, densificar, antes que tratar de ocupar las áreas urbanizables que aún no tienen cobertura de servicios.

- Orientar el desarrollo urbano hacia la costa, este sector presenta las mejores condiciones para ser urbanizado.

### **9.2.2 Respecto a los recomendaciones de los estudios geológicos anteriores**

Se recomienda tener en cuenta las siguientes anotaciones geológicas del casco urbano para cualquier tipo de planificación:

- San Juan de Urabá ha sido poco afectada por problemas de origen natural, sin embargo es recomendable evaluar muy detalladamente la viabilidad de nuevos proyectos urbanísticos en el sector de San Juan Oriental por encontrarse sometido al peligro de inundaciones periódicas.
- Aunque el problema de erosión lateral del Río San Juan no parece estar en niveles críticos, se propone el diseño de una serie de barreras (bien sea gaviones, trinchos, etc.) que impidan la acción erosiva de la corriente en las tres curvas mencionadas antes. Debido a cualquier transformación que se haga en el curso natural influenciará necesariamente otras áreas (cambios en el patrón de meandros, etc.), estos diseños deben ser realizados por personal experto (ingenieros hidráulicos).
- Para la construcción de obras de infraestructura hay que tener en cuenta, igualmente, la capacidad de erosión lateral del Río San Juan, por lo tanto, deberá exigirse el retiro mínimo obligatorio de 30 metros, a partir de la cota de máxima inundación, Art. 83 Decreto 2811 de 1974 y Decreto 1449 de 1977.
- En el sector central, ubicado geológicamente sobre la terraza marina, debido a los antecedentes de mal comportamiento geomecánico del suelo, que es muy propenso a la compactación cuando, por ejemplo, pasa un camión pesado, se propone realizar un estudio sencillo de orientación geotécnica que recomiende acerca de: Características de los pavimentos a utilizar en el área urbana, detalles a ser tenidos en cuenta por los constructores empíricos del municipio, evaluar la potencialidad del fenómeno de licuación de suelos, debido a sismos y justificar o no estudios posteriores. No se afirma que los suelos sean malos para la construcción normal de viviendas sino que es conveniente conocer sus condiciones para futuros proyectos.
- La erosión de playas y acantilados no es todavía crítico debido a que no hay población habitando cerca de estos; si por razones de tipo turísticos, recreacional u otros, la autoridad decide la construcción de obras de protección, es indispensable que para su diseño, se realicen estudios específicos, en los cuales se incluyan análisis de todas las variables relacionadas a este fenómeno, como son vientos; mareas; dirección, altura y línea de rotura del oleaje; composición y tipo de sedimentos y tasas de transporte, entre otras.
- Es recomendable que autoridades locales emprendan un programa de monitoreo topográfico del retroceso del litoral, con el fin de alertar a los posibles afectados y comenzar a estructurar una base de datos para la posterior toma de decisiones.

Aunque esta no es una zona muy frecuentemente afectada por sismos, si existen antecedentes de temblores destructores que hacen recomendable que las autoridades tomen medidas de mitigación, como:

- Adaptar las normas establecidas por la ley NSR -10 o norma de construcciones sismo resistentes, el cual es de obligatorio cumplimiento, y se complementa con las reglamentaciones de planeación urbana, aplicadas a las nuevas construcciones y otros tipos de estructura potencialmente vulnerables.
- Realizar campañas de información a la población acerca de medidas sencillas de mitigación de peligro sísmico como actitudes y comportamientos que debe asumir la población antes, durante y después de un sismo. El comité local de emergencias podría desempeñar en esto una buena labor, con la cooperación de las demás entidades oficiales relacionadas.

Las áreas de protección son los sectores que hacen parte de áreas de amenaza y riesgo no mitigable, que tienen restringida la posibilidad de urbanizarse y donde está prohibida la localización de asentamientos humanos (artículo 35, ley 388/97); debe considerarse dentro de esta categoría, las zonas inundables de los barrios Pueblo mocho y Pueblo chino.

Las zonas delimitadas como inundables, deberán ser excluidas para desarrollar proyectos urbanísticos; las viviendas allí existentes se incluirán en planes de reubicación. De ser necesario, estas zonas podrían aprovecharse en programas recreativos como lugares para deporte, parques, etc.

En cuanto al área suburbana, en San Juan de Urabá existe la tendencia de este tipo de uso y ocupación del suelo, hacia el sector sur oriental, desde el barrio Pueblo chino, continuando 500 metros aproximadamente, sobre la salida hacia Necoclí. El barrio Pueblo Chino, actualmente dentro del perímetro urbano, se declara como zona suburbana; allí debe implementarse una reglamentación especial (estatuto suburbano), que oriente el desarrollo físico y usos del suelo que no atenten contra los recursos naturales, además, se debe garantizar el auto abastecimiento de servicios públicos domiciliarios, para desarrollar proyectos urbanos.

### **9.2.3 Políticas y estrategias para la expansión y desarrollo urbano.**

POLITICAS:

- Debido al crecimiento poblacional del municipio sería necesario ampliar el perímetro urbano actual en 3.5 hectáreas; sin embargo se requieren 19 hectáreas adicionales para reubicar las viviendas localizadas en zona de amenaza por inundación (barrios Pueblo Mocho y Pueblo Chino); en total se propone ampliar el perímetro urbano en 22.5 hectáreas.
- Impedir la urbanización y construcción de las zonas urbanas de amenaza alta por inundación y/o deslizamiento.

## ESTRATEGIAS:

- Incentivar y estimular la construcción hacia el sector sur occidental de la cabecera urbana.
- Permitir la expansión urbana solo cuando la densidad en los actuales sectores, sea demasiado alta y exista saturación
- Delimitar el área de amenaza alta en los barrios Pueblo Mocho y Pueblo chino e impedir la expansión urbana y la consolidación del sector.
- Construir de forma progresiva en el corto, mediano y largo plazo, anillos viales, de manera que en las áreas, adentro de ellos, se incentive y promueva el desarrollo urbano.

De acuerdo a las tendencias de expansión, se identifico el sector sur occidental de la cabecera urbana como apto para urbanizar, no presenta restricciones geológicas y tiene posibilidades para la extensión de redes de servicio públicos.

### 9.2.4 Planes, programas y proyectos: Plan de uso del suelo urbano

El plan de usos del suelo pretende ordenar, zonificar y relacionar usos compatibles entre sí, permitiendo un desarrollo armónico de las actividades cotidianas. Se definen para ello los siguientes usos del suelo:

Uso principal: Actividad señalada como predominante y que establece el carácter de una zona (residencial, comercial, recreacional, etc.)

Uso compatible: Es aquel que no perturba el uso principal y que no ocasiona peligro para la salud, la seguridad y la tranquilidad pública.

Uso complementario: Es toda actividad que contribuye al mejor funcionamiento e integración de los usos o actividades designadas como principales, con las cuales es compatible.

Uso restringido: El que por razón de la magnitud de las instalaciones requeridas o por su impacto ambiental o urbanístico, puede afectar el uso principal, de modo que para su funcionamiento se han de observar restricciones o controles, tanto de índole físico como ambiental, con base en estudios que efectúe o exija a los interesados la oficina de planeación municipal.

Uso Prohibido: se refiere a todas aquellas actividades que no pueden funcionar en una zona determinada, por su incompatibilidad con el uso principal de la misma.

## POLÍTICAS:

- Definir las zonas de amenaza alta, zonas de protección y reserva de recursos naturales e impedir la construcción en ellas.
- Establecer una zona de manejo especial (200 metros sobre la franja marina.), con restricción alta para urbanizar.
- Recuperación del espacio público y de los recursos naturales.

- Cambio de uso del suelo en sectores urbanos que presentan características de suburbano.

#### ESTRATEGIAS:

- Implementar los medios necesarios para la adquisición de predios para la reubicación y/o construcción de equipamiento comunitario, vivienda de interés social, vías y otros espacios públicos. (afectación, enajenación voluntaria y expropiación)
- Actualización de la normatividad indicada en el estatuto de construcción, urbanismo y usos del suelo y complementación con otras leyes y normas de tipo ambiental, estructural, prevención de desastres, etc.
- Reglamentar la actividad comercial en los corredores de actividad múltiple, sobre las vías primarias, de manera que se fortalezca y desarrolle de forma organizada.

#### 9.2.5 Planes, programas y proyectos: Plan de vivienda

Al incorporar suelos de expansión urbana, el plan de ordenamiento determinará los porcentajes del nuevo suelo que deberán destinarse al desarrollo de V.I.S. así como su localización y los instrumentos para desarrollarlos y proyectará la ejecución de programas de mejoramiento integral cubriendo paulatinamente el déficit cualitativo existente.

#### POLITICAS:

- Brindar facilidades a la población urbana y rural, para cubrir el déficit de vivienda nueva, en su totalidad.
- Mejorar la calidad de la vivienda, en cuanto a condiciones técnicas, espaciales, sanitarias y ambientales se refiere.
- Implementar programas para reubicación de viviendas asentadas en zonas de amenaza alta, y definir el nuevo uso de terrenos desalojados.
- Implementar programas de vivienda de interés social, para sectores poblacionales de escasos recursos.

#### ESTRATEGIAS:

- Fortalecer el FOVIS municipal y adquirir terrenos para el desarrollo de programas de vivienda de interés social.
- Estratificar la vivienda en tres niveles o tipologías bajo el criterio de densidad (baja, media y alta), siendo la vivienda de interés social de alta densidad.
- Elaboración de un inventario de barrios subnormales.

En general, es necesario implementar programas de mejoramiento integral, incluida la legalización de predios, tanto en la zona urbana como en la rural.

### **9.2.6 Planes, programas y proyectos: Reubicación de viviendas.**

Los programas de reubicación de viviendas se implementarán basados en el criterio fundamental de proteger la seguridad de los habitantes asentados en zonas de amenaza alta por inundación, en los barrios Pueblo Mocho y Pueblo Chino.

Estos dos sectores urbanos, por su localización en la llanura de inundación del río San Juan y de la quebrada El paso, deben reubicarse paulatinamente, de acuerdo al orden que establezcan los inventarios, estudios socio económicos y programas de inversión, la prioridad para la reubicación debe ser el nivel de riesgo o amenaza y el estrato socioeconómico de la familia.

En total se requieren 5 hectáreas, para reubicar 40 viviendas aproximadamente, incluyendo las áreas para equipamiento comunitario, espacios públicos, vías, etc.

Las áreas catalogadas como de riesgo no recuperable que hayan sido desalojadas a través de proyectos de reubicación de asentamientos humanos, serán entregadas a las corporaciones regionales o a la autoridad ambiental, para su manejo y cuidado de forma tal, que se evite una nueva ocupación. En todo caso el alcalde municipal será responsable de evitar que tales áreas se vuelvan a ocupar con viviendas y responderá por este hecho (art. 121, ley 388/97).

### **9.2.7 Planes, programas y proyectos: Plan de obras y servicios públicos.**

Este plan incluye las propuestas de corto, mediano y largo plazo, para la construcción de obras de infraestructura y equipamiento comunitario necesarias para cubrir las necesidades de la población.

- Equipamiento comunitario: Busca localizar el equipamiento comunitario y la infraestructura de servicios, en sitios estratégicos, bajo criterios técnicos, funcionales y ambientales, de manera que generen polos de desarrollo en los sectores poblacionales donde se ubiquen. Los equipamientos son los siguientes: Terminal de transporte, Plaza de mercado, Instalaciones deportivas.
- Infraestructura de saneamiento básico: Para mejorar las condiciones ambientales y sanitarias dentro del perímetro urbano, se deben desarrollar los siguientes proyectos, una vez llevados a la práctica se deben fortalecer las acciones con las instituciones existentes en el municipio con el fin de darles continuidad: Matadero, relleno sanitario, manejo de residuos hospitalarios.

### **9.2.8 Programas de ejecución: agua potable y saneamiento básico**

Dentro de los programas contemplados están los siguientes:

- Programa 1: acueducto para la zona urbana
- Programa 2: alcantarillado para la zona urbana: incluye manejo de aguas residuales y aguas lluvias

- Planta de tratamiento de aguas residuales.

**Alcantarillado sanitario.** Para una cobertura del 100%, y así no contaminar los ríos como tampoco las fuentes de aguas superficiales, se requiere que el ente administrador busque alternativas de solución para que las viviendas que no están conectadas al alcantarillado lo hagan y si lo hacen, lo hagan de una forma técnica.

**Alcantarillado de aguas lluvias.** Para el municipio de San Juan de Urabá, se debe diseñar y construir un alcantarillado de aguas lluvias separado del alcantarillado sanitario, porque de lo contrario en el sistema de tratamiento no se realizan todos los procesos con una eficiencia del 100%.

### 9.2.9 Prevención y atención de desastres

En el Plan de Ordenamiento Territorial no se plantean acciones claras al respecto y se enfoca este aspecto desde el punto de vista institucional, buscando promover el Comité municipal de atención y Prevención de desastres, especialmente para tomar decisiones sobre las áreas expuestas a amenazas y riesgos.

Además y en forma implícita a otros aspectos se tiene:

- Monitoreo de los cauces principalmente en épocas de invierno. Esta acción es fundamental como complemento a la anterior, y puede ser desarrollada por el Comité Local de Emergencias, con programas además de concientización de la comunidad frente al cuidado de las cuencas y el manejo de las basuras.
- Reubicar viviendas localizadas en zonas de riesgo no recuperables.

## 9.3 PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT

### 9.3.1 Generalidades

Con el fin de identificar el momento en el cual se encuentra el POT y el procedimiento que deberá adelantar para la adecuada incorporación de la prevención y reducción del riesgo, en primer lugar se debe identificar en el ciclo del POT, la etapa en la cual se encuentra el municipio.

En el POT del municipio se hace un diagnóstico sobre las fortalezas, debilidades, oportunidades, amenazas y tendencias de la organización territorial del municipio. Es en este momento del proceso de planificación para el ordenamiento territorial, en donde se hace necesario involucrar dentro de los determinantes ambientales, además de otras variables, la caracterización de las amenazas y vulnerabilidades, es decir los riesgos, presentes en el territorio. La determinación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de inundación, torrencialidad y fenómenos de remoción en masa en la zona urbana del municipio de San Juan de Urabá es lo que se ha llevado a cabo en desarrollo del presente estudio.

Teniendo en cuenta que la etapa de actualización se está llevando a cabo y se prevee la incorporación del riesgo, se podrá implementar las acciones en los procesos de formulación para la adopción o revisión del POT y en las etapas de implementación y evaluación.

Para incorporar la Prevención y Reducción de Riesgos en la formulación del POT se debe incorporar la zonificación de amenazas a partir de la elaboración de un mapa de aptitud para ocupación urbana, el cual resulta de la combinación de mapas primarios que incluyen los mapas de amenaza para diferentes eventos de acuerdo con las características del municipio. Además es importante integrar en este mapa las restricciones para el uso que permita una escogencia racional del mejor aprovechamiento posible de la tierra en función de su vocación natural y del equilibrio ambiental.

También se debe tener en cuenta que la Prevención y Reducción de Riesgos y la planificación territorial son procesos dinámicos que requieren continuas revisiones y actualizaciones, y además se debe considerar que la incorporación de políticas de prevención de desastres y mitigación de riesgos en el ordenamiento territorial de los municipios debe estar ligada al plan de prevención y atención de emergencias que se desarrolla para cada municipio.

El modelo territorial se debe sustentar en los sistemas estructurantes, que en la mayor parte de los casos se refieren a una estructura ecológica principal, a una estructura urbana y una estructura rural. La definición, delimitación y manejo de estos sistemas requiere el conocimiento de las amenazas y riesgos como elementos determinantes, dado que, por un lado dichos sistemas deben establecerse a partir de principios como la sostenibilidad y la seguridad y, por otro, se debe proteger la estructura ecológica principal, que tiene como base la estructura ecológica, geomorfológica y biológica original existente en el territorio.

La implementación comprende el desarrollo reglamentario de las normas definidas en el plan y el seguimiento o evaluación, que es un proceso ordenado por la ley 388 y está en relación directa con el montaje de expedientes municipales. Es además, condición imprescindible para iniciar el proceso de revisión del plan. La evaluación del Plan debe abordar solamente los aspectos que se consideren estratégicos en la perspectiva de desarrollo integral del municipio, y que sean fácilmente evaluables, porque cuentan con indicadores ya definidos o con la posibilidad de construirlos. Es fundamental tener en cuenta aspectos relacionados con déficits de suelo y de vivienda de interés social (VIS), cobertura de la prestación de servicios públicos, desarrollo del sistema vial y de transporte, equipamiento comunitario y estándares de espacio público.

En este marco general se planteará la inclusión de los resultados en el POT como se muestra a continuación.

### **9.3.2 Inclusión de los resultados del estudio en el POT.**

La localización de los aspectos específicos exigidos por la reglamentación de la Ley 388 (Decreto 879 de 1998, Art. 14) se obtiene también utilizando la información de los mapas anteriores. A continuación se presentan de forma general los resultados a involucrar en cada uno de los aspectos solicitados:

- Áreas de conservación y protección de los recursos naturales: el estudio actual involucra acciones de restricción en uso y conservación, congelación de desarrollo urbano.
- Áreas expuestas a amenazas y riesgos: el estudio actual muestra la zonificación de riesgos por inundación y fenómenos de remoción en masa e inestabilidad de márgenes.
- La estrategia de mediano plazo para programas de vivienda de interés social: El estudio actual presenta las zonas no aptas para asentamientos humanos en términos de riesgos y las viviendas que requieren reubicación y zonas que deben frenar y/o congelar el desarrollo urbano.
- Planes parciales y unidades de actualización urbanística: el estudio actual muestra las acciones a realizar por las instituciones y entidades y el direccionamiento de los proyectos.
- Infraestructura para vías y transporte: debe ser consecuente con los resultados de este estudio.
- Redes de servicios públicos: en concordancia a los planes de acción y gestión de riesgos.
- Equipamientos colectivos y espacios públicos libres para parques y zonas verdes y el señalamiento de las cesiones urbanísticas gratuitas correspondientes a dichas infraestructuras: zonas con restricción del suelo que pueden ser usadas como zonas verdes y de uso recreativo.
- Conjuntos urbanos, históricos y culturales

Como factor adicional para la actualización del POT, este estudio encontró como prioritaria la necesidad de establecer la vulnerabilidad sísmica de las viviendas, incluyendo dentro de los planes parciales un programa de reforzamiento estructural de viviendas. En la posible ocurrencia de un sismo de gran magnitud, la posibilidad de ocurrencia de licuación de suelos y daños en las viviendas por el mismo sismo es alta; el reforzamiento da mayor probabilidad de resiliencia frente a diferentes eventos.

El sistema estructurante del municipio es el río San Juan y quebradas conexas, considerado como la estructura ecológica principal. Para establecer los principios de sostenibilidad y seguridad de este sistema se requiere de la incorporación de las zonas de ronda, las cuales se delimitan claramente en este estudio, y sobre estas involucrar aspectos como la restricción de uso del suelo, congelamiento del desarrollo urbano, revegetalización y/o recuperación de la cobertura.

A nivel de manzana, con los resultados encontrados en el estudio de amenazas y riesgos, se comparan los niveles de amenaza frente a las obras propuestas y las obras existentes, de tal forma que se identifique claramente cuales riesgos son mitigados y cuáles no. Se debe tener en cuenta que algunos lineamientos son excluyentes como es el caso de la Ronda Hidráulica, las viviendas actuales dentro de esta franja requieren ser reubicadas o congelar su desarrollo urbanístico, frenando cualquier tipo de construcción y/o ampliación así no estén sujetas a amenazas directas. La tabla 9-1 presenta este análisis por manzana.

Es necesario aclarar que para las manzanas identificadas como zonas de reubicación, son algunos predios específicos y no el total de la manzana; también se debe considerar que las viviendas de condiciones de vulnerabilidad física y social baja, pueden ser acogidas dentro de las zonas de congelamiento de desarrollo urbanístico, eso sí, ejecutando un control periódico con mayor frecuencia en los casos donde se presente un evento amenazante que exponga el elemento. Los mapas resultados del estudio muestran estas viviendas. Además, estas zonas deben ser estudiadas con detenimiento por el municipio, en miras de generar el menor impacto social sobre la población afectada con esta política.

**Tabla 9-1 Reubicación y congelamiento - resumen por manzana.**

Cód	Reubicación	Congelamiento	Ubicación en ronda	Evento	Cód	Reubicación	Congelamiento	Ubicación en ronda	Evento	Cód	Reubicación	Congelamiento	Ubicación en ronda	Evento
0101					0213					0402				
0102					0213A	SI	NO	FRM		0403				
0103					0213B	SI	SI	NO	FRM	0404				
0104					0216					0405				
0105					0217					0406				
0106					0218					0407				
0107					0219					0410	SI	NO	FRM	
0110					0220					0411	SI	NO	FRM	
0111					0221					0412	SI	NO	FRM	
0112					0222					0413				
0113					0223					0414				
0114					0224					0501				
0116					0225					0502				
0117					0226	SI	SI	Inundación		0503				
0118					0227	SI	SI	Inundación		0504				
0118					0301					0505				
0119					0302					0506				
0120					0303					0507				
0121					0304					0508				
0201					0305					0509				
0202					0306					0510				
0204					0307					0511				
0205					0308					0512				
0206					0309					0513				
0207					0310					0514				
0208					0312		SI	NO	FRM	0515				
0209					0313		SI	NO	FRM	0516				
0210					0314					0517				
0211					0314A	SI	NO	FRM		0518	SI	NO	FRM	
0212					0314B	SI	NO	FRM		0519	SI	NO	FRM	

**Continuación - Reubicación y congelamiento - resumen por manzana.**

Cód	Reubicación	Congelamiento	Ubicación en ronda	Evento	Cód	Reubicación	Congelamiento	Ubicación en ronda	Evento	Cód	Reubicación	Congelamiento	Ubicación en ronda	Evento
0520		SI	NO	FRM	0702		SI	SI	Inundación	0801				
0521		SI	NO	FRM	0703		SI	SI	Inundación	0802				
0522	SI		NO	FRM	0704		SI	SI	Inundación	0803				
0523	SI		NO	FRM	0705		SI	SI	Inundación	0804				
0525	SI		NO	FRM	0706		SI	SI	Inundación	0805				
0601		SI	SI	Inundación	0707		SI	SI	Inundación	0806				
0602	SI	SI	SI	Inundación	0708		SI	SI	Inundación	0807				
0603		SI	SI	Inundación	0709		SI	SI	Inundación	0808				
0604		SI	SI	Inundación	0710	SI		SI	FRM	0809				
0605		SI	SI	Inundación	0714	SI		SI	FRM	0810				
0606		SI	SI	Inundación	0612	SI	SI	SI	Inundación	0811				
0607	SI	SI	SI	Inundación	0613		SI	SI	Inundación	0812				
0608		SI	SI	Inundación	0614		SI	SI	Inundación	0813				
0610		SI	SI	Inundación	0615		SI	SI	Inundación	0814				
0611		SI	SI	Inundación	0616		SI	SI	Inundación					

Como resultado y en términos de reubicación, se deben incluir más manzanas de las contempladas inicialmente en el POT, únicamente para los predios dentro de las zonas de afectación por evento. Para algunas manzanas que no entran en la reubicación pero que requieren de medidas de mitigación, se plantean acciones estructurales y no estructurales, las cuales deben ser analizadas por el municipio para su implementación. Las manzanas a reubicar en forma parcial o total son 14 y las manzanas con congelamiento urbanístico son 37, para un total de 51 manzanas que deben ser estudiadas con detalle por planeación municipal y los entes interesados.

#### 9.4 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO

En este informe se presentan los siguientes mapas:

- Amenaza por inundación
- Amenaza por fenómenos de remoción en masa e inestabilidad de márgenes
- Riesgo por inundación
- Riesgo por fenómenos de remoción en masa

Estos mapas producto de un análisis específico por evento deben reemplazar los existentes y ser incorporados en la revisión del POT del municipio. Adicionalmente resulta necesario que se incluyan los resultados donde se definieron las zonas de ronda del río San Juan y de las quebradas afluentes que muestran un comportamiento de inundación con el fin de que se establezcan las correspondientes zonas de retiro y protección y se restrinja al uso de dichas áreas para la construcción de viviendas (Mitigabilidad del riesgo).

## CONTENIDO

<b>10</b>	<b>DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL.....</b>	<b>10-1</b>
10.1	INTRODUCCIÓN.....	10-1
10.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES .....	10-1
10.2.1	<i>Consideraciones técnicas.....</i>	<i>10-1</i>
10.2.2	<i>Consideraciones ambientales.....</i>	<i>10-1</i>
10.2.3	<i>Consideraciones Urbanísticas .....</i>	<i>10-2</i>
10.3	DISEÑO DE OBRAS.....	10-2
10.3.1	<i>Obras de protección por inundación. ....</i>	<i>10-2</i>
10.3.2	<i>Obras complementarias.....</i>	<i>10-3</i>
10.4	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO .....	10-3

## LISTA DE TABLAS

Tabla 10-1	Resumen Presupuesto San Juan de Urabá .....	10-4
------------	---	------

## **10 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL**

### **10.1 INTRODUCCIÓN**

A partir del planteamiento general de obras presentado en el capítulo 8, las cuales se enmarcan dentro del plan general de acciones propuesto y cuyo objetivo específico es minimizar los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a que está expuesta la comunidad que habita en cercanías de los cauces, se presenta en este capítulo las obras propuestas y su priorización. En el Anexo G que corresponde al diseño de obras, se presentan los planos de localización, planos de diseño, fichas técnicas y cálculos de cantidades de obra y presupuesto realizados.

Es de resaltar que las obras aquí expuestas buscan la recuperación morfológica y ambiental de la zona de ronda y preservación ambiental del río San Juan y la quebrada El Paso. Se debe tener en cuenta que además de las obras planteadas para la mitigación y control de los fenómenos de inundaciones, inestabilidad lateral y eventos torrenciales que afectan el sector objeto de estudio es necesario que se lleve a cabo la reubicación de viviendas indicadas y se haga efectiva la restricción al uso del suelo en los sectores donde la afectación es mayor.

### **10.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES**

#### **10.2.1 Consideraciones técnicas**

En el municipio de San Juan de Urabá se encuentra atravesado por el río San Juan y se localiza cerca al mar. La zona urbana emplazada entre el mar y el río se ubica en una cota promedio de 20 msnm donde no se considera la amenaza por inundación, sin embargo algunos predios se ubican cercanos a la ladera de aproximadamente 15 metros de altura que es atravesada por una falla y donde se considera un evento sísmico que puede detonar procesos de remoción en masa y colapso de edificaciones. La zona de San Juan Oriental se encuentra sobre la cota 5 msnm a la 10 msnm, en donde se considera amenaza por inundación hasta la cota de 8 msnm, también se observan puntos con inestabilidad de márgenes, especialmente en los meandros del río, los cuales han ocasionado pérdida de material y actualmente ponen en riesgo la infraestructura y edificaciones contiguas. Para mitigar los efectos de los ascensos de niveles de agua y procesos de socavación lateral e inestabilidad de márgenes del Río San Juan se han construido en varios sectores obras para mitigar o controlar la afectación, en especial un muro flexible (jarillón).

Los eventos relacionados con inundaciones afectan una baja porción de la población urbana localizada principalmente en las inmediaciones de la quebrada el Paso y el río San Juan, la cual deberá ser reubicada, adicionalmente se tendrá esta consideración para las viviendas que están en zonas de Ronda Hidráulica.

#### **10.2.2 Consideraciones ambientales**

El deterioro ambiental del río San Juan y la quebrada El Paso en su paso por la zona urbana se observa en algunos sectores por el retiro de la vegetación de ronda que

ocasiona inestabilidad de márgenes, además del cambio de uso de bosque de galería<sup>1</sup> a cultivos y de la contaminación por vertimientos de aguas servidas en algunos puntos. Por lo tanto se recomienda delimitar adecuadamente la zona de ronda del río, las quebradas y cauces intermitentes que pasan por el casco urbano, y en dichas zonas restaurar la cobertura vegetal para favorecer su estabilidad, considerando además que los bosques se constituyen en una barrera natural para los procesos urbanísticos irregulares.

### **10.2.3 Consideraciones Urbanísticas**

La tipología estructural de las viviendas no obedece a ninguna de las normas y códigos establecidos y responde más bien a la necesidad de espacio y condición económica de quien la habita. Son unidades de vivienda conformadas de manera irregular, pero guardando una geometría de las manzanas. Su desarrollo es a lo largo del río San Juan dividiéndose en dos sectores, la margen derecha denominada San Juan Oriental y la margen izquierda donde se ubica el eje central administrativo de la cabecera urbana.

El desarrollo urbanístico se ha mantenido con las mismas características a través del tiempo, lo cual ha facilitado la reorganización y prestación de los algunos servicios públicos, sin embargo carecen del servicio de distribución de agua potable aunque exista la red de acueducto. La red de movilidad tiene una adecuada disposición y no se presentan graves conflictos de movilidad. Actualmente existe una variante para comunicar a la zona Urabeña con el departamento de Córdoba.

## **10.3 DISEÑO DE OBRAS**

En esta sección se presentan los resultados de los diseños detallados de las obras planteadas en el Capítulo 8 y que deben ser implementadas en el área correspondiente a las márgenes del río San Juan a su paso por la zona urbana del municipio.

La intervención contempla la implementación de obras y medidas de mitigación y control que tienden a mejorar la condición de seguridad del área respecto a las inundaciones.

### **10.3.1 Obras de protección por inundación.**

#### ***10.3.1.1 Muro en suelo compactado confinado en bioestructura de madera.***

Es un muro flexible en material de sitio compactado y soportado en una estructura de madera paralelo a la margen derecha del río San Juan a la altura del barrio San Juan Oriental “Pueblo Mocho”, y por las condiciones del terreno y el nivel de aguas máximo la altura del muro es variable, en el sector suroriental del barrio Urabá la altura varía del orden de 1,00 m a 2,10 metros y en el sector nororiental del mismo barrio la altura es de 1,00 metro. Los dos tramos del jarillón tienen longitudes de 0,82 kilómetros y 0,26 kilómetros respectivamente y su propósito principal es impedir que la inundación invada algunas zonas urbanizadas que se ubican en terrazas bajas deteniendo el paso de la

---

<sup>1</sup> Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

Fuente: <http://siatac.siac.net.co>

lamina de agua a lo largo del muro y como valor agregado generar un corredor ambiental. La construcción se hará con postes de madera de sección rectangular o cuadrática de dimensiones entre los 12 a los 15 centímetros, pero si se utilizan postes de sección circular (cilíndricos) se recomienda devastar hasta dejar una superficie plana de 2 pulgadas en donde se instalarán los tablonos, el geotextil y la geomalla o malla galvanizada. Se sujetarán tablonos de madera burra de 3 cm de espesor y de 10 a 12 cm altura y de longitudes superiores de 3 metros en sentido longitudinal del muro con tornillos de ½ pulgada de aproximadamente 7 a 8 pulgadas de longitud. Entre el tablón y el poste se instalará un geotextil y una geomalla para soportar el material compactado hacia la cara de la inundación, y por la cara hacia la zona urbana solo una geomalla que sostiene una columna de biorrollos los cuales generarán una cobertura vegetal y ayudarán al drenaje del sistema. Conjuntamente en la parte superior del sistema se deja una zona para revegetalizar con especies nativas de baja altura. En alturas superiores a 1,60 metros se recomienda utilizar unos tensores transversales a los 1/3 y 2/3 de la longitud entre poste y poste. Para mayor comprensión del sistema se anexa las fichas técnicas.

### **10.3.2 Obras complementarias.**

#### ***10.3.2.1 Accesos a las zonas de manejo y protección ambiental del Sistema río San Juan.***

En el lineamiento del muro Flexible (jarillón), se consideran unos accesos hacia la zona de inundación que tienen como objeto desarrollar unas zonas de inspección y a su vez propiciar algún parque ecológico, que se disfrutará en tiempo seco, debido a que en esta zona se recomienda la arborización para la protección de la zona de Ronda del sistema río San Juan y en algunos sectores el uso compartido de cultivos con la zona arborizada.

Estos accesos son escaleras conformadas en material de sitio compactado, con una contrahuella fundida in-situ en concreto para contener los adoquines ecológicos prefabricados y que se emplazarán en la huella, las dimensiones de la contrahuella y la huella son 0,17 metros y 1,00 metro respectivamente. Ver esquema.

En el plano de localización de obras en planta (plano 17) se presenta la distribución de las obras propuestas en este estudio y en el plano 18 se presentan los respectivos detalles.

### **10.4 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO**

En la Tabla 10-1 se presentan las cantidades de obra por ítem establecido y el presupuesto estimado para la construcción de las diferentes tipos de obras contempladas en los diseños; los precios unitarios establecidos para este fin, han sido generados de acuerdo con las condiciones que imponen las características del sector y de las mismas obras.

Las cantidades de obra se obtuvieron a partir de los planos de construcción, planta y detalles, empleando las unidades de medidas establecidas en las especificaciones adoptadas y ya referidas. El cálculo de cantidades de obra se adelantó en forma ordenada y sistemática como se muestra en las memorias correspondientes que se presentan en el Anexo H.

**Tabla 10-1 Resumen Presupuesto San Juan de Urabá**

CONSORCIOJAM - IGR					
		<b>RESUMEN PRESUPUESTO SAN JUAN DE URABA</b>			
ITEM	ACTIVIDAD	UN	CANT	Vr. UNITARIO	VR. TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	GL	1,00	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
1.2	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOScosa (INCLUYE HERRAMIENTA MENOR, MANO DE OBRA Y MANEJO DE DESPERDICIOS)	M2	1.257,50	\$ 1.833,33	\$ 2.305.416,67
1.3	DESCAPOTE A MANO (INCLUYE MANO DE OBRA Y MANEJO DE DESPERDICIOS e=0,20 m)	M2	2.095,80	\$ 950,00	\$ 1.991.010,00
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 6.296.426,67</b>
<b>2</b>	<b>OBRAS DE PROTECCIÓN POR INUNDACION</b>				
2.1	MURO EN SUELO COMPACTADO EN ESTRUCTURA EN MADERA H: 2.2 m	ML	180,0	\$ 202.261	\$ 36.407.023,28
2.2	MURO EN SUELO COMPACTADO EN ESTRUCTURA EN MADERA H: 1.8 m	ML	71,2	\$ 181.330	\$ 12.910.710,27
2.3	MURO EN SUELO COMPACTADO EN ESTRUCTURA EN MADERA H: 1.4 m	ML	300,0	\$ 150.653	\$ 45.195.858,13
2.4	MURO EN SUELO COMPACTADO EN ESTRUCTURA EN MADERA H: 1.2 m	ML	99,9	\$ 142.792	\$ 14.264.954,81
2.5	MURO EN SUELO COMPACTADO EN ESTRUCTURA EN MADERA H: 1.0 m	ML	396,8	\$ 128.722	\$ 51.076.818,34
2.6	RELLENO EN MATERIAL COMUN COMPACTADO	M3	1.772,9	\$ 11.000	\$ 19.501.900,00
2.7	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BIOROLLOS TIPO FILTER-DRENCH	ML	10.417,0	\$ 1.513	\$ 15.762.337,71
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 195.119.602,53</b>
<b>4</b>	<b>OBRAS DE TRATAMIENTO DE COBERTURA</b>				
4.1	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BIOSUSTRATO CON MEZCLA DE SEMILLA	M3	117,3	\$ 88.092	\$ 10.333.152,50
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 10.333.152,50</b>
<b>5</b>	<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>				
5.1	ESCALERAS	M2	50,0	\$ 82.067	\$ 4.103.333,33
5.2	LIMPIEZA Y ASEO GENERAL	GL	1,0	\$ 3.800.000	\$ 3.800.000,00
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 7.903.333,33</b>
<b>VALOR COSTO DIRECTO</b>					<b>219.652.515,03</b>
A. ADMINISTRACIÓN				24,00%	\$ 52.716.603,61
I IMPREVISTOS				3,00%	\$ 6.589.575,45
U. UTILIDAD				5,00%	\$ 10.982.625,75
MA				16,00%	\$ 1.757.220,12
<b>VALOR COSTO INDIRECTO</b>					<b>\$ 72.046.024,93</b>
<b>VALOR COSTO TOTAL</b>					<b>\$ 291.698.539,97</b>

## 11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El municipio de San Juan de Urabá en su parte oriental se encuentra ubicado sobre las terrazas T1 y T2 de depósitos formados por el Río San Juan en épocas de crecientes, el cual genera una geoforma plana ubicada en cercanías al río. La conformación del municipio sumada a la condición fisiográfica de su zona urbana con viviendas localizadas en zona de inundación, configuran las condiciones de riesgo a que está expuesta la comunidad, especialmente por inundaciones e inestabilidad de las márgenes.
- El Río San Juan presenta un patrón tipo meándrico y valle poco incisado, con puntos de curvas pronunciados donde se presenta inestabilidad de márgenes, afectando depósitos aluviales no consolidados. Las amenazas por inundación estarían dadas por la ocurrencia de crecientes en el río San Juan, específicamente con alturas de agua dadas para periodos de retorno iguales o superiores a los 20 años.
- 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 3 a 4 por hogar. Las características físicas predominantes de las construcciones en madera; pisos en tierra y concreto; estructura de techo en madera con cubierta en palma, teja de zinc o de asbesto cemento; y por lo general están en regular estado.
- El municipio tiene falencias importantes relacionadas a la ausencia o deficiente servicio de acueducto y zonas con ausencia de alcantarillado pluvial y sanitario, lo cual genera una condición de vulnerabilidad frente a cualquier tipo de eventos.
- Los resultados de modelación hidráulica del Río San Juan, indican que se presentan desbordamientos en aproximadamente 1.2 kilómetros adyacentes al río San Juan. Esta condición fue verificada con las entrevistas a habitantes e indica la necesidad de obras de control y de un programa de reubicación de aquellas edificaciones dentro de la ronda hidráulica.
- 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 20 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 variable y de afectación de la zona superior, y su ocurrencia se debe a factores como la pérdida de cobertura vegetal que han sufrido las márgenes, la disposición inadecuada de las aguas servidas y lluvias y la erosión diferencial de los materiales. El detonante de los procesos de inestabilidad de las márgenes corresponde

a la erosión lateral del cauce sobre las márgenes que actúa en la base de los taludes en las partes exteriores de las curvas del cauce y los fenómenos de socavación lateral además se ven favorecidos por la curvatura del Río y quebrada en su paso por la zona urbana, con lo cual se aumentan localmente las velocidades de flujo y por tanto la capacidad de arrastre de la corriente.

- Las áreas de riesgo alto y medio por inundación son aquellas que hacen parte de las San Juan Oriental, Pueblo Mocho y Pueblo Chino, como la mayor parte de estas áreas son zonas urbanizadas, se recomienda la reubicación de manzanas o el congelamiento de desarrollo urbanístico, complementado con la restricción de uso del suelo.
- 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 activos se encuentran en alto o medio riesgo. Tomando esta condición de riesgo y la necesidad de delimitar una ronda hidráulica adecuada, se definió la línea de retiro dentro de la cual se deben reubicar algunas manzanas y otras deben ser congeladas en cuanto a su crecimiento y uso.
- Para las manzanas ubicadas en el área de estudio de este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente “Media” con un porcentaje cercano al 33%, sin embargo hay un porcentaje considerable de manzanas en condición de vulnerabilidad social alta a muy alta con porcentajes del 27% y 29% respectivamente. Las medidas de mitigación y control buscan minimizar esta vulnerabilidad.
- El Municipio esta redactando y ajustando su Plan de Emergencia según las manifestaciones de sus habitantes respecto a los eventos vividos, de los cuales muchos están descritos y contemplados en el POT del año de 1999, también esta conformado un Comité Local de Prevención y Atención de Desastres, los cuales no cuentan con los recursos suficientes, ni los equipos necesarios para responder rápida y eficazmente el evento, lo que aumenta la vulnerabilidad y disminuye la capacidad de reacción ante el evento amenazante. No hay cuerpo de bomberos voluntario, quienes atienden las emergencias son la defensa civil y bomberos del municipio de Arboletes. El primer paso para mejorar esta situación es conocer los eventos pasados, no solo por eventos descritos por sus habitantes, sino realizar registros detallados del evento. Además 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. Hay un desconocimiento general en los puntos vitales o equipamientos del municipio respecto a el tema de Gestión del Riesgo.
- Algunas acciones antrópicas como el mal uso del suelo, la disposición de aguas inadecuadamente, la urbanización, la agricultura, empeoran las condiciones de inestabilidad de los taludes, razón por la cual se recomienda la restricción de uso y ocupación como la medida a corto plazo más importante a realizar. Así mismo se debe restringir el crecimiento urbano hacia las zonas de ronda.
- La medida más importante a corto y mediano plazo es la recuperación de la cobertura vegetal de medio o gran tamaño, impidiendo el retiro de la vegetación, la ocupación y

crecimiento de pastos y cultivos. Esta medida se hace necesaria en las márgenes del río y quebradas y permitirá una mayor protección frente a la erosión, la infiltración de aguas en la ladera, los posibles deslizamientos y en general, da un mayor equilibrio ambiental de la zona.

- Dentro de las medidas de mitigación no estructurales consideradas se encuentran la regulación del uso del suelo y la reubicación de las familias ubicadas en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción geomorfológica o ambiental (ronda hidráulica). Otras medidas de este tipo corresponden a la adecuación paisajística del área, la realización de campañas de información pública y la creación de políticas de seguimiento y mitigación de las condiciones de riesgo.
- Dentro de las medidas de mitigación estructurales se encuentra el diseño y construcción de obras de control de inundaciones (muro en suelo).
- Se recomienda implementar obras complementarias a las medidas de mitigación, las cuales incluyen la construcción de entregas adecuadas de aguas provenientes de vías, implementación de sistemas de alcantarillado pluvial y residual adecuados y suficientes, entre otras, que permitan mejorar las condiciones adicionales que favorecen la inundación.

## 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.

CABALLERO, H.1991. Contribución al análisis de las Amenazas Geológicas en el municipio de San Juan de Urabá. (Ant.) y la influencia en el desarrollo Urbano. INGEOMINAS. Medellín.

CARDENA CAMILO, Agosto de 2005. Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres. III Curso Latinoamericano de Movimientos en Masa.

CATASTRO SAN JUAN DE URABÁ, 2005. Plano catastral municipio de San Juan de Urabá.

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.

DANE, 2005. Mapa zona urbana municipio de San Juan de Urabá sectores, secciones, manzanas y vías.

DANE, 2005. Estadísticas urbanas municipio de de San Juan de Urabá.

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.

IDEAM. Valores medios mensuales de temperatura, valores totales mensuales de precipitación, valores medios mensuales de velocidad del viento, valores medios mensuales de humedad relativa - estación 12045010 Arboletes. Bogotá. Colombia.

IDEAM. Valores máximos mensuales de caudales - estación 12037020 Laja la Hda Bogotá. Colombia.

IGAC, 1976. Fotografías aéreas, Vuelo R-735 Fotos 0368-0372, escala 1:8800

IGAC, 2004. Fotografías aéreas, Vuelo C-2725 Fotos 0112-0115, escala 1:9300.

IGAC, 1972. Plancha topográfica 60-I-C, escala 1:25000.

IGAC, 2008. Plancha topográfica 60, escala 1:100000.

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, 1999. Geología del departamento de Antioquia. Plancha Escala 1:400000.

INGEOMINAS, 2001. Mapa geológico del departamento de Antioquia Escala 1:400000. Memoria explicativa.

INGEOMINAS. 2002. Geología de la plancha 60, Canalete, escala 1:100.000, Bogotá.

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.

MILLÁN J., 1988. Lineamientos Metodológicos Para la Evaluación de la Amenaza por FRM.

MILLÁN 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.

MILLÁN 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 SAN JUAN DE URABÁ, 1999. Plan de ordenamiento territorial municipio de San Juan de Urabá.

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.