

## CONTENIDO

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

## **ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS DE ORIGEN NATURAL Y ANTRÓPICO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE URAMITA**

### **1 GENERALIDADES**

#### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Corpourabá, a través del Contrato de Consultoría No 10-01-09-0307-09 en el marco del Proyecto Macro PAT – Amenazas y Desastres Naturales, acordó con el Consorcio Urabá 2009 la realización de un estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico de las áreas urbanas de los municipios de Turbo, Chigorodó, Dabeiba y Uramita, 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 han incrementado los riesgos causados por eventos de origen natural como inundaciones, erosión fluvial e inestabilidad de taludes. En los 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, los que 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.

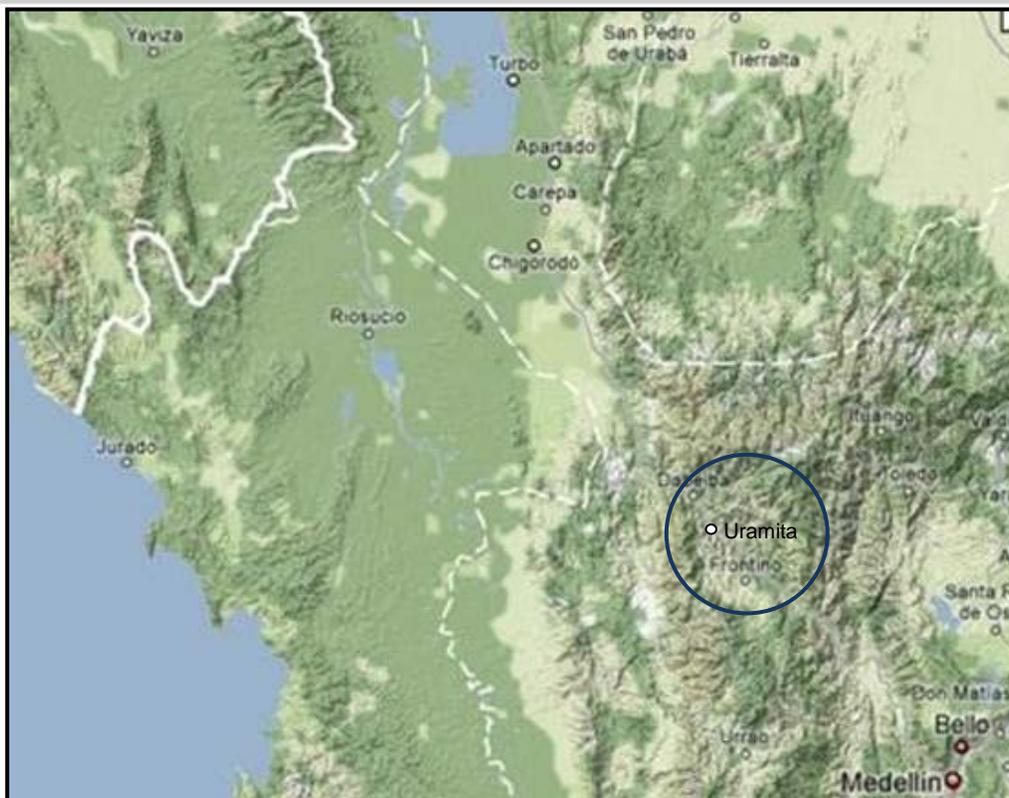
#### **1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

##### **1.2.1 Localización general**

El Urabá Antioqueño es la región costera ubicada al noroccidente del departamento Antioquia sobre el mar Caribe, es la salida del departamento al mar en a la zona del golfo de Urabá, es la región bananera y platanera más importante del país. En la Figura 1-1 se presenta la localización a nivel regional de la zona de estudio.

##### **1.2.2 Generalidades**

El municipio de Uramita se encuentra a una distancia de 172 kilómetros de la ciudad de Medellín, capital del departamento de Antioquia. Limita por el norte y oeste con el municipio de Dabeiba, por el este con los municipios de Peque y Cañasgordas y por el sur con los municipios de Cañasgordas y Frontino. La extensión total del municipio es de 236 km<sup>2</sup> y la de la zona urbana es de 0.1 km<sup>2</sup>.



**Figura 1-1 Localización general del municipio de Uramita**

La población total del municipio es del orden de los 8297 habitantes, de los cuales 2493 se encuentran en la zona urbana. La altitud de la cabecera municipal es de 650 m.s.n.m, la temperatura media es de 25° C. Las actividades económicas en el municipio son la agricultura con productos como el cacao, maíz, frijol, frutales, caña, café y algodón, ganadería y comercio. En la Figura 1-2 se presenta una vista general del municipio de Uramita.



**Figura 1-2 Vista del municipio de Uramita**

### 1.2.3 Área de estudio

La zona de estudio, se encuentra dentro del casco urbano del Municipio de Uramita, siendo de interés para el estudio el área de influencia del Río Sucio que lleva una dirección de Sur-Oriente a Noroccidente y las zonas de la quebrada Uramita, ubicada en la parte oriental del municipio y la quebrada La Encalichada ubicada en el costado occidental de Uramita, según se muestra en la Figura 1-3.

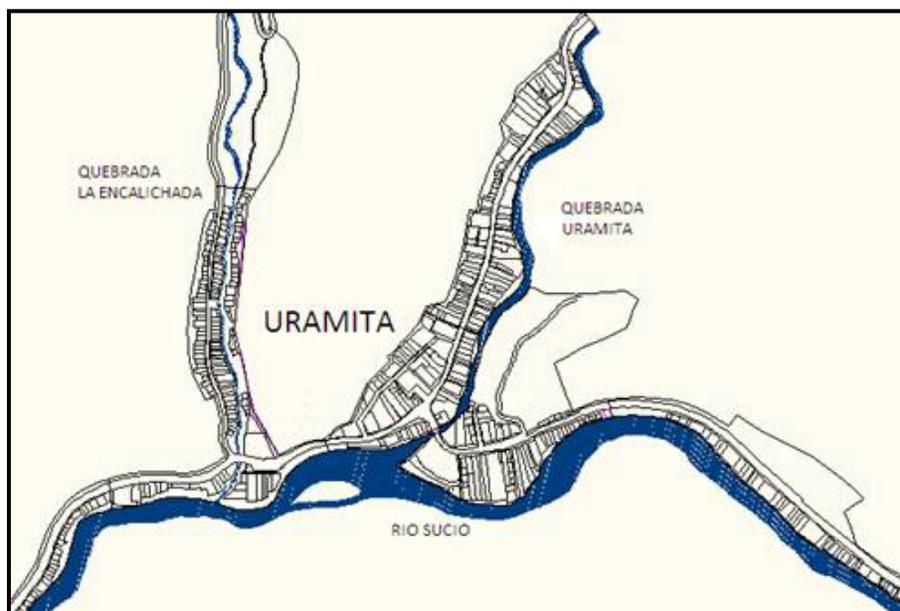


Figura 1-3. Esquema del municipio de Uramita

## 1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

### 1.3.1 Objetivo general

El estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico del área urbana del municipio de Uramita 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 Uramita, siendo estructurado por los siguientes elementos:

- Realizar una zonificación de amenazas, vulnerabilidad y Riesgo en las áreas urbanas de cada municipio de acuerdo a una evaluación geomorfológica, hidrológica, hidráulica y geotécnica.
- Realizar una evaluación hidrológica e hidráulica como criterio a la hora de realizar el análisis de amenaza por inundación.

- 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 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 y antrópico del área urbana del municipio de Uramita, asociada a las zonas de estudio del Río sucio y las quebradas La Encalichada y La Uramita, 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, 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 morfo dinámicos 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 de los cauces y orillas del Río Sucio y las quebradas La Encalichada y La Uramita. Además de los levantamientos topográficos se contempla la realización de fenómenos de inundaciones, avenidas torrenciales e inestabilidad de laderas.

- *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 proyecto 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 consideró 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.

#### **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 consideradas 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**

Las amenazas se definen como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, con la capacidad de generar daños o pérdidas en un lugar y momento determinado. Estas pueden ser: naturales, antrópicas o socio-naturales.

Las amenazas, aunque claramente distinguibles según su tipo, rara vez se manifiestan de forma individual y unilateral en la definición de riesgo y desastre. Más bien existen interrelaciones, sinergias y concatenaciones que nos permiten hablar de contextos sociales, territorios o regiones de multi-amenazas o de amenazas complejas.

Se habla de multi-amenazas cuando un área es susceptible de ser afectada por varios tipos distintos de amenazas, por ejemplo amenaza sísmica, volcánica, de inundación, de deslizamiento, etc. Se habla de amenazas complejas cuando al hecho de que una amenaza particular ocurra desate la ocurrencia de otros eventos físicos dañinos. Por ejemplo, el hecho de que un sismo desate proceso de licuefacción y FRM.

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**

El concepto de vulnerabilidad hace referencia tanto a la susceptibilidad de un sistema social de ser afectado por una amenaza como a la incapacidad de respuesta del mismo y la inhabilidad para sobreponerse o adaptarse luego de la afectación.

La vulnerabilidad suele ir acompañada de diversos adjetivos que delimitan “a qué” se es vulnerable y su uso más tradicional se relaciona con enfoques vinculados a temas económicos, ambientales, amenazas naturales y antrópicas y a la salud de los individuos, aunque también más recientemente se habla de vulnerabilidad social, psicosocial, jurídica, política y cultural (CEPAL/CELADE, 2002).

En este caso nos referiremos a la vulnerabilidad frente a las amenazas naturales, antrópicas y socio naturales, específicamente frente a los Fenómenos de Inundación y de Remoción en Masa. Sin embargo, sobre este tipo de vulnerabilidad se involucran a su vez distintos tipos o niveles de vulnerabilidad: económicos, sociales, organizacionales e institucionales, educacionales y culturales, entre otros, que en un sistema de compleja interacción crean condiciones de lo que se ha definido como vulnerabilidad global de un elemento, unidad o estructura social particular (Wilches - Chaux ,1993)

Al inicio de los análisis detallados de vulnerabilidad 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 las corrientes de agua consideradas. 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**

El riesgo aparece cuando en un mismo territorio y en un mismo tiempo, coinciden eventos amenazantes, que pueden ser de origen natural o creados por el hombre, con unas condiciones de vulnerabilidad dadas. Así, el riesgo es una situación derivada del proceso de desarrollo histórico de las comunidades, que ha conducido a la construcción y ubicación de infraestructura pública o privada de forma inapropiada con relación a la oferta ambiental del territorio.

Teóricamente, el riesgo se estima como la magnitud esperada de un daño, que presenta un elemento o sistema, en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. Se evalúa en términos de pérdidas y daños físicos, económicos, sociales y ambientales que podrían presentarse si ocurre el evento amenazante.

El riesgo alude a una situación latente o potencial y por lo tanto es posible intervenirlo actuando sobre sus elementos constitutivos (conocidos como la Amenaza y la Vulnerabilidad), con el fin de evitarlo o de reducir el nivel esperado de pérdidas y daños. Estas actuaciones hacen parte de una serie de acciones, iniciativas y procedimientos que constituyen la denominada Gestión 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.

#### **1.4.11 Identificación de viviendas en riesgo no mitigable**

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

#### **1.4.12 Gestión del riesgo con los municipios**

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

#### **1.4.13 Informe final**

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

## CONTENIDO

2	DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL	2-1
2.1	INTRODUCCIÓN	2-1
2.2	DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA	2-1
2.3	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE	2-4
2.3.1	Generación de Cartografía Base	2-4
2.3.1.1	Levantamiento topográfico	2-4
2.3.1.2	Mapa urbanístico	2-4
2.3.1.3	Mapa social	2-5
2.3.2	Caracterización física	2-5
2.3.2.1	Caracterización Geológica – Geomorfológica	2-5
2.3.2.2	Caracterización climatológica e hidrológica	2-6
2.3.2.3	Caracterización hidráulica	2-6
2.3.2.4	Investigación geotécnica	2-6
2.4	MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO	2-7
2.4.1	Evaluación de la amenaza por inundación	2-7
2.4.2	Evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales	2-7
2.4.3	Evaluación de la amenaza por inestabilidad de las márgenes	2-8
2.4.4	Análisis de vulnerabilidad	2-8
2.4.5	Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes	2-9
2.5	PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO	2-10
2.5.1	Restricción del uso del suelo	2-10
2.5.2	Reubicación de familias	2-11
2.5.3	Obras de protección y control	2-11
2.5.4	Definición de zonas de aislamiento	2-11
2.5.5	Información pública	2-11
2.5.6	Plan de gestión con el municipio para la incorporación de los resultados a los POT	2-12
2.6	MARCO METODOLÓGICO	2-12
2.6.1	Análisis detallado de la amenaza	2-13
2.6.2	Análisis detallado de la vulnerabilidad	2-14
2.6.3	Análisis detallado del riesgo	2-16

## 2 DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Se presenta a continuación la conceptualización del estudio y la problemática de riesgo socio natural por inundación y/o avenidas torrenciales a partir de la valoración respectiva de la amenaza y la vulnerabilidad asociada a cada evento sobre los drenajes que delimitan e área urbana del Municipio de Uramita como son el río Sucio y el río Uramita y la quebradas La Encalichada, localizado en la región del Uraba Antioqueño.

### 2.2 DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA

El Municipio de Uramita está situado en la vertiente del río Sucio, hacia la parte Occidental del Departamento de Antioquia. La cabecera municipal se desarrollo sobre el valle del río Sucio y el río Uramita, los cuales se caracteriza por ser valles jóvenes en “V”, valles de montaña, con altas pendientes y torrenciales.

El desarrollo urbano del Municipio se ha dado a lo largo del río Sucio y río Uramita. Esta conformación sumada a la condición fisiográfica de la zona urbana del Municipio, zonas de altas pendientes y de alta complejidad geológica, configuran las condiciones de riesgo a que está expuesta la comunidad, especialmente por avenidas torrenciales, inestabilidad de las márgenes de los ríos y inundaciones.

El río Sucio presenta un patrón de tipo meándrico, y se observa en algunos sectores la presencia de un control estructural por la presencia de un afloramiento rocoso, el cual restringe la presencia de fenómenos de socavación lateral, que sí se presenta en los sitios en que en las márgenes del río se encuentran depósitos aluviales no consolidados.

El río Uramita, por su parte, presenta altas pendientes y un valle en V que tiende a profundizarse ante la ocurrencia de eventos torrenciales. En su desembocadura al río Sucio de nota un fuerte control estructural. El POT del Municipio de Uramita (1998) identifica las amenazas a que está expuesto el Municipio, las cuales en resumen son definidas de la siguiente manera:

- Amenaza Sísmica: El Municipio de Uramita está ubicado en una zona de riesgo sísmico intermedio, en la cual se presentan periódicamente enjambres de sismos de magnitud media a baja que afectan áreas relativamente pequeñas.
- Inundaciones: Sobre la llanura de inundación de la quebrada La Encalichada donde la sección es más estrecha, se construyeron algunas viviendas del barrio Santa Ana que son afectadas en las crecientes.
- Deslizamientos: Sobre el Municipio existe la amenaza de deslizamientos; las zonas más propensas son los taludes de las carreteras y/o las zonas de fallas y las huellas de antiguos deslizamientos. Existe también probabilidad de desgarres superficiales en drenajes intermitentes, este proceso puede acelerarse debido a la acción antrópica.

Se destaca el deslizamiento denominado Revenidero, que aunque no se presentó sobre el casco urbano sus consecuencias si afectaron al Municipio. El Derrumbe El Revenidero, se presentó en el municipio de Uramita el 25 de Octubre de 1970 en el sitio conocido como El Revenidero, carretera Uramita – Dabeiba, y en el cual se removieron 8 millones de metros cúbicos de material. El embalse generado alcanzó una longitud de aproximadamente 6 km. El derrumbe de 1970 fue el resultado de la reactivación parcial de una zona de inestabilidad. En 1991 se detectaron desplomes en la base de la masa inestable. En 1993 se observaron evidencias puntuales de actividad y en el escarpe de roca que cruza toda la masa inestable se presentan continuas caídas de roca de diámetro promedio 0,5 m, desplomes y agrietamientos en el borde del mismo. La sobrecarga de sedimentos del Riosucio y la desestabilización del deslizamiento El Revenidero ponen en peligro los habitantes más abajo del cañón del río en Uramita, Dabeiba, Mutatá y Pavarandocito que han sufrido un avanzado proceso de urbanización en áreas que fueron declaradas, en 1970, como de uso restringido.

- Crecientes Fluvio - Torrenciales del Rio Sucio: El río Sucio tiene capacidad de arrastre alta, se presenta alta frecuencia de eventos fluvio – torrenciales.
- Flujos Torrenciales del río Uramita y la Quebrada Encalichada que Desembocan en la Zona Urbana:

De acuerdo a lo anterior se puede decir que Las crecientes torrenciales y deslizamientos son los fenómenos naturales a los que Uramita es más vulnerable, debido a la ubicación de su casco urbano en un valle estrecho donde corre un río de caudal apreciable enmarcado por fuertes laderas por las que corren quebradas de gran gradiente. La localización de las zonas amenazadas para la zona urbana para el casco urbano del municipio de Dabeiba se presenta de manera esquemática en la Figura 2-1.

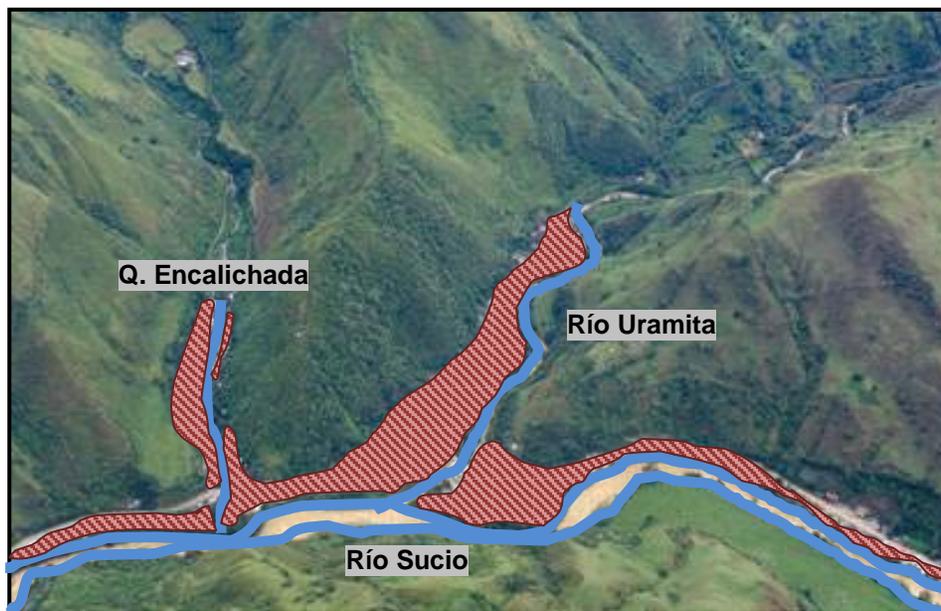


Figura 2-1. Sectores potencialmente afectados en el municipio de Uramita

El río Sucio presenta un patrón de tipo meándrico y se espera que en algunos sectores se dé la ocurrencia de fenómenos de socavación lateral sobre los depósitos aluviales no consolidados. El río Uramita y la Quebrada La Encalichada, por su parte, presentan altas pendientes lo cual hace que se genere un comportamiento de tipo torrencial. Además de los procesos de socavación lateral y de la ocurrencia de flujos torrenciales, puede darse la ocurrencia de desbordamientos de la Quebrada La Encalichada que afectan a algunas viviendas aledañas a la misma.

En las laderas del sector también se aprecia la presencia de huellas de antiguos deslizamientos originados por las altas pendientes, la composición de los materiales y la presencia de agua durante la temporada invernal; de acuerdo con lo encontrado en la revisión de información de referencia, en el pasado se han producido fenómenos de magnitud importante como el denominado El Revenidero, el cual represó el Río Sucio y produjo un evento torrencial ante la ruptura de la represa originada por el deslizamiento inicial, que causó la destrucción de algunas de las partes bajas de la población.

Algunas de las razones que configuran la condición de riesgo actual a que está expuesta la comunidad que se localiza sobre las riberas del río Sucio, río Uramita y la Quebrada La Encalichada son las siguientes:

- El área donde se encuentra asentada la población urbana de Uramita corresponde a un valle de montaña con la presencia de una geodinámica fuerte que define el sector con una muy alta susceptibilidad a que se presenten eventos amenazantes tipo Avenidas torrenciales, inestabilidad de las márgenes e inundaciones.
- Existen áreas urbanizadas ocupando zonas del valle principal del río Sucio y río Uramita y la Quebrada La Encalichada.
- En las áreas urbanas se da la invasión y destrucción de los drenajes naturales existentes debido a los procesos de urbanización.
- Existen factores antrópicos sumados a las condiciones naturales que maximizan los niveles de riesgos en diferentes sectores, tales como construcción de viviendas en las zonas de retiro de las corrientes, malos sistemas de manejo de las aguas servidas y de escorrentía, retiro de la cobertura vegetal protectora, entre otras.
- La construcción de viviendas e infraestructura cerca a las coronas de los taludes que conforman las márgenes del río Sucio y río Uramita, que debido a factores antrópicos (manejo de aguas lluvias, alcantarillado, retiro de vegetación protectora, etc) aceleran los procesos de inestabilidad de las mismas.

De acuerdo a la problemática de riesgo del área urbana de Uramita, identificada y expuesta, se busca a adelantar un estudio a nivel de detalle de los riesgos socio naturales que la afectan, fundamentado en la evaluación geomorfológica, hidrológica, hidráulica, geotecnia del área, así como las características urbanas y poblacionales del municipio.

El estudio de la problemática y del planteamiento de medidas de prevención, mitigación y/o control de los riesgos se enfoca desde la gestión integral del riesgo. Ello quiere decir que una vez zonificadas las áreas en riesgo, se elabora un análisis detallado de los niveles de riesgo existentes, discriminándolos por tipo, área de riesgo y vulnerabilidad específica, con el fin de contemplar las acciones requeridas para su adecuada gestión dentro del Ordenamiento Territorial y el Plan de Desarrollo Municipal. Así los estudios contemplan metodológicamente los siguientes aspectos que se consideran básicos y estratégicos dentro del desarrollo de los estudios.

## **2.3 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE**

### **2.3.1 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 cartografía base comprende los siguientes temas:

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

#### *2.3.1.1 Levantamiento topográfico*

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

La información topográfica de la zona se levanta 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. Contempla el valle de río Sucio, río Uramita y quebrada la Encalichada, desde su entrada al casco urbano hasta la salida, en una longitud aproximada de 3.0 km, definiendo secciones transversales del vaso del cauce y de su valle de inundación cada 50 m o menos, de tal manera que permitan adelantar sobre las mismas la modelación hidráulica del cauce.

#### *2.3.1.2 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 y 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.

### *2.3.1.3 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.).

## **2.3.2 Caracterización física**

### *2.3.2.1 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 presentará un mapa de inventario de procesos o morfodinámico a lo largo de los cauces y de las márgenes de los ríos Sucio y Uramita y la quebrada La Encalichada, dentro de los 3.0 km que colindan con la zona urbana.

### *2.3.2.2 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 residuales 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 e inestabilidad de las márgenes que se pueden presentar en el área de estudio.

### *2.3.2.3 Caracterización hidráulica*

La caracterización hidráulica del cauce se efectuará partiendo de la determinación de los caudales de crecientes, de acuerdo al periodo de retorno de caudales y niveles más altos en estaciones hidrométricas. Para ello se consultara información histórica confiable de registros de precipitación, caudales y niveles. Se construirá la curva de duración de caudales y de niveles.

Se utilizará un modelo hidráulico apropiado para determinar los perfiles de flujo para los diferentes caudales, así como la obtención de los diferentes parámetros hidráulicos necesarios para el diseño de obras de mitigación y los cálculos de socavación de las mismas. Como resultado se busca obtener zonas de inundación para diferentes periodos de retorno, y por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia.

### *2.3.2.4 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 del cauce del río Sucio, río Uramita y de la Quebrada La Encalichada.

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 del cauce del río.

El trabajo de campo se complementará con un programa de ensayos de laboratorio (propiedades índice y mecánicas) 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 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO**

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.

### **2.4.1 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 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 la cuenca del río Sucio y del río Uramita.

### 2.4.3 Evaluación de la amenaza por inestabilidad de las márgenes

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 del río Sucio, río Uramita y quebrada La Encalichada. La distribución espacial del evento amenazante se realizara en función de la tipología de evento, la morfometría de la margen 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.

### 2.4.4 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:

<u>Elemento expuesto</u>	<u>Función de daño</u>
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 y incluirá un plano de zonificación por vulnerabilidad en la escala de trabajo adoptada: 1:2000.

#### **2.4.5 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 1:2000, 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.

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

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

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

Donde:

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

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

Si conceptualmente se define la Vulnerabilidad como

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

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

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

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

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

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

## **2.5 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 Uramita, 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:

### **2.5.1 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.

### **2.5.2 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 del cauce del río Sucio, río Uramita y quebrada La Encalichada.

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.

### **2.5.3 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 diseñarán las obras requeridas a corto plazo, que busquen controlar y minimizar los efectos de los riesgos inminentes.

### **2.5.4 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 – río Sucio, río Uramita y quebrada La Encalichada.

### **2.5.5 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.

### **2.5.6 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. En el Capítulo 8 se presentan los lineamientos para la implementación de los mapas de amenaza y riesgo en el POT municipal.

## **2.6 MARCO METODOLÓGICO**

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 Uramita.

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.

### 2.6.1 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 Uramita, se debe:

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

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

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

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

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

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

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

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

## 2.6.2 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

### 2.6.3 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.

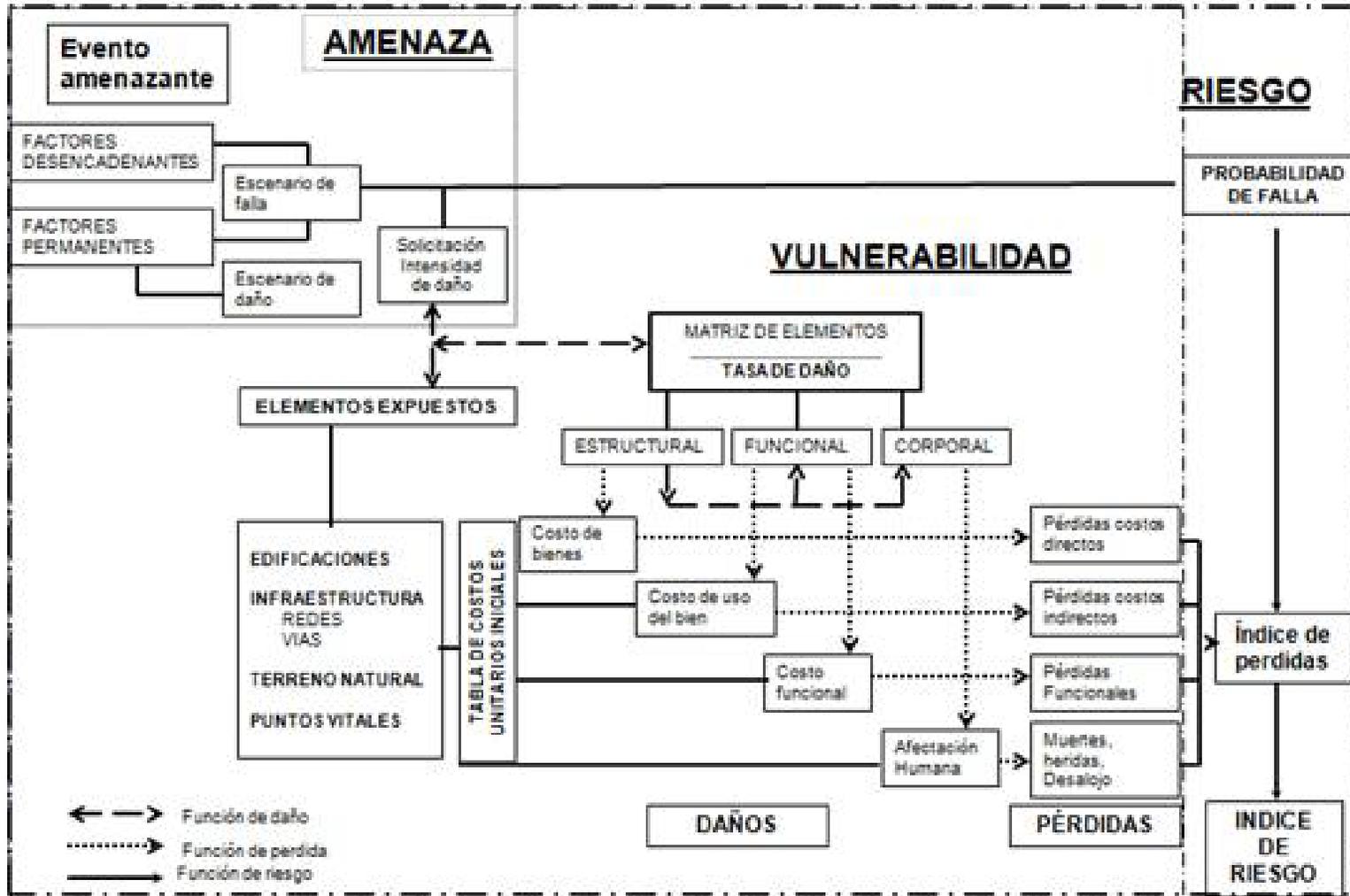


Figura 2-2 Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo

## CONTENIDO

3	ESTUDIOS BÁSICOS.....	3-1
3.1	INTRODUCCIÓN.....	3-1
3.2	REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE .....	3-1
3.2.1	Información de referencia .....	3-1
3.2.1.1	Información general.....	3-1
3.2.1.2	Municipio de Uramita.....	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.....	3-2
3.3.3.2	Cartografía DANE .....	3-2
3.3.3.3	Cartografía IGAC.....	3-2
3.3.3.4	Información Catastral .....	3-3
3.3.4	Levantamiento topográfico .....	3-3
3.3.4.1	Georreferenciación.....	3-3
3.3.4.1.1	Objetivo .....	3-3
3.3.4.1.2	Metodología.....	3-3
3.3.5	Levantamientos topográficos y batimétricos .....	3-7
3.3.5.1	Objetivo.....	3-7
3.3.5.2	Metodología .....	3-7
3.3.5.3	Equipo utilizado .....	3-8
3.3.6	Generación Mapa Topográfico .....	3-8
3.3.7	Información predial a nivel de manzanas.....	3-9
3.4	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....	3-10
3.4.1	Geología.....	3-10
3.4.1.1	Contexto regional .....	3-10
3.4.1.2	Geología local.....	3-12
3.4.2	Geomorfología regional y local.....	3-13
3.4.2.1	Paisaje de montaña denudacional (M) .....	3-13
3.4.2.2	Paisaje aluvial.....	3-15
3.4.3	Procesos morfodinámicos .....	3-20
3.4.3.1	Parte alta Barrio Santa Ana.....	3-21
3.4.3.2	Río Uramitamargen derecha parte alta Barrio El Socorro.....	3-21
3.4.3.3	Río Uramitamargen derecha Calle 24 .....	3-22
3.4.3.4	Río Sucio margen derecha salida a Medellín .....	3-23
3.4.3.5	Río Suciomargen derecha Barrio Cabuyal .....	3-23
3.4.3.6	Río Sucio margen derecha Carrera 13.....	3-24
3.4.3.7	Río Sucio margen derecha entre las desembocaduras del Río Uramita y la Quebrada La Encalichada .....	3-25
3.4.3.8	Río Sucio márgen derecha entre Carreras 24 y 25.....	3-27

3.4.3.9	Vía Uramita-Dabeiba costado derecho sector Carrera 24 .....	3-27
3.4.3.10	Estructuras de protección existentes .....	3-28
3.4.3.11	Invasiones del cauce del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada Encalichada .3-30	
<b>3.1</b>	<b>CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....</b>	<b>3-31</b>
3.1.1	Introducción.....	3-31
3.1.2	Información disponible.....	3-31
3.1.2.1	Información climatológica.....	3-31
3.1.2.2	Información hidrológica .....	3-32
3.1.2.3	Información cartográfica.....	3-32
3.1.3	Climatología .....	3-32
3.1.3.1	Temperatura media .....	3-32
3.1.3.2	Humedad Relativa .....	3-32
3.1.3.3	Evapotranspiración.....	3-32
3.1.3.4	Precipitación media .....	3-33
3.1.3.5	Variación Intra anual de la precipitación .....	3-34
3.1.4	Análisis hidrológico .....	3-34
3.1.4.1	Río Sucio .....	3-35
3.1.4.2	Río Uramita.....	3-36
3.1.4.3	Quebrada La Encalichada.....	3-39
<b>3.2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....</b>	<b>3-41</b>
3.2.1	Exploración del subsuelo.....	3-41
3.2.1.1	Apiques manuales .....	3-41
3.2.1.2	Pruebas de Campo.....	3-42
3.2.2	Ensayos de laboratorio .....	3-43
3.2.3	Caracterización geomecánica .....	3-43
3.2.3.1	Descripción de las propiedades geotécnicas encontradas .....	3-43
3.2.3.2	Perfil Geotécnico promedio .....	3-45
3.2.3.3	Parámetros de Resistencia al Corte .....	3-46
<b>3.3</b>	<b>FACTOR ANTRÓPICO .....</b>	<b>3-47</b>
3.3.1	Urbanismo y catastro.....	3-47
3.3.2	Vías .....	3-48
3.3.3	Manejo de aguas de escorrentía y alcantarillado .....	3-49
<b>3.4</b>	<b>CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN.....</b>	<b>3-49</b>
3.4.1	Variables municipales.....	3-50
3.4.1.1	Población .....	3-50
3.4.1.2	Servicios públicos.....	3-51
3.4.1.3	Hogares .....	3-52
3.4.1.4	Las viviendas.....	3-52

### **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 Uramita*

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

- Plan de ordenamiento territorial municipio de Uramita. PCU Ltda, 2000.
- Mapa zona urbana municipio de Uramita sectores, secciones, manzanas y vías. DANE, 1993.
- Plancha topográfica 114-IV-A Escala 1:25000. IGAC, 1979.
- Fotografías aéreas 146, 147 Escala 1:30700. Vuelo C-2055. IGAC, 1982
- Fotografías aéreas 29, 30 Escala 1:50895. Vuelo C-2530. IGAC, 1994.
- Geología de la plancha 114 Dabeiba y parte de la W de la 115 Toledo, Ingeominas.
- Evaluación de amenazas en algunos municipios del Plan de Atención Inmediata PAI. Ingeominas, 1990.

### **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 Uramita con una porción de área 41.81 hectáreas.

N 1255272m E 1099179m punto que indica el extremo noroccidental del área y  
N 1253684m E 1100823 en el extremo suroriental del área de estudio

Altimétricamente se tiene una cota promedio de 650 msnm para la cabecera municipal.

#### **3.3.3 Cartografía existente**

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

##### *3.3.3.1 Cartografía POT*

Esta cartografía corresponde a la contenida en los planos 10-13 CONSOLIDACIÓN DEL TERRITORIO URBANO EN FUNCIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS BÁSICOS, escala 1:12500, y plano 3 de PERÍMETRO Y SECTORIZACIÓN URBANA del POT del Municipio, escala 1:5000, elaborados en abril de 1999.

Esta cartografía presenta la distribución espacial de la zona urbana del municipio y el nivel de detalle es la identificación de las manzanas y vías.

##### *3.3.3.2 Cartografía DANE*

Esta cartografía corresponde a un mapa digital (1993), escala 1:5000, que contiene la zona urbana del municipio de Uramita, 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 114-IV-A (1979), que contiene curvas de nivel cada 50m, principales ríos y quebradas, además de la ubicación de Uramita y veredas cercanas, la escala de la plancha es 1:25000.

#### 3.3.3.4 Información Catastral

La información consultada en el Sistema de Información Catastral (SIC), de la Dirección de Sistemas de Información y Catastro del Departamento de Antioquia, corresponde al LISTADO DE PREDIOS DEL MUNICIPIO EN ORDEN DE CÉDULA CATASTRAL, reporte RSC02\_0005C del 17 de Abril de 2009. Este listado contiene el nombre y número de identificación del (los) propietario(s) de cada predio, la dirección y/o matrícula inmobiliaria del predio, además de su área total y construida, con los respectivos avalúos.

### 3.3.4 Levantamiento topográfico

#### 3.3.4.1 Georreferenciación

##### 3.3.4.1.1 Objetivo

Posicionamiento de 8 (ocho) puntos principales de primer orden “4 bases de salida, un punto y su señal de azimut” 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 Uramita que en este caso es el Vértice APTO en el municipio de Apartado (Antioquia) a 119 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 15 de septiembre se le hizo un rastreo continuo de 5 horas y 11 minutos continua y al siguiente día se le hizo otra sesión de 7 horas y 25 minutos controlando paulatinamente la buena recepción de satélites que en nuestro caso

oscilo de 9 satélites a más garantizando la precisión de nuestro punto de origen a 2.5 cm de precisión horizontal y 4 cm de precisión vertical con respecto a las coordenadas magna-sirgas de Colombia. Para calcular las coordenadas del vértice GPS-1 en el sistema magna-sirgas se partió de los datos que presenta el IGAC 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 2.0 de origen Oeste y la Ondulación Geoidal con el programa Geocol 2004, obteniendo los valores actualizados de:

Antena	Coordenadas Geocéntricas	Coordenadas Gauss	Alturas
<b>APTO</b>	X=1460797.8584 Y=-6147200.8098 Z= 868399.4790	07°52'40.03443" -76°37'56.60792"	Elipsoidal: 45.199 Geométrica: 34.875 Ondulación: 11.03

Con estos valores y los rinex de cada punto hacemos el post-proceso entre APTO y nuestro GPS-1 con el programa original del equipo de GPS Topcon Tools y a partir de este se efectúa el postproceso para los siete (7) puntos restantes obteniendo las parejas de GPS de amarre.

b) *Parámetros Geodésicos y de Transformación:*

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

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

**Tabla 3-2. Coordenadas planas cartesianas**

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS	
NORTE	ESTE
913332.746 m	1033070.188 m

c) *Procesamiento de la información:* Los parámetros de referencia del elipsoide WGS-84, utilizado por el sistema GPS al elipsoide Internacional, se muestran en la Tabla 3-3

**Tabla 3-3. Elipsoide world geodetic system 1.984**

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

**Tabla 3-4. Coordenadas Geodésicas Wgs-84**

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



El primer día se colocó el GPS-1 en el primer frente y en la parte alta vía a Sumapaz y desde allí se localizaron los GPS-1 y GPS-2 del segundo frente vía a Sumapaz a aproximadamente 400 m de distancia y el segundo día se colocó la base de salida del tercer frente GPS-1 y GPS-2 y el GPS-2 pareja del GPS-1 del primer frente.

**Tabla 3-6 Coordenadas Gauss-Kruger Magna-Sirgas origen oeste**

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ORTOMÉTRICA (snm)
URA-1	1254172.829	1100358.030	709.382
URA-2	1253947.966	1100489.248	658.511
URA-3	1255236.060	1099720.463	676.593
URA-4	1255130.101	1099639.719	666.422
URA-5	1255073.765	1100232.514	651.322
URA-6	1255128.143	1100265.499	651.046
URA-7	1254748.766	1098469.072	624.840
URA-8	1254766.864	1098540.444	628.447

### 3.3.4.1.3 Equipos Utilizados

- a) *GPS TOPCON HIPER+*: Dos equipos de Doble Frecuencia. 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.

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 flange ground plane.



**Figura 3-1 GPS TOPCON Hiper +**

- 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.



**Figura 3-2 Navegador Garmin GPSMAP60Cx**

### **3.3.5 Levantamientos topográficos y batimétricos**

#### *3.3.5.1 Objetivo*

Determinar la magnitud y forma real (planimétrica y altimétrica) tanto en la zona urbana que en este municipio en un sector grande presenta un alto riesgo de inundación como en el cauce y riberas del río y la quebrada de este estudio como base de los estudios de amenaza, trabajos de diseño y construcción de las obras de protección, control y mitigación a adelantar en cada uno de ellos.

#### *3.3.5.2 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 cada una de las zonas en estudio, puntos como vías, cercas, terrazas, taludes, obras de arte, canales, gaviones, muros de contención, riberas, lecho de las fuentes de agua, taludes, puentes y demás existentes generando la base cartográfica georreferenciada de cada frente.

**b) Datos técnicos:**

Localización del Proyecto: Municipio de Uramita – Antioquia (Colombia)

Frentes de Trabajo y longitud:

- Sobre el río Sucio en una extensión de 2886 m
- Sobre el Río Uramita en una extensión de 790 m
- Sobre la Quebrada La Encalichada 556 m

- c) *Secciones Transversales*: Una vez obtenida la zona de trabajo se dividió por secciones transversales que abarcaran la totalidad del terreno, secciones que se trazaron teniendo en cuenta los niveles del terreno y cortando cada una de las curvas de nivel.

#### 3.3.5.3 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.

- b) *Ecosonda Garmin Gpsmap 430S*: Es una ecosonda digital con precisión a 1 decímetro que tiene incorporado un navegador de GPS de precisión pos-métrica, la capacidad de grabado de puntos depende de una tarjeta SD interna que en nuestro caso sirve para 3000 puntos.

#### 3.3.6 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:

- e) Post proceso de la información recolectada por los GPS.
- f) Cálculo y procesamiento de datos.
- g) Dibujo del levantamiento en sistema CAD.
- h) Modelo digital del terreno
- i) Informe

*Características Topográficas:* Los ríos se hallan en terrenos planos, con una pendiente del 3 al 7 %. Existe un dique que evitaba las inundaciones pero en la actualidad esta averiado y por un lado se pasa el agua inundándose los barrios como ocurrió recientemente a principios de Octubre de 2009.

### 3.3.7 Información predial a nivel de manzanas

Todo el perímetro Urbano del municipio de Uramita se encuentra dentro la franja estudio, se tienen 30 manzanas en total, discriminadas por sectores y secciones Urbanas, según Código DANE, como se muestra en la Tabla 3-7.

**Tabla 3-7. Manzanas dentro de la franja de estudio según código DANE**

Código DANE								
Departamento	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	842	1	000	00	000	0001	01	01
05	842	1	000	00	000	0001	01	02
05	842	1	000	00	000	0001	01	03
05	842	1	000	00	000	0001	01	04
05	842	1	000	00	000	0001	01	05
05	842	1	000	00	000	0001	01	06
05	842	1	000	00	000	0001	01	07
05	842	1	000	00	000	0001	01	08
05	842	1	000	00	000	0001	02	02
05	842	1	000	00	000	0001	02	03
05	842	1	000	00	000	0001	02	04
05	842	1	000	00	000	0001	02	05
05	842	1	000	00	000	0001	02	06
05	842	1	000	00	000	0001	02	09
05	842	1	000	00	000	0001	02	10
05	842	1	000	00	000	0001	02	11
05	842	1	000	00	000	0001	02	12
05	842	1	000	00	000	0001	02	13
05	842	1	000	00	000	0001	03	01
05	842	1	000	00	000	0001	03	02
05	842	1	000	00	000	0001	03	03
05	842	1	000	00	000	0001	03	04
05	842	1	000	00	000	0001	03	05
05	842	1	000	00	000	0001	03	06
05	842	1	000	00	000	0001	03	07
05	842	1	000	00	000	0001	03	09
05	842	1	000	00	000	0001	03	10
05	842	1	000	00	000	0001	03	11
05	842	1	000	00	000	0001	03	13
05	842	1	000	00	000	0001	03	14

### 3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

#### 3.4.1 Geología

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

Vuelo	Año	Escala	Aerofotografías
IGAC, C-2055	1982	1:30.700	146 – 147
IGAC, C-2530	1994	1:50.895	501 - 502

##### 3.4.1.1 Contexto regional

Al nivel de Geología Regional, el municipio de Uramita se localiza en el núcleo de la Cordillera Occidental, conformado por rocas ígneas y sedimentarias depositadas en un fondo marino, las cuales en el norte de Colombia se han considerado como Grupo Cañasgordas, que incluye según Álvarez y González, (1978), un nivel volcánico (Formación Barroso), y un nivel sedimentario (Formación Penderisco). La edad del Grupo Cañasgordas, de acuerdo con todos los trabajos llevados a cabo hasta la fecha se considera del Cretáceo Tardío.

**Formación Barroso o Basaltos del Barroso (K2bb):** La Formación Barroso consta de rocas volcánicas básicas con sus algunos cuerpos intrusivos máficos - ultramáficos asociados. Específicamente está compuesta por diabasas, basaltos y menos frecuentemente por espilitas con intercalaciones de lavas almohadilladas con hialoclastitas, tobas, brechas y aglomerados; ocasionalmente se presentan lentes irregulares de roca sedimentaria (Álvarez, 1983). Esta unidad, de edad cretácica, es considerada como el piso oceánico sobre el cual se depositaron las unidades sedimentarias.

**Formación Penderisco:** Se compone de rocas sedimentarias depositadas en un ambiente marino profundo, por su composición ha sido subdividida en los Miembros Urrao y Nutibara, el primero, de carácter arenoso a limoarcilloso y el segundo que contiene chert, con intercalaciones de limolitas y calizas silíceas. Por el fuerte plegamiento y fallamiento no se conoce el espesor de la formación ni los contactos entre los miembros.

El Miembro Urrao, está compuesto de arcillolitas, limolitas y areniscas intercaladas localmente con capas lenticulares de conglomerados.

El Miembro Nutibara está formado por capas delgadas de chert negro y calizas silíceas, con intercalaciones menores de limolitas y esporádicamente areniscas de grano fino.

Las anteriores Formaciones, por sus condiciones de formación, antigüedad y evolución, se encuentran en la actualidad formando un macizo rocoso plegado y fallado que conforma el sistema montañoso principal del área.

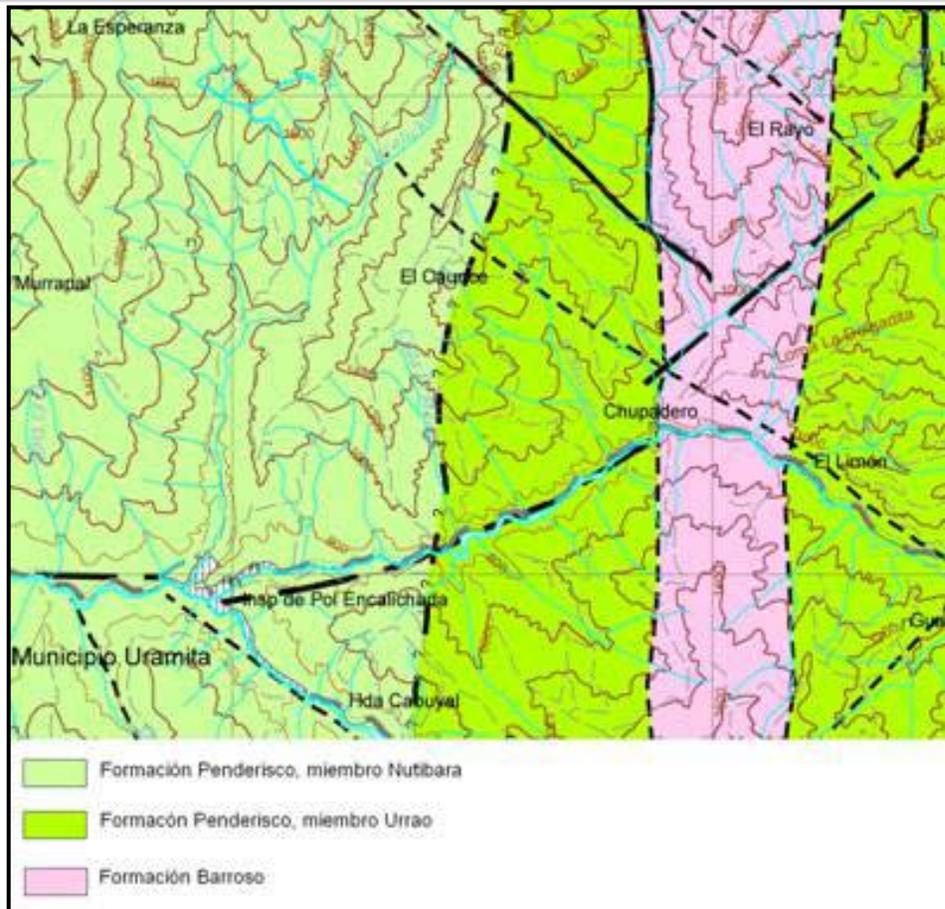


Figura 3-3. Geología regional del municipio de Uramita (Tomado de Ingeominas, 2004)

En las inmediaciones de la cabecera municipal, se encuentran una serie de depósitos aluviales no litificados, compuestos por gravas gruesas, arenas y limos que se han agrupado en los mapas de Ingeominas a escala 1:100.000 como depósitos cuaternarios, que no se diferencian entre sí por razón de escala.

**Arenitas y Limolitas de Urrao o Miembro Urrao (K2u):** Con este nombre se conoce una asociación de limolitas y areniscas depositadas en un fondo marino profundo por corrientes de turbidez, que se alternan en una sucesión monótona y forman estratos decimétricos a centimétricos. Es la roca predominante en el extremo oriental de la cabecera municipal de Uramita en dirección a Cañasgordas, por fuera del casco urbano.

**Chert y limolitas silíceas o Miembro Nutibara (K2n):** A este grupo de rocas pertenecen sedimentos silíceos de mar profundo, dispuestos en estratos delgados centimétricos a decimétricos, que contienen intercalaciones de limolitas silíceas y en partes rocas piroclásticas básicas, es notable también la presencia de estratos importantes de calizas silíceas de color verde, que por su tenacidad casi siempre forman salientes rocosas o filos agudos. Afloran especialmente en las vertientes circundantes al casco urbano de Uramita, formando una franja alargada en dirección Norte – Sur, paralela a las limolitas y areniscas ya descritas.

**Aluviones Cuaternarios (Qal):** En la cartografía Regional disponible, se destacan dos pequeños cuerpos de depósitos aluviales de edad cuaternaria que bordean el río Sucio, que se describen como acumulaciones de gravas, arenas y arcillas no consolidadas, dispuestas en estratos irregulares, lenticulares, resultado de procesos aluviales originados por el río Sucio.

#### 3.4.1.2 Geología local

El macizo rocoso original que aflora en los alrededores de Uramita, ha sido objeto de numerosos procesos geológicos desde su depositación en mar profundo, pasando por litificación y levantamiento para ser integrado al continente. Durante este proceso, se produjeron esfuerzos importantes que plegaron y deformaron las rocas que afloran superficialmente en la actualidad con un suelo residual relativamente delgado, de un perfil de meteorización del orden de dos metros de espesor, cubierto a su vez por horizontes de suelo A y B delgados.

**Suelos residuales en Limolitas silíceas y Chert:** Las rocas dominantes en el medio local pertenecen al Miembro Nutibara de la Formación Penderisco. Se puede observar a lo largo de la vía al Este y Oeste del centro de la población, una sucesión de limolitas silíceas color gris claro a medio, interestratificadas con chert negro y en menor proporción calizas silíceas de color verde claro, dispuestas en estratos delgados, desde 5 hasta 25 cm de espesor, con fuertes y estrechos plegamientos que permiten observar inclinaciones desde 60° hasta verticales en una tendencias general Norte - Sur. Interiormente las limolitas silíceas y calizas silíceas muestran estratificación interna fina a escala de milímetros, indicando así un ambiente de depositación lento y de mar relativamente profundo. La secuencia de rocas se encuentra con fracturamiento intenso, al punto que es difícil tomar muestras de más de 20 cm de diámetro, según se muestra en la Figura 3-4.



**Figura 3-4. Afloramiento de chert y limolitas silíceas en la zona urbana de Uramita. Salida hacia Medellín**

**Depósitos aluviales:** Los tres drenajes que confluyen en el municipio de Uramita han formado depósitos típicos con diferentes edades e historias de depositación que se caracterizan por un relieve plano, donde se han asentado la mayoría de las viviendas del casco urbano. Colectivamente se trata de depósitos no consolidados, compactos, compuestos de estratos irregulares a lenticulares, de espesor métrico a decimétrico con fragmentos frescos de bloques, clastos, guijarros y arenas en proporciones variables de acuerdo con las condiciones de depositación.

### 3.4.2 Geomorfología regional y local

Los trabajos geomorfológicos en la zona han estado supeditados a las investigaciones geológicas como elemento de importancia secundaria para la descripción regional del paisaje. En 1995, mediante convenio Corpourabá - Universidad de Antioquia (INER, 1995), se realizó una aproximación regional a escala 1:100.000, donde se define un único paisaje regional para el área Dabeiba – Cañasgordas, como Paisaje de Montaña, el cual se resume y complementa a continuación.

#### 3.4.2.1 Paisaje de montaña denudacional (M)

Este tipo de relieve, de montaña abrupta, escarpada e incisada (Montaña Denudacional), se encuentra desarrollado alrededor de la cabecera municipal Uramita y se prolonga en direcciones norte-sur y este-oeste por decenas de kilómetros, modelado sobre rocas ígneas y sedimentarias pertenecientes al Grupo Cañasgordas.

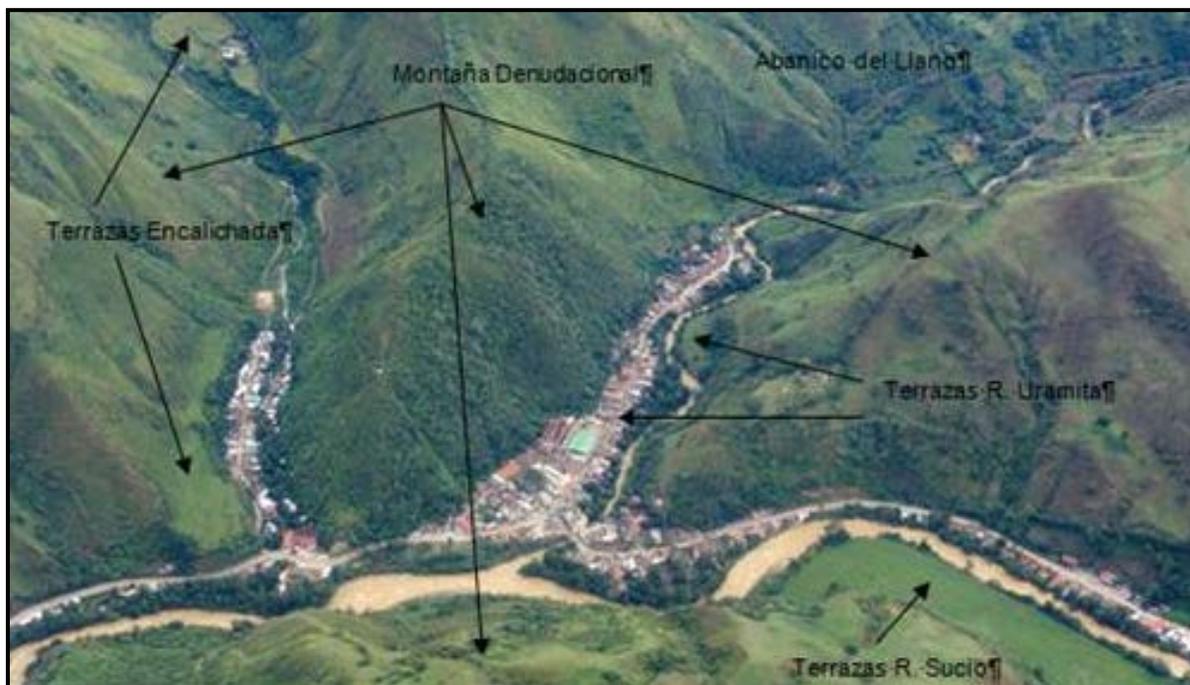


Figura 3-5. Unidades Geomorfológicas de Uramita

**Vertientes Montañosas Altas (MD1):** Las montañas alcanzan alturas hasta de 1.000 m, como en el caso de los filos de El Caliche y Murrupal, localizados al NE y NW de la cabecera municipal. Los filos principales, de perfil irregular, tienen una orientación preferencial NS a NE, muestran cimas redondeadas y amplias, mientras que los filos secundarios, con orientaciones NS a NW, presentan topos más estrechos y subredondeados y además, tienen un escalonamiento que revela los diferentes pulsos de levantamiento de la Cordillera. Los valles son estrechos, en forma de V, con cauces que forman típicos ríos de montaña, con abundantes bloques de rocas y cascadas en lecho rocoso. Las vertientes son cortas, de menos de 250 m, rectas y rematan hacia el fondo con forma convexa para formar un valle estrecho y casi siempre profundo, interrumpido en algunos casos por unas pocas terrazas aluviales, según se muestra en la Figura 3-5 y la Figura 3-6.

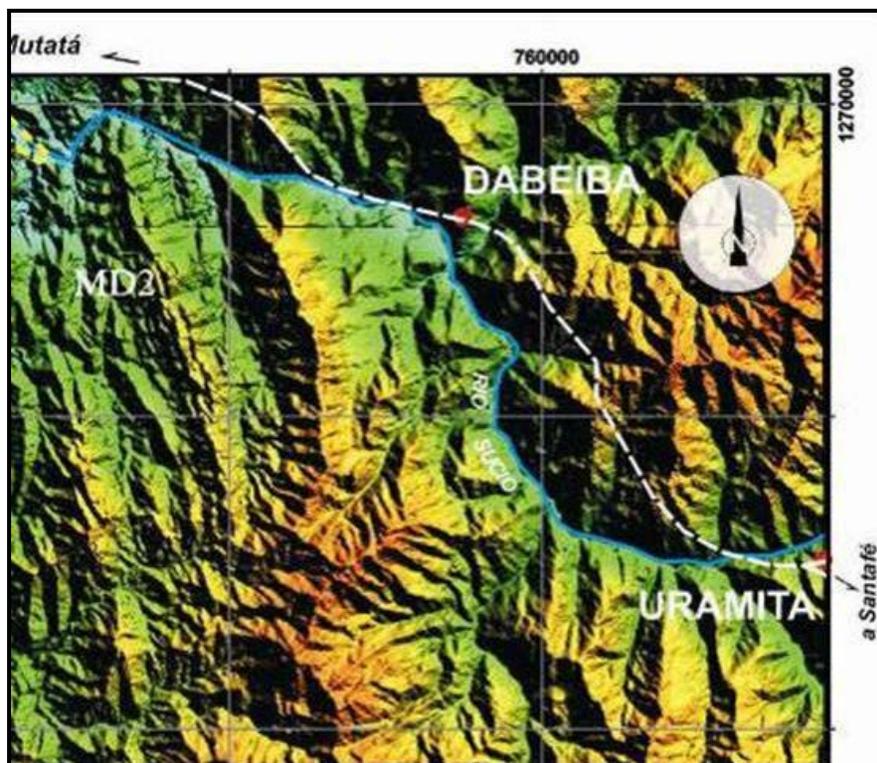


Figura 3-6. Relieve montañoso en Dabeiba – Uramita. Imagen Radar Satelital

La alta capacidad erosiva desarrollada por las aguas de escorrentía no permite la generación de horizontes maduros A y B del suelo y éstos alcanzan individualmente espesores de menos de 20 cm en los filos principales. Bajo los anteriores horizontes se encuentran perfiles de meteorización con horizontes V, IV y III de Dearman (1991), incompletos, que en conjunto alcanzan espesores menores a 2 m, en tanto que el horizonte II de roca meteorizada y decolorada puede alcanzar hasta 5 m en los filos principales.

El estilo de drenaje es dendrítico, de densidad media, sin mayor control estructural a pesar de que los mapas geológicos muestran algunas fallas importantes alrededor del casco urbano. El perfil de meteorización y suelos respectivo se observa en algunos banqueros posteriores de las viviendas que bordean la vía principal Medellín – Turbo y en los cortes de las vías que cruzan el área, siguiendo el perfil que se describe en la Tabla 3-8.

**Tabla 3-8. Perfil de meteorización y suelos**

Profundidad (cm)	Descripción
0 a 20	Horizonte A, color pardo oscuro a ocre rojizo, contenido medio de materia orgánica, limoso, permeable, con abundantes raíces vivas y más de 30% de fragmentos de roca fresca (chert y limolitas silíceas), de tamaño centimétrico y menor, relativamente maduro, con pedos de 5 a 6 mm Ø, transicional a B.
20 a 45	Horizonte B, limo-arenoso, color pardo oscuro, con más de 50% de fragmentos centimétricos y menores frescos, con pedos de 4 a 5 mm Ø, con abundantes grietas de desecación milimétricas, transicional a C.
45 a 75	Horizonte C-IV. Limo-arcilloso, color pardo a ocre rojizo, casi homogéneo, con 50 – 55% de guijarros de roca, con cubierta de óxidos, angulares y unos pocos meteorizados, fragmentos menores de 3 mm., integrados a la matriz.
75 a 165	Horizonte C-III, Roca meteorizada y fragmentada, rodeada por suelo limo - arenoso color pardo a ocre.
165 a 205	Horizonte C-I. Roca meteorizada a lo largo de diaclasas y planos de estratificación, forma poliedros rara vez de más de 20 cm de diámetro por fracturación intensa.

**Unidad de Escarpes en Depósitos Aluviales (TD<sub>1</sub>):** Todos los paisajes aluviales de los alrededores de Uramita presentan incisión fuerte por los mismos cauces que los formaron, mostrando pendientes escarpadas, la mayor parte de ellas como escarpes verticales con alturas entre 1 y 15 m., sujetas a socavación por el cauce activo y además generan una amenaza alta por caída de rocas, cuando se lava la matriz por causa de escorrentía superficial. De ninguna manera es aconsejable realizar banqueros para las viviendas, pues se aumenta la susceptibilidad del terreno a este fenómeno.

#### 3.4.2.2 Paisaje aluvial

**Depósitos de la quebrada Encalichada.** Esta quebrada muestra dos tipos de depósitos aluviales de edades y orígenes diferentes, que forman terrazas de la siguiente manera:

**Terraza Antigua (Qte<sub>2</sub>):** Los depósitos de mayor edad forman un nivel de terrazas relativamente alto, unos 12 a 14 m por encima del nivel actual del río que se constituyen en un recurso de futura urbanización del casco urbano. Las terrazas se localizan en la parte baja de la quebrada, por encima del barrio Santa Ana en su margen derecha, formando un plano de unos 350 m de longitud por 35 a 60 m de ancho y ligeramente más arriba, ocupan la margen izquierda con dimensiones similares.

El depósito se compone de bloques de roca, clastos y guijarros redondeados hasta angulares, rodeados por una matriz areno limosa que varía en proporción del 35 al 50% del volumen total. En buena parte los clastos tienen contactos tangenciales entre sí, pero la textura general del depósito es caótica y mal seleccionada, indicando así un origen por

avenidas torrenciales. Existen unas delgadas intercalaciones de gravas bien seleccionadas que indican episodios aluviales posteriores a los torrenciales. La altura total del depósito, de unos 10 a 12 m que se muestra en la Tabla 3-7, contiene por lo menos siete episodios de avenidas torrenciales antiguas, distanciadas por períodos de tiempo relativamente cortos, de años o decenas de años.



**Figura 3-7. Depósitos torrenciales de la quebrada Encalichada, entrada al barrio Santa Ana**

La alta proporción de clastos/matriz, evidencia condiciones de generación de las avenidas torrenciales por movimientos en masa relativamente grandes y no por numerosos movimientos superficiales como los que ocurren cuando se presentan episodios de lluvias excepcionales. Lo anterior permite deducir que previo a la avenida torrencial se presenta un movimiento en masa mayor, el cual tiene días u horas de movimiento antes de fluir por el cauce, lo que en caso de repetirse en el futuro, permitiría tener una alerta temprana.

La edad del depósito solamente se puede estimar de manera relativa, teniendo en cuenta su incisión relativamente profunda, de más de 12 m y la poca madurez del horizonte A del suelo, que alcanza unos 10 cm de espesor, lo que indica que el último evento torrencial tiene tal vez miles o decenas de miles de años de haber ocurrido. Una característica particular de esta terraza es que se encuentra basculada por efectos tectónicos, tal como se aprecia en su margen izquierda, sobre la vía principal en la Tabla 3-8.



**Figura 3-8. Depósitos basculados hacia el Este en la confluencia Q. Encalichada R. Sucio**

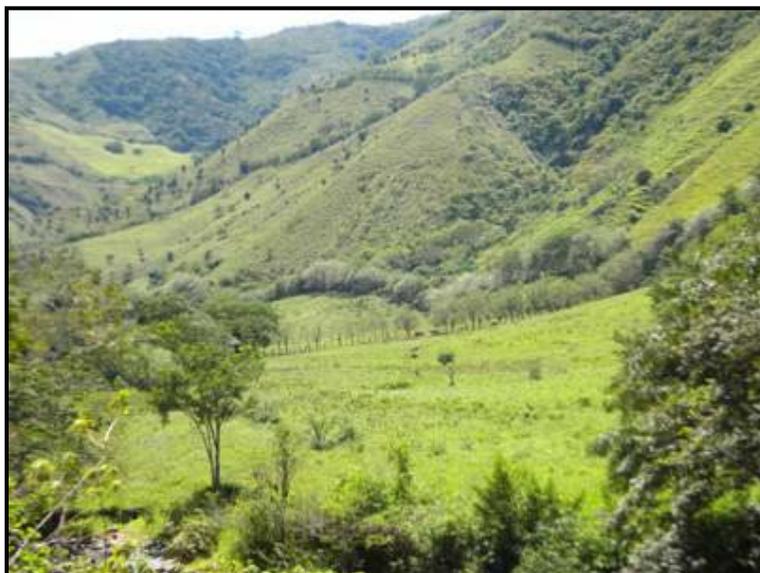
*Terrazas recientes (Qte<sub>1</sub>):* Los depósitos más recientes de la quebrada Encalichada, conforman una terraza baja, de menos de tres metros de altura sobre el cauce actual y 300 m de longitud por unos 30 de ancho. Sus características son de régimen aluvial, con bloques, cantos y guijarros dispuestos en capas lenticulares discontinuas pero ordenadas y con los clastos subredondeados en contactos tangenciales entre sí como se muestra en la Tabla 3-9.



**Figura 3-9. Depósito correspondiente a la terraza T1 de la Q. Encalichada**

Esta terraza es relativamente reciente, tal como lo evidencia la ausencia de horizontes A y B de suelo, por lo que se asume que su edad es de cientos de años. Los habitantes consultados afirman que algunas crecientes en décadas pasadas inundaron viviendas localizadas cerca al puente del barrio Santa Ana, sin provocar víctimas o daños severos, pero en algunos casos, el nivel de las viviendas es menor de dos metros por encima de la quebrada y en consecuencia son vulnerables ante una creciente de período de recurrencia bajo, del orden de 15 a 20 años.

**Terrazas del Río Sucio (Qts1):** El río Sucio, como cauce principal de la zona, forma también su propio sistema de terrazas, que en este caso consisten en superficies relativamente bajas, que tienen alturas sobre el cauce entre 2 y 4 m, no existe un nivel bien definido, sino que ellas tienen una pendiente adicional desde las vertientes en roca hasta el río, lo que indica un aporte coluvial importante desde ellas, que en algunos casos llega a presentar pequeños conos de deyección. Lo anterior parece indicar que no hay una torrencialidad manifiesta en ellas, sino que se han formado por inundaciones sucesivas a través del tiempo. La Figura 3-10 ilustra la situación anterior, y en ella se aprecia claramente su pendiente hacia el río. No se consideran estas terrazas aptas para desarrollo urbano y su uso debe ser restringido para el desarrollo futuro de áreas recreativas de baja inversión.



**Figura 3-10. Terrazas del río Sucio en inmediaciones de Uramita, al fondo, conos de deyección**

**Terrazas del río Uramita (Qtu):** El río Uramita forma también su propio sistema de terrazas, que en el casco urbano se ha aprovechado la mayor parte de uno de sus niveles (Qtu2) para el desarrollo de buena parte de la población. Aguas arriba de la cabecera municipal, afloran por lo menos tres niveles diferentes, uno de ellos con mayor altura y edad que la tu2 y que se muestra en la Figura 3-11, con intercalación de depósitos aluviales y torrenciales, pero estos últimos muestran poca persistencia longitudinal, lo que indica que han sido producidos por afluentes y no por el río mismo, como en el caso de la avenida torrencial reciente (2009) de la Q. Moscoso, que destruyó por completo el puente sobre la vía a Peque; una imagen de la huella de esta avenida torrencial se presenta en la Figura 3-12.

**Terraza aluvial alta (Qtu2):** La terraza aluvial principal del río Uramita da cabida a la infraestructura central de Uramita. Tiene una altura relativa sobre el cauce del río de aproximadamente cuatro metros, pero algunas viviendas tienen sectores con menos de 2 m sobre el cauce, lo que las hace susceptibles de inundación. El depósito que conforma la

terrazza consiste en una alternancia de estratos irregulares y lenticulares de gravas y bloques con contactos tangenciales entre sí, característica que indica un régimen de crecientes no torrenciales. Debido a la intensa urbanización sobre ella no se pudo levantar una columna y perfil de suelos representativa, pero aguas arriba de la población, por fuera del límite urbano es posible observar terrazas semejantes con horizontes A y B de suelos que alcanzan hasta 20 cm, de espesor, lo que indica una edad avanzada, de decenas de miles de años y en consecuencia, baja susceptibilidad a inundaciones.



**Figura 3-11. Terraza aluvial del río Uramita parcialmente erosionada**



**Figura 3-12. Huella de avenida torrencial de 2009 en la Q. Moscoso**

*Terraza aluvial baja (Qtu<sub>1</sub>):* Existe un nivel bajo de terrazas en el río Uramita, todas ellas inundables y con espesor mínimo de suelos, algunas de ellas erosivas sobre la terraza alta. No muestran desarrollo alguno en los horizontes A y B del suelo, como tampoco presentan barras torrenciales, lo que confirma el carácter aluvial de las crecientes del río Uramita en las últimas decenas o centenares de años.

**Otros depósitos:** En cercanías a la zona urbana de Uramita se encuentran tres depósitos de suma importancia para el desarrollo futuro de la población, originados ambos por movimientos en masa en las partes más altas de la vertiente vecina.

El primero de ellos consiste de un cono de deyección formado por la cañada El Calichón (**Qau<sub>1</sub>**), que ocupa la casa principal de la actual Hacienda El Llano, aproximadamente a 1 km de la zona urbana actual en dirección a Peque, que tiene dimensiones aproximadas de 300 por 180 m, área suficiente para albergar unas 200 viviendas, lo que lo convierte en un recurso de desarrollo urbano futuro de suma importancia para el municipio. El depósito correspondiente se encuentra con incisión baja y un horizonte A de suelos maduro, de espesor mayor de 15 cm, lo que indica una edad de decenas de miles de años, de lo cual se concluye que su amenaza por flujos torrenciales de la cañada es mínima.

Otro depósito, de mayor área se encuentra a un poco menos de 2 km. Al NE de la zona urbana actual, en la parte alta de la misma cañada anterior y se le conoce como El Llano Grande, por fuera del mapa que acompaña este informe. La geoforma corresponde a un flujo de tierra y escombros antiguo que constituye un plano ligeramente inclinado con un área aproximada de 50 hectáreas, lo que podría albergar una población mayor a la actual de Uramita. Aunque no se visitó el depósito para conocer sus características particulares, éste se encuentra incisado y las vertientes donde se originó ya están redondeadas, lo que indica una edad mínima de miles de años y en consecuencia, amenaza mínima por flujos de escombros.

Un tercer tipo de depósito lo representa numerosos conos de deyección pequeños (**Qc**), que se localizan en la mayoría de las bases de los cauces secos que drenan las vertientes en el casco urbano y sus alrededores, formados como coluviones, consecuencia de las altas pendientes presentes en la zona y la existencia de bloques y guijarros residuales de roca diseminados por todas las vertientes. Aunque ellos de por sí no representan un peligro mayor, indican que bajo condiciones de lluvias extremas, las cañadas pueden arrastrar detritos suficientes para producir daños considerables a viviendas localizadas en su ápice, por lo tanto se debe evitar urbanizarlos y dejarlos como zonas verdes.

### 3.4.3 Procesos morfodinámicos

Durante las visitas de campo efectuadas a la zona de estudio se llevó a cabo la identificación de fenómenos de remoción relacionados con procesos de socavación lateral por incidencia de la corriente del Río Sucio, el Río Uramita y de la Quebrada La Encalichada. En esta sección se presenta el recuento del inventario de procesos realizado de acuerdo con las fichas de inventario diligenciadas y que se adjuntan en el Anexo D, mientras que la localización de estos procesos se presenta en el plano F-3 incluido en el Anexo F.

### 3.4.3.1 Parte alta Barrio Santa Ana

En la parte alta del Barrio Santa Ana existe una cañada que durante la visita de campo no mostraba flujo de agua, y en la que anteriormente se había dado un flujo de tierra y detritos que cubrió parte de la placa del polideportivo y llegó a afectar algunas viviendas del sector. Los materiales deslizados corresponden a gravas, cantos y bloques de forma angular en una matriz limo-arenosa de color café; al parecer se produjo una obstrucción en el cauce que facilitó la saturación de estos materiales y su deslizamiento.

El área aferente a la cañada presenta una cobertura vegetal abundante según se muestra en la Figura 3-13 pero es de esperarse que con el fenómeno de remoción ocurrido ésta se haya perdido en el fondo del cauce. En la época en que se realizó la visita de campo ya había sido removida la parte del cono de deyección que cubría la cancha y que afectó a dos viviendas de la parte alta del Barrio Santa Ana que se sitúan bajo el nivel de la vía.



**Figura 3-13. Flujo de tierra y detritos que afectó el polideportivo y algunas viviendas de la parte alta del Barrio Santa Ana**

### 3.4.3.2 Río Uramitamargen derecha parte alta Barrio El Socorro

En el sector ubicado en la margen derecha del río Uramita aguas arriba del Barrio El Socorro, se han producido desprendimientos de tierra y detritos desde la terraza, debido a la socavación en la base de la misma por el paso de la corriente. Los materiales removidos corresponden a gravas y bloques sub-angulares en una matriz limo-arenosa, que se muestran en la Figura 3-14. Este fenómeno no ha afectado viviendas ni la vía a Peque, y se aprecia que en la pata existen algunos bloques de roca que le sirven de protección, pero en eventos de crecientes se pueden dar nuevos desprendimientos.



**Figura 3-14. Desprendimientos de tierra y detritos en la margen derecha del Río Uramita en la parte alta del Barrio El Socorro**

#### *3.4.3.3 Río Uramita margen derecha Calle 24*

En el sector ubicado en la margen derecha del río Uramita aguas debajo de la Calle 24, se han producido desprendimientos de tierra y detritos desde la terraza, debido a la socavación en la base de la misma por el paso de la corriente. Los materiales removidos corresponden a gravas y bloques sub-angulares en una matriz limo-arenosa, que se muestran en la Figura 3-15. Este fenómeno afectó el muro de cerramiento del patio de una vivienda, obra que se encontraba invadiendo el cauce de esta corriente.



**Figura 3-15. Desprendimientos de tierra y detritos en la margen derecha del Río Uramita en el sector Barrio El Socorro Calle 24**

#### 3.4.3.4 Río Sucio margen derecha salida a Medellín

En la margen derecha del río Sucio aguas arriba del sitio en donde termina la zona urbana en la salida del municipio de Uramita hacia Medellín, se han producido desprendimientos de tierra y detritos desde la terraza a causa de la socavación en la base de la misma por el paso de la corriente del río.

El escarpe que ha quedado como resultado de estos desprendimientos es casi vertical, según se muestra en la Figura 3-14, por lo que es factible que se dé la ocurrencia de nuevos desprendimientos, especialmente durante las crecientes del río; el sector afectado no ha sido urbanizado por lo que no se han producido daños en viviendas o infraestructura, pero es conveniente que se restrinja el uso de este sector para construcción. Los materiales removidos corresponden a gravas y bloques sub-angulares en una matriz limo-arenosa.



**Figura 3-16. Desprendimientos de tierra y detritos en la margen derecha del Río Sucio en la salida a Medellín**

#### 3.4.3.5 Río Suciomargen derecha Barrio Cabuyal

En la margen derecha del río Sucio aguas en el Barrio Cabuyal, de manera similar al fenómeno descrito anteriormente, se han producido desprendimientos de tierra y detritos desde la terraza a causa de la socavación en la base de la misma por el paso de la corriente del río. En este caso además se aprecia la existencia de vertimientos de agua mediante tuberías de PVC que han podido saturar la masa afectada y facilitar su desprendimiento.

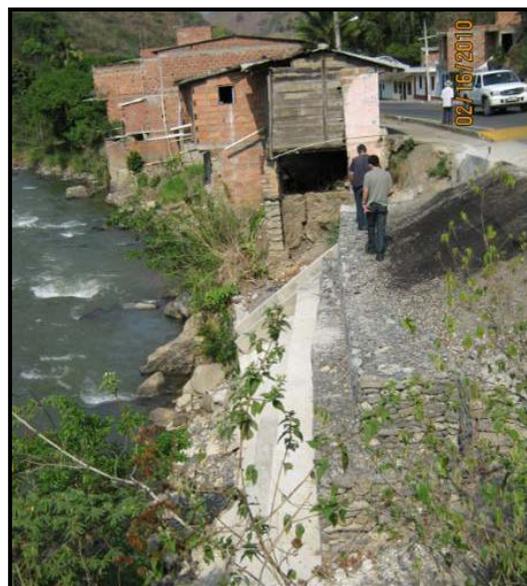
El escarpe que es casi vertical, según se muestra en la Figura 3-14, y es posible que ocurran nuevos desprendimientos durante las crecientes del río; este fenómeno en caso de avanzar puede producir deterioros a las viviendas localizadas sobre la terraza. Los materiales removidos corresponden a gravas y bloques sub-angulares en una matriz limo-arenosa y en la margen opuesta del río se aprecia la existencia de otro fenómeno de remoción, pero este sector no se encuentra poblado.



**Figura 3-17. Desprendimientos de tierra y detritos en la margen derecha del Río Sucio en el Barrio Cabuyal**

#### 3.4.3.6 Río Sucio margen derecha Carrera 13

En la margen derecha del río Sucio en la carrera 13 se produjeron desprendimientos de tierra y detritos desde la terraza a causa de la descarga no controlada desde una alcantarilla de la vía, además de la socavación en la base de la misma por el paso de la corriente del río. En el sitio se construyó una protección con gaviones según se muestra en la Figura 3-18

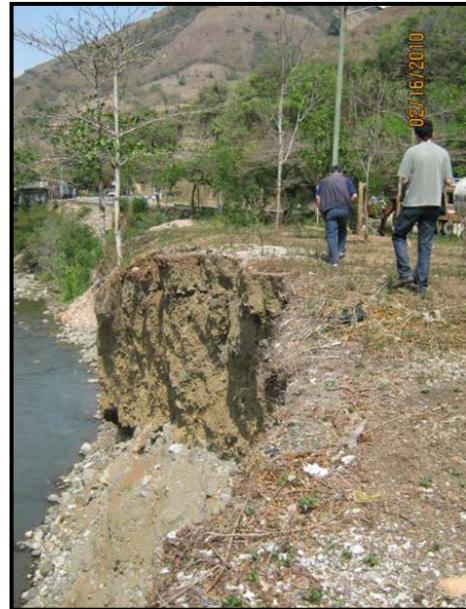


**Figura 3-18. Desprendimientos de tierra y detritos en la margen derecha del Río Sucio en la Carrera 13**

Los materiales removidos corresponden a gravas y bloques sub-angulares en una matriz limo-arenosa; en el sitio se encuentra una vivienda apoyada en columnas de mampostería, las cuales se han fracturado y pueden hacer colapsar la estructura por lo que dicha estructura debe ser desocupada y demolida.

#### 3.4.3.7 Río Sucio margen derecha entre las desembocaduras del Río Uramita y la Quebrada La Encalichada

En la margen derecha del río Sucio en el sector comprendido entre las desembocaduras del Río Uramita y la Quebrada La Encalichada se han producido desprendimientos de tierra y detritos desde la terraza; estos se han originado por la pendiente casi vertical que tiene el depósito, la composición parcialmente granular de los suelos involucrados, y por la altura del talud, cercana a los 6 m, además del ataque de la corriente en la base especialmente durante la ocurrencia de creciente. En la terraza atrás de la cara del escarpe se aprecia la aparición de agrietamientos por tracción que facilitan la conformación y el deslizamiento de cuñas de suelo.



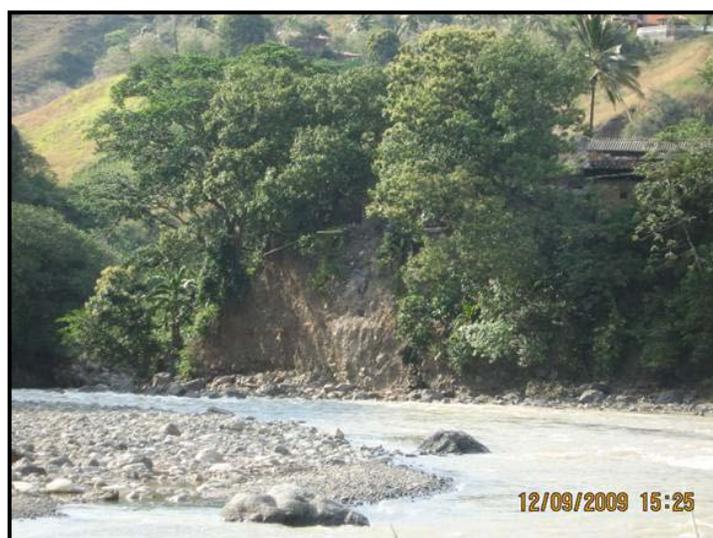
**Figura 3-19. Desprendimientos de tierra y detritos en la margen derecha del Río Sucio en el sector comprendido entre las desembocaduras de la Quebrada Encalichada y el Río Uramita**

Aguas abajo del sector mencionado se ha producido otro fenómeno de remoción de tipología similar cuyo escarpe alcanzó a llegar al borde de la vía y fue protegido mediante sacos de suelo-cemento, según se muestra en la Figura 3-20.



**Figura 3-20. Desprendimientos de tierra y detritos en la margen derecha del Río Sucio en el sector comprendido entre las desembocaduras de la Quebrada Encalichada y el Río Uramita**

Un tercer sector se encuentra aguas arriba de la desembocadura de la Quebrada La Encalichada, de tipología similar a los referidos antes y que posee alguna protección con enrocado en la base, según se muestra en la Figura 3-21.



**Figura 3-21. Desprendimientos de tierra y detritos en la margen derecha del Río Sucio en el sector comprendido entre las desembocaduras de la Quebrada Encalichada y el Río Uramita**

*3.4.3.8 Río Sucio margen derecha entre Carreras 24 y 25*

En el sector ubicado en la margen derecha del río Sucio entre carreras 24 y 25 se han producido desprendimientos de tierra y detritos desde la terraza, debido a descarga no controlada de una alcantarilla de la vía, a la composición del suelo y pendiente del talud, además de la socavación en la base de la misma por el paso de la corriente. Este fenómeno no ha afectado viviendas ni la vía a Dabeiba, y se aprecia que en la pata existen algunos bloques de roca que le sirven de protección, pero al no estar protegida la descarga de la alcantarilla y en eventos de crecientes se pueden dar nuevos desprendimientos.



**Figura 3-22. Desprendimientos de tierra y detritos en la margen derecha del Río Sucio entre carreras 24 y 25**

*3.4.3.9 Vía Uramita-Dabeiba costado derecho sector Carrera 24*

En este sector existe una cañada que durante la visita de campo no mostraba flujo de agua, y en la que anteriormente se había dado un flujo de tierra y detritos que de acuerdo con el testimonio de un habitante del sector cubrió parte de la vía y afectó una vivienda ubicada en el costado opuesto de la misma. Los materiales deslizados corresponden a gravas, cantos y bloques de forma angular en una matriz limo-arenosa de color café.

En el sitio se aprecia que la cañada carece de cobertura vegetal, lo cual facilita que procesos erosivos desprendan sedimentos de las paredes y taponen el drenaje natural, favoreciendo la ocurrencia de movimientos en masa como el ocurrido. En la época en que se realizó la visita de campo el material removido ya había sido removido del sitio y el aspecto actual de este sitio se muestra en la Figura 3-23. Resulta necesario que en el sitio se establezca un programa de seguimiento a esta cañada para revisar que no se

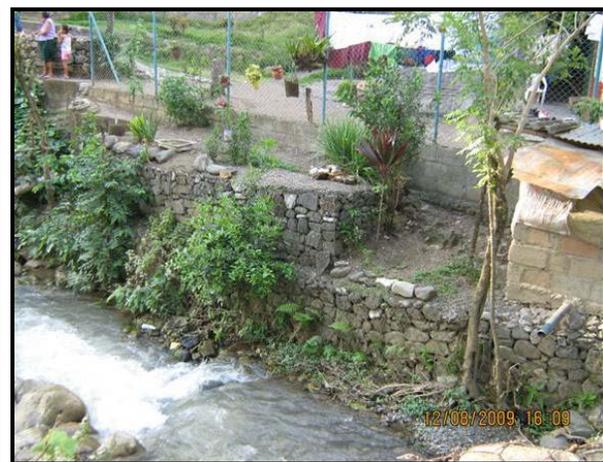
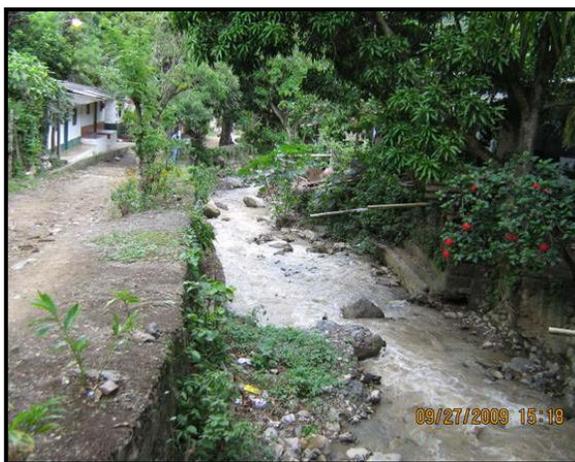
presenten obstrucciones, y además que sean protegidas las superficies expuestas con una cobertura vegetal apropiada.



**Figura 3-23. Flujo de tierra y detritos en el costado derecho de la vía a Dabeiba sector Carrera 24**

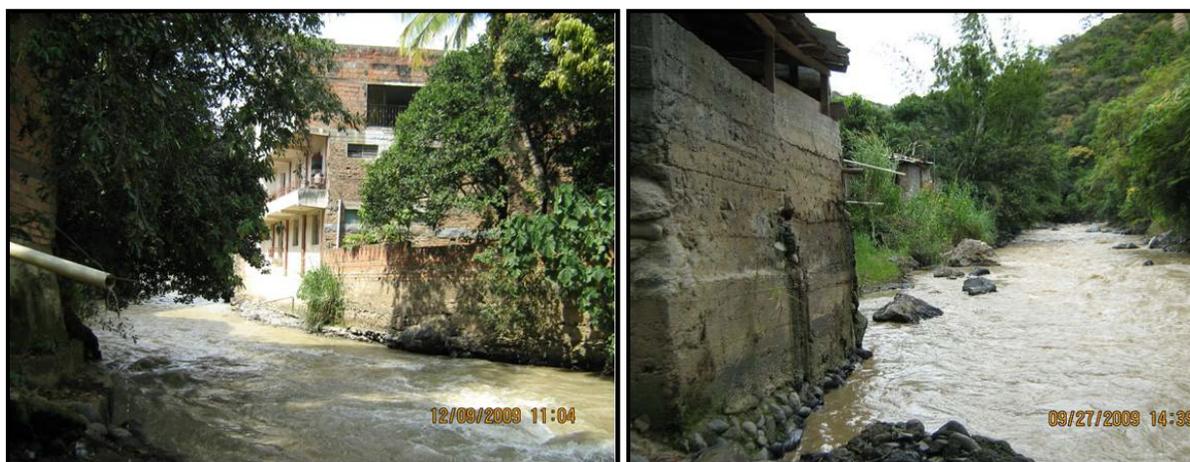
#### 3.4.3.10 Estructuras de protección existentes

En diferentes puntos a lo largo de las corrientes que pasan por la zona urbana del municipio se han construido obras de protección para tratar de mitigar los efectos de los eventos de desbordamientos y socavación lateral. A lo largo de las márgenes de la quebrada La Encalichada se han construido muros en gaviones los cuales tienen mayor continuidad en el tramo aguas arriba del puente peatonal, y aguas abajo de esta obra obras puntuales correspondientes a muros en concreto ciclópeo, en concreto reforzado y en gaviones que sirven para proteger los patios de varias viviendas. Los muros se encuentran socavados en la base y se aprecia que algunos presentan deformaciones verticales y en el caso de los ubicados junto al puente, hubo rotura de mallas, salida de agregados y en algunos casos pérdida de varias unidades de gaviones.



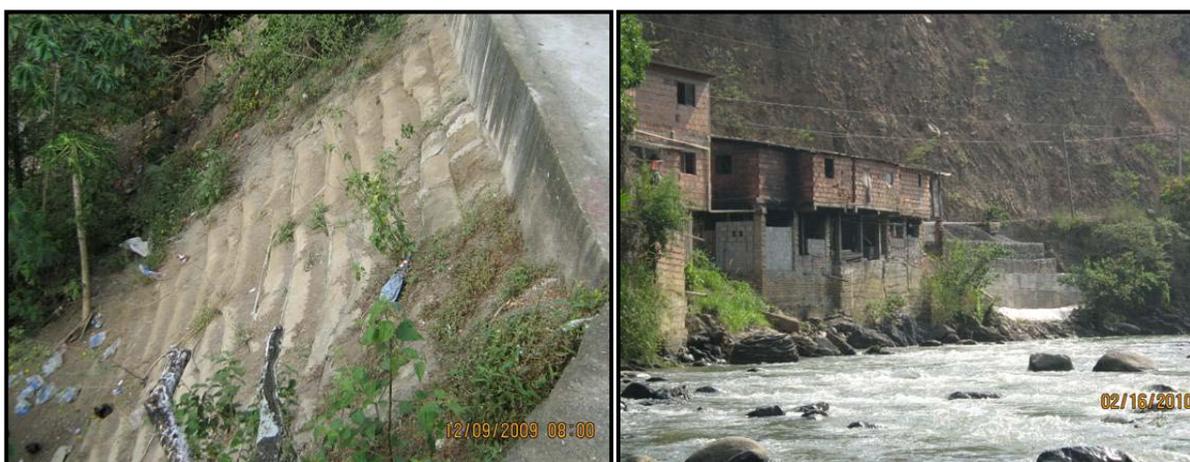
**Figura 3-24. Estado actual de algunas de las obras de protección construidas en las márgenes de la Quebrada La Encalichada**

En el caso del río Uramita, las obras de protección existentes no tienen continuidad y consisten en una serie de muros en concreto ciclópeo que se han empleado para proteger los patios de varias viviendas; según se aprecia en la Figura 3-24, estas obras se encuentran dentro del cauce del río.



**Figura 3-25. Estado actual de algunas de las obras de protección construidas en las márgenes del Río Uramita**

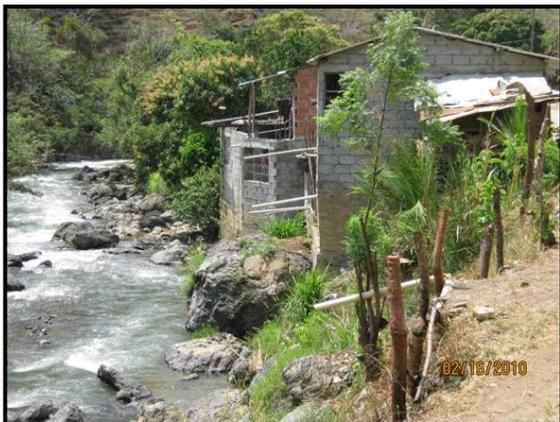
En el Río Sucio las obras de protección existentes también se sitúan en zonas puntuales y consisten en una serie de muros en concreto ciclópeo, muros en gaviones y un recubrimiento en sacos de suelo-cemento, que se han empleado para proteger algunos sectores afectados según se aprecia en la Figura 3-26. Algunas de estas obras se encuentran dentro del cauce del río, mientras que existen sectores que no han sido protegidos como los puntos de descarga de las alcantarillas de la vía o la zona comprendida entre las desembocadura del río Uramita y la quebrada La Encalichada.



**Figura 3-26. Estado actual de algunas de las obras de protección construidas en las márgenes del Río Sucio**

3.4.3.11 *Invasiones del cauce del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada Encalichada*

En este municipio el desarrollo urbano se ha dado a lo largo de las márgenes de los ríos y quebradas que pasan por la zona urbana por dentro de las zonas de ronda hidráulica de éstas, en donde parte de los patios y cerramientos se han llevado hasta el borde mismo de la corriente, lo cual ha ocasionado daños importantes en estos elementos.



a) Río Uramita sector Barrio El Socorro



b) Río Uramita sector Barrio El Socorro



c) Río Uramita aguas arriba del puente vehicular



d) Quebrada La Encalichada



e) Río Sucio margen derecha Carrera 15



f) Río Sucio margen derecha Carrera 13

**Figura 3-27. Invasión del cauce del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada**  
**3.1 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA**

### 3.1.1 Introducción

La población de Uramita se localiza en la parte noroccidental del departamento de Antioquia, sobre la margen derecha del río Sucio. Un gran núcleo de población se asienta en las márgenes de las quebradas Uramita y La Encalichada, ambas afluentes del río Sucio. La localización de estos conglomerados humanos en cercanías de las orillas del río y de las quebradas, uno y otros caracterizados por tener régimen torrencial y crecientes más o menos frecuentes con desbordamientos que en algunos casos interesan a los moradores de las viviendas allí asentadas, ha conducido a la necesidad de establecer una zonificación del área con respecto a la amenaza por desbordamiento tanto del río como de las quebradas, mediante un análisis de las características de las crecientes de los cursos de agua y de la localización relativa de las áreas de interés con respecto a los niveles de las aguas durante la ocurrencia de las crecientes, así como de los efectos de la velocidad de flujo sobre los procesos de socavación de las márgenes que pudieran afectar las edificaciones ubicadas en cercanías de las riberas. Los resultados obtenidos de los análisis y estudios realizados se presentan en este informe.

### 3.1.2 Información disponible

Para la realización de los estudios se dispuso de información climatológica registrada en estaciones de observación localizadas en cercanías del área de interés, tal como se discrimina en los párrafos siguientes:

#### 3.1.2.1 Información climatológica

Para la caracterización del clima de la región sólo se contó con información de la estación Musinga. Correspondiente al período de observación 1986 – 2008. Adicionalmente, se dispuso de valores totales mensuales de precipitación y de máximos en 24 horas de las estaciones Fuemia y La Cumbre. Para los períodos 1977-2008 y 1970 – 2003, respectivamente

### 3.1.2.2 Información hidrológica

Para los análisis hidrológicos se dispuso tan sólo de información sobre los caudales medios, mínimos y máximos del río Sucio en la estación limnigráfica El Añil, localizada unos cuatro (4) kilómetros aguas arriba de Uramita. La información corresponde a la serie de observación de 1972 a 1992. De las quebradas Uramita y La Encalichada no se tiene información sobre los elementos constitutivos del régimen hidrológico de las mismas.

### 3.1.2.3 Información cartográfica

Para adelantar los análisis que requieren de cartografía en escalas adecuadas, se contó con planos en escala 1:100.000 del área de interés, en los cuales se pudieron definir las cuencas hidrográficas de las quebradas y sus características principales relacionadas con la génesis de caudales de avenida. Así mismo, se localizaron las estaciones meteorológicas e hidrométricas cuya información sirvió de base a los estudios.

## 3.1.3 Climatología

Las características del clima se definieron con base en la información disponible, razón por la cual la variación espacial de los elementos que lo componen no pudo determinarse. Es claro que para este propósito se requiere de información sobre los principales elementos del clima, observados en una red de estaciones cuya densidad territorial y localización en altitud consulte las variaciones territoriales y altitudinales de los mismos.

### 3.1.3.1 Temperatura media

La temperatura del aire del área es casi constante. Presenta variaciones de 0,3 °C entre la media más baja y la más alta. Los meses más cálidos son marzo, abril y mayo, en el primer semestre del año; julio, agosto y septiembre, en la segunda mitad del año. La temperatura media anual es de 19,9 ° C y la máxima mensual de 20.1 ° C en el mes de marzo.

### 3.1.3.2 Humedad Relativa

Al igual que la temperatura del aire, la humedad relativa es prácticamente constante a lo largo del año. Solo se presentan variaciones máximas de 3 %. La media anual es de 87,3 %. Los valores máximos ocurren entre mayo, y noviembre.

### 3.1.3.3 Evapotranspiración

Los valores mensuales de evapotranspiración se obtuvieron mediante el empleo de la fórmula desarrollada por Hargreaves para Colombia, en función de la temperatura del aire, la humedad relativa y la duración de relativa del la luz diurna.

$$E_p = 13,4 *d*T*(1-01H_n)$$

Donde D es la relación entre la duración del día y 12 horas; T la temperatura media mensual del aire H<sub>n</sub> la humedad relativa al medio día. Dado que no se dispone del valor de la humedad relativa al medio día, se obtuvo mediante la fórmula

$$H_n = 1 + 0.4 \cdot H + 0.005 H^2$$

La evapotranspiración potencial media anual es de 832 mm. Los valores medios mensuales de temperatura, humedad relativa y evapotranspiración se presentan en la Tabla 3-9.

**Tabla 3-9. Valores medios mensuales de evapotranspiración potencial (mm/mes)**

DATOS DE CLIMA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T° C	19,8	19,9	20,1	20	20	19,9	20	19,9	19,9	19,8	19,8	19,8
Hr (%)	86	86	86	87	88	88	87	88	88	88	88	87
Hn (%)	72,38	72,38	72,38	73,65	74,92	74,92	73,65	74,92	74,92	74,92	74,92	73,65
d	0,98	0,9	1,01	1,01	1,05	1,02	1,05	1,04	0,99	1,01	0,95	0,98
ETP (mm)	71,8	66,3	75,1	71,3	70,6	68,2	74,2	69,6	66,2	67,2	63,2	68,5

### 3.1.3.4 Precipitación media

La caracterización del régimen de precipitación del área se adelantó con base en la información de las estaciones Fuemia, y Musinga, La Cumbre las más cercanas a las cuencas de las quebradas La Encalichada y Uramita y dentro de la del río Sucio, las dos primeras. La de La Cumbre, cercana a la población de Peque, aunque se localiza fuera de la cuenca de la quebrada Uramita, está cerca de su cabecera.

Infelizmente, dado lo escasa de la densidad de la red de observación, no se pudo obtener información sobre la distribución territorial de la precipitación. Sin embargo, de la observación de las altitudes a las cuales se encuentran las estaciones, podría afirmarse que la variación altitudinal está definida por un descenso en los valores totales anuales precipitados a medida que se desciende desde los 2440 msnm en La Cumbre, donde se registran 2440 mm al año, Musinga a 1330 msnm con 2457 mm anuales y Fuemia, localizada a 905 msnm con 1672 mm al año.

Como resultado del promedio aritmético de la precipitación registrada en las estaciones antes citadas, se puede afirmar que la media anual es de 2240 mm, por lo cual se ubica como una región de alta pluviosidad si la comparamos con la media a nivel nacional (1500 mm anuales).

Los valores medios mensuales y anuales multianuales de precipitación se aprecian en el Cuadro No 2

**Tabla 3-10. Valores medios multianuales de precipitación 1977-2008 (mm)**

Estacion	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
Fuemia	47,6	52,7	82,0	142,9	219,8	193,5	149,0	147,4	182,4	202,1	160,6	92,6	1672,5
La cumbre	76,7	111,6	152,9	313,0	324,2	239,4	220,6	198,5	271,8	294,6	242,0	142,6	2588,0
Musinga	73,9	91,4	125,1	233,7	314,7	268,7	226,1	224,3	226,4	292,8	242,0	142,3	2456,8

### 3.1.3.5 Variación Intra anual de la precipitación

La distribución de la precipitación dentro del año muestra dos períodos húmedos, el primero de abril a junio, en el cual ocurren 774 mm. Un segundo período de alta precipitación, correspondiente a los meses de septiembre, octubre y noviembre, en el cual se presentan 705 mm. Estos dos períodos están separados por uno de transición entre julio y agosto en el cual se presentan 386 mm. Finalmente, desde el mes de diciembre al final de marzo, existe un período más seco que los anteriores, en el cual se tienen precipitaciones del orden de 400 mm.

Dadas las características topográficas del área, puede decirse que la precipitación es de tipo orográfico, gobernada por las barreras montañosas que la enmarcan, área en la cual, se observa la influencia del Cinturón de Convergencia Intertropical. La forma como se distribuye en el año la precipitación se aprecia en la Figura 3-28.

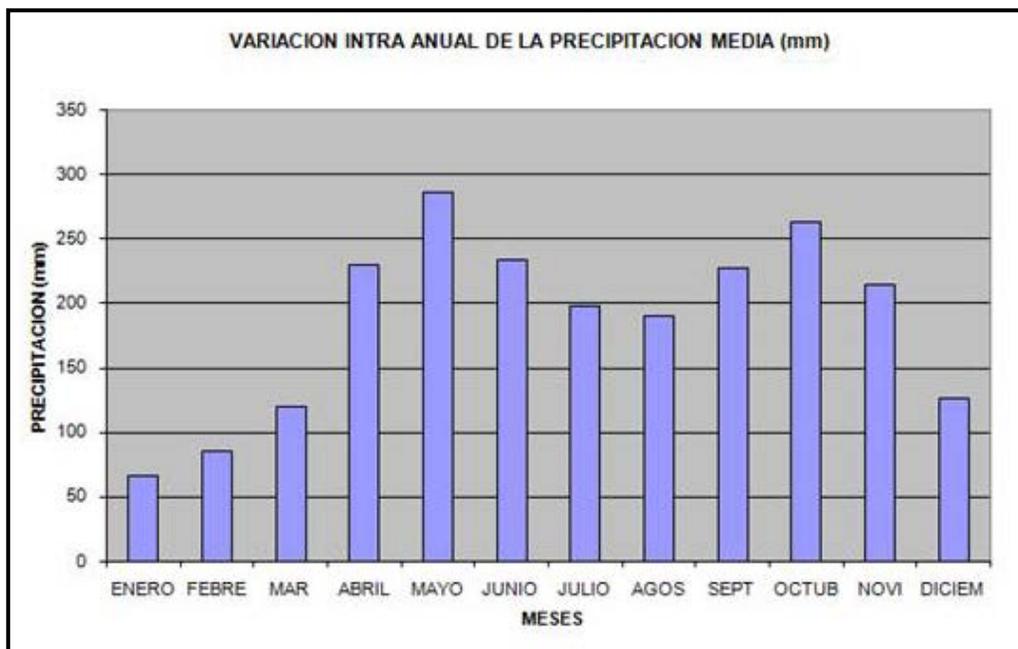


Figura 3-28. Variación intra anual de precipitación media

### 3.1.4 Análisis hidrológico

El propósito de estos análisis es la determinación de caudales de avenida correspondientes a diferentes períodos de ocurrencia y la definición de la influencia de los mismos sobre los conglomerados humanos asentados en las riberas de las quebradas La Encalichada, Uramita y el río Sucio.

Como se mencionó antes, sólo se dispone de información hidrométrica del río Sucio, por lo cual los análisis tendientes a alcanzar los objetivos antes enunciados son de dos tipos: El primero, correspondiente al río Sucio, basado en la información sobre caudales máximos. El segundo, mediante la aplicación de métodos indirectos que toman como base ella precipitación máxima como elemento genético de los procesos de escorrentía máxima. La metodología empleada y los resultados obtenidos en cada caso se resumen en los párrafos siguientes:

### 3.1.4.1 Río Sucio

Los caudales máximos se obtuvieron mediante el análisis de frecuencia a la serie de caudales máximos registrados en la estación El Añil, ubicada cuatro (4) kilómetros, aproximadamente, aguas arriba de la población de Uramita. De acuerdo con el análisis de frecuencia adelantado a la serie de información, la distribución teórica de mejor ajusta fue la Log Pearson III. Las curvas de distribución y los valores de caudal para diferentes períodos de retorno se presentan en la Figura 3-29.

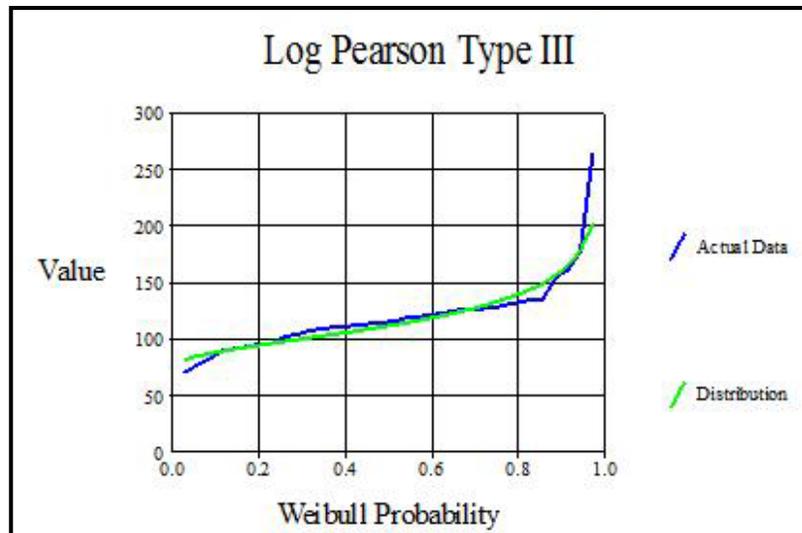


Figura 3-29. Análisis de frecuencia de Pmax en 24 horas (mm) Estación El Añil

Con respecto a los valores obtenidos y que se muestran en la Tabla 3-11, es conveniente anotar que ellos corresponden a régimen no influido y que por tanto, no incluyen valores de caudales originados como consecuencia de eventos tales como avalanchas producidas por rompimiento de taponamientos en el cauce aguas arriba de la estación de medición.

Tabla 3-11. Valores de caudal obtenidos para la recurrencia indicada, Río Sucio El Añil

Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno (años)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)	Desviación estándar
0.995	200	268.62	69.69

0.99	100	240.09	50.46
0.98	50	213.93	35.24
0.96	25	189.82	23.54
0.9	10	160.51	12.97
0.8	5	139.65	8.43
0.667	3	124.51	6.57
0.5	2	111.98	5.36

### 3.1.4.2 Río Uramita

Para la obtención de los caudales máximos se recurrió a la información de precipitación máxima de las estaciones cercanas a la cuenca. Puesto que, como se anotó antes, no existe una red de estaciones cuya información permita establecer la variación territorial y temporal de los aguaceros que ocurren en la cuenca, hubo necesidad de adoptar la serie de precipitación máxima en 24 horas registrada en la estación La Cumbre, situada en cercanías de la divisoria de aguas al nor oriente de la cuenca.

- *Características de la cuenca:* La cuenca de la quebrada se localiza en un territorio montañoso, con elevaciones superiores a los 2600 msnm, desde los cuales desciende hasta la población de su nombre, a elevaciones que no superan los 700 msnm, donde vierte sus aguas al río Sucio por la margen derecha de éste.

El área de la cuenca es de 218,7 km.<sup>2</sup> y el curso principal tiene una longitud de 30 km. Su parte superior tiene una densidad de drenaje alta, conformada por corrientes de gran pendiente. La pendiente de la cuenca es de 7,7%, y en su cauce es común encontrar cantos rodados y bloques de tamaños superiores a un metro de diámetro. Esta circunstancia indica que es una quebrada de régimen torrencial, en la cual la velocidad de flujo es superior a 1,5 m/s para caudales medios.

El tiempo de concentración de la cuenca se obtuvo de acuerdo con la fórmula del US Corp. Of Engineers

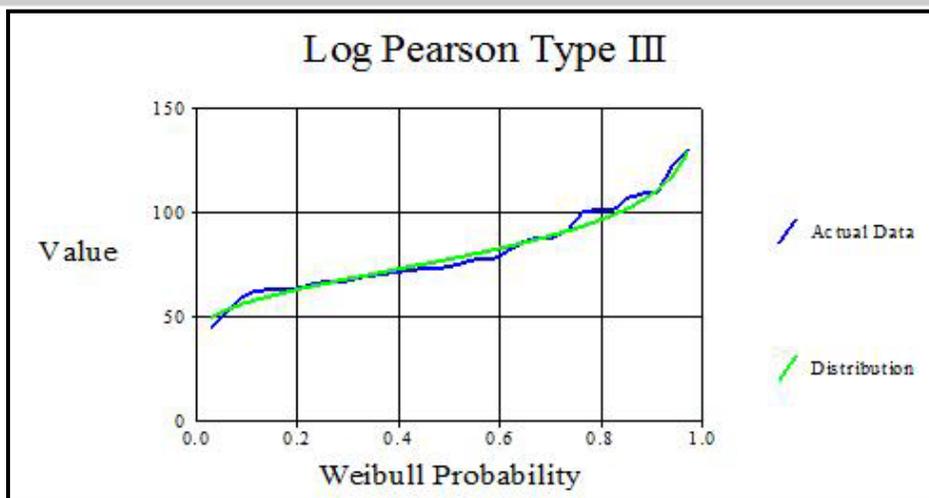
$$T_c = 0,3 (L / (S^{.25}) )^{0.76}$$

En la cual  $T_c$  es el tiempo de concentración de la cuenca en horas, L la longitud del cauce en kilómetros y S la pendiente de la cuenca,

$$S = (3000-700) / 30000 = 7,7 \%$$

De acuerdo con lo anterior, se tiene un tiempo de concentración de 6,48 horas.

- *Aguacero de diseño:* Como se mencionó antes, los caudales se obtuvieron a partir de la información de máxima precipitación en 24 horas registrada en la estación La Cumbre. Para la obtención de los valores de precipitación de diferentes niveles de probabilidad de ocurrencia, la serie de información se sometió a análisis de frecuencia. Mediante su ajuste a distribuciones teóricas. La de mejor ajuste resultó ser la Log Pearson III, la cual se presenta en la Figura 3-30.



**Figura 3-30. Análisis de frecuencia de Pmax en 24 horas (mm) Estación La Cumbre**

En Tabla 3-12 se aprecian los valores de precipitación máxima para los períodos de retorno indicados, con base en los cuales se determinarán los caudales para posterior análisis hidráulico y zonificación de acuerdo con el grado de amenaza que cada caudal revista.

**Tabla 3-12. Caudales obtenidos para las recurrencias indicadas, Río Uramita**

Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno (años)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)	Desviación estándar
0.995	200	156.7	24.4
0.99	100	145.7	19.2
0.98	50	134.8	14.7
0.96	25	123.7	10.9
0.9	10	108.7	7.1
0.8	5	96.6	5.2
0.667	3	86.7	4.3
0.5	2	77.7	3.7

Para efectos de zonificación tomaremos los caudales de dos años de recurrencia para definir las áreas sometidas a inundación causada por la creciente anual, las cuales corresponden a amenaza muy alta. Las áreas inundadas o que se localicen en zonas expuestas a inundación por efectos de la creciente de diez años de recurrencia, o de amenaza alta, las expuestas a inundación por la creciente de cincuenta años, como de amenaza media y las que sean afectadas por la creciente de 100 años, como de amenaza baja.

En concordancia con lo anterior, se calcularon los caudales de 2, 10, 50 y 100 años de recurrencia, apelando a la metodología del Hidrograma Triangular al cual se le suministra como dato de entrada la precipitación de diseño., definida como aquella de igual recurrencia a la del caudal que se calcula.

- *Distribución territorial y temporal del aguacero:* Dada la extensión de la cuenca y puesto que no es posible determinar la forma como se distribuyen desde el punto de vista territorial y temporal los aguaceros en ella, se adoptó un coeficiente de corrección por cubrimiento de área por el aguacero de diseño igual a 0,90 y se asumió una distribución uniforme en el tiempo para su duración, tomada como igual al tiempo de concentración de la cuenca.

- *Precipitación efectiva:* Denominamos precipitación efectiva aquella parte de la precipitación del aguacero que efectivamente se convierte en escorrentía superficial. Su determinación es difícil, dado lo complejo de los múltiples factores que intervienen en la génesis del escurrimiento. Sin embargo, puesto que uno de los factores que más influencia tienen en este proceso es el estado de humedad del suelo antecedente a la precipitación y el uso o cobertura vegetal de éste, se ha empleado el método del umbral de precipitación o el valor de ésta a partir del cual, una vez satisfecha la humedad del suelo y otras pérdidas por detención superficial, se inicia el proceso de escurrimiento superficial. Este valor  $P_0$  tiene valores diferentes según el período de retorno de la precipitación. Para nuestro caso varían entre 18 y 25 mm, tal como se muestra en las memorias de cálculo.

Los valores de la precipitación efectiva se obtuvieron mediante la aplicación de la fórmula

$$P_{ef} = (\sum P - P_0)^2 / (\sum P + 4 P_0)$$

- *Hidrograma Unitario:* La determinación de los caudales máximos se realizó mediante el empleo de la metodología del Hidrograma Unitario Triangular. Para definir este hidrograma, se calculan: el tiempo en el cual se presenta el pico o caudal máximo de éste,  $T_p$ ; el tiempo base del mismo,  $T_b$  y el caudal correspondiente a 1,0 mm de precipitación,  $Q$ , mediante las expresiones siguientes:

$T_b = D + T_c$  donde  $D$  es la duración del aguacero unitario, en este caso una (1) hora

$$T_p = D/2 + 0.35 * T_c$$

$$Q = A * P / 1,8 * T_b$$

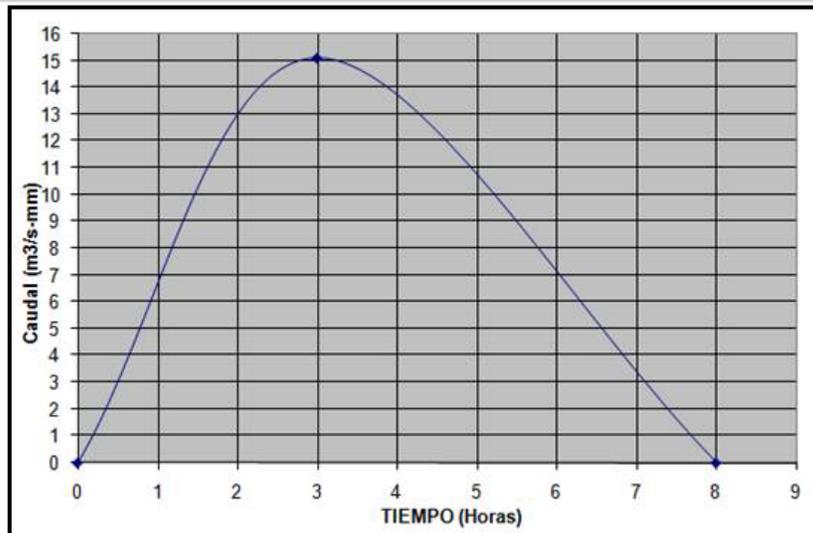
De la aplicación de las anteriores expresiones se obtuvieron los siguientes valores:

$$T_p = 3 \text{ horas}$$

$$T_b = 8 \text{ horas}$$

$$Q = 15,1 \text{ m}^3/\text{s-mm}$$

El Hidrograma Unitario resultante se muestra en la Figura 3-31.



**Figura 3-31. Hidrograma unitario Río Uramita**

Al aplicar el aguacero de diseño obtenido para cada uno de los períodos de recurrencia antes citados para establecer la zonificación de amenaza por inundación, al Hidrograma anterior, se obtuvieron los Hidrogramas de la Figuras 1 a 4 para recurrencias de 2, 10, 50 y 100 años de recurrencia, cuyos caudales máximos se presentan en la Tabla 3-13 .

**Tabla 3-13. Valores de caudal máximo obtenidos Río Uramita**

T r (Años)	Valores de caudal máximo (m³/s)			
	2	10	50	100
Q max m³/s	231	465	530	604

### 3.1.4.3 Quebrada La Encalichada

La obtención de los caudales para efectos de zonificación por amenaza de inundación se obtuvieron a partir de la información de precipitación máxima en 24 horas de la estación Musinga, localizada al sur de la cuenca, la cual, si bien no está dentro de ésta, su ubicación parece reflejar con mayor fidelidad y representatividad el régimen pluviométrico de la cuenca.

- *Características de la cuenca:* Al igual que la quebrada Uramita, La Encalichada tiene su cuenca de drenaje en un territorio de características topográficas de montaña, con laderas de fuertes pendientes y arroyos afluentes de gran pendiente.

El área de la cuenca es de 25,1 km<sup>2</sup>, con suelos cubiertos por pastos y vegetación arbórea y arbustiva. El cauce tiene un curso sinuoso y se localiza entre los 2300 y los 600 msnm. La longitud del curso principal es de nueve (9) kilómetros. La pendiente de éste es de 19 %, lo cual la localiza como de régimen torrencial. A lo largo de su curso es común observar cantos rodados de diámetro superior a los 0,50 m, lo cual indica un gran poder de arrastre de materiales.

El tiempo de concentración de la cuenca , calculado tal como se explicó para la quebrada Uramita, resultó ser: de 3,9 horas, según la fórmula siguiente

$$T_c = 0,3 ( L / (S)^{0.25} )^{0.76}$$

De la distribución Log Pearson III, que presentó el mejor ajuste, se obtuvieron los valores de precipitación máxima para los períodos de retorno que se indican en el Cuadro que se presenta después de la gráfica de distribución. De ellos se seleccionaron los valores de 2, 10, 50 y 100 años de recurrencia para efectos de determinar los caudales asociados a estas precipitaciones y establecer una zonificación del área por amenaza de inundación.

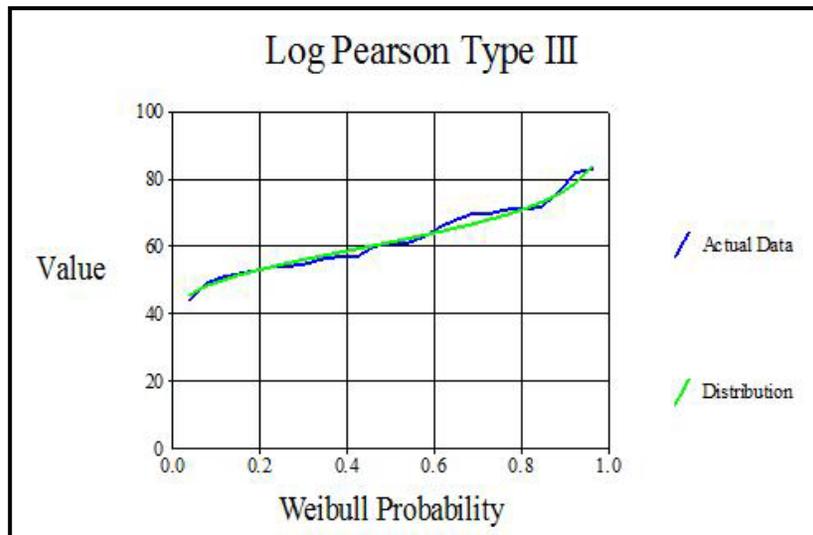


Figura 3-32. Análisis de frecuencia de Pmax en 24 horas (mm) Estación Musinga

Tabla 3-14. Valores de caudal obtenidos para la recurrencia indicada, Quebrada La Encalichada

Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno (años)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)	Desviación estándar
0.995	200	96.69	10.82
0.99	100	92.40	8.78
0.98	50	87.96	6.95
0.96	25	83.31	5.37
0.9	10	76.65	3.73
0.8	5	70.94	2.90
0.667	3	66.06	2.50
0.5	2	61.34	2.27

- *Distribución territorial y temporal del aguacero:* No se dispone de información que permita establecer la forma como se distribuye la precipitación en el área de la cuenca ni en el tiempo de duración del mismo. Sin embargo, dada la extensión de la cuenca, asumimos una distribución homogénea del aguacero sobre el área y una distribución homogénea para la duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

- *Cálculo de caudales máximos:* Dada la magnitud de la cuenca, se empleó el método Racional para el cálculo de los caudales máximos de diferentes recurrencias.

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

En la cual C es el coeficiente de escorrentía de la cuenca, A el área de ésta e I la intensidad de la precipitación de diseño. La cuenca de la quebrada es de gran pendiente, como se anotó antes, y el suelo está cubierto en gran parte por pastos y vegetación arbustiva. Con base en estas características se adoptó un coeficiente de escorrentía de 0,35 para todos los casos. Los valores de caudal para las recurrencias seleccionadas para la zonificación de amenaza por inundación se presentan en el Tabla 3-15.

**Tabla 3-15. Valores de caudal máximo para las recurrencias indicadas**

T r (Años)	Valores de caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)			
	2	10	50	100
Q max m3/s	38.3	48.1	55.2	57.8

## 3.2 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.

### 3.2.1 Exploración del subsuelo

Teniendo en cuenta las características geológicas del sitio, se proyectó la ejecución de apiques manuales, distribuidos convenientemente en el área de estudio. Lo anterior 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.

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

#### 3.2.1.1 Apiques manuales

En total se realizaron trece (13) apiques manuales con muestreo con profundidades entre 0.40 y 1.40 m en sectores próximos al Río Sucio, al Río Uramita y Quebrada La Encalichada, localizados tal como se muestra en la Tabla 3-16 y en la Figura 3-33.

Considerando la composición parcialmente granular de los materiales encontrados en la zona de estudio, la cual no permite la recuperación de muestras inalteradas, en cada punto se tomaron muestras alteradas en bolsa, las cuales fueron utilizadas para hacer descripción visual y ensayos de clasificación.



Figura 3-33. Planta general de localización de los apiques en el área de estudio

En el Anexo D se presentan el resumen de las propiedades geotécnicas y la estratigrafía encontradas.

### 3.2.1.2 Pruebas de Campo

En este caso, tomando en cuenta que los materiales presentes poseen gravas y cantos que no permiten una adecuada realización de pruebas de penetración estándar SPT, no fueron realizadas estas pruebas de campo para determinar de forma aproximada la variación de resistencia del suelo. Debido a esto la caracterización de los materiales encontrados en los apiques se hizo con base en los resultados de las pruebas efectuadas a las muestras alteradas obtenidas.

Tabla 3-16. Localización y profundidad de los apiques realizados

Sondeo	Prof (m)	Río	Ubicación	Coordenadas (m)	
				Este	Norte
ApU-1	0.40	R Sucio	MD Río Sucio, Cabuyal, salida a Medellín	1100301	1254101
ApU-2	1.40	R Sucio	MD Río Sucio entre Cra 11 y 12, Cabuyal	1100203	1254259
ApU-3	0.80	R Sucio	MD Río Sucio entre Cra 12 y 13, Cabuyal	1100090	1254603
ApU-4	1.00	R Sucio	MD Río Sucio Cra 16, Lourdes	1099900	1254629
ApU-5	1.40	R Uramita	MD Río Uramita, El Socorro, vía a Peque	1100281	1255140
ApU-6	1.00	R Uramita	MD Río Uramita entre Cll 27 y 28, Socorro	1100068	1254982
ApU-7	1.10	R Uramita	MD Río Uramita entre Cll 23 y 24, Socorro	1099944	1254864

ApU-8	1.20	Q Encalichada	MD Qda, Santa Ana, salida Encalichada	1099709	1255206
ApU-9	1.00	Q Encalichada	MI Q Encalichada, Santa Ana, P Peatonal	1099632	1255083
ApU-10	1.20	Q Encalichada	MI Q Encalichada, Santa Ana	1099575	1254918
ApU-11	1.00	R Sucio	MD Río Sucio, Santa Ana	1099669	1254803
ApU-12	1.20	R Sucio	MD Río Sucio entre Cra 23 y 24, Sta Ana	1099356	1254905
ApU-13	1.50	R Sucio	MD Río Sucio entre Cra 27 y 28, San José	1098953	1254791

### 3.2.2 Ensayos de laboratorio

Para determinar las propiedades de los materiales encontrados, se realizaron ensayos de caracterización física como humedad natural, límites de consistencia líquido y plástico, lavado sobre tamiz No 200 y granulometría, y ensayos de resistencia al desgaste para la fracción gruesa de los suelos. En la Tabla 3-17 se relaciona la cantidad de ensayos ejecutados. En el ANEXO D se presenta la tabla resumen y los ensayos de laboratorio ejecutados para el sitio de estudio.

**Tabla 3-17. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio realizados**

TIPO DE ENSAYO	APIQUES MANUALES						
	ApU-1	ApU-2	ApU-3	ApU-4	ApU-5	ApU-6	ApU-7
Humedad Natural	2	2	1	1	1	1	1
Límites de Consistencia	1	1	1	1	1	1	1
Lavado Tamiz No. 200	1	-	-	-	1	-	-
Granulometría	1	2	1	1	-	1	1
Resistencia al desgaste	-	-	1	-	-	-	1
TIPO DE ENSAYO	ApU-8	ApU-9	ApU-10	ApU-11	ApU-12	ApU-13	TOTAL
Humedad Natural	1	1	1	1	3	3	19
Límites de Consistencia	1	1	1	1	2	3	16
Lavado Tamiz No. 200	-	-	-	-	2	2	6
Granulometría	1	1	1	1	1	1	13
Resistencia al desgaste	-	1	-	-	-	-	3

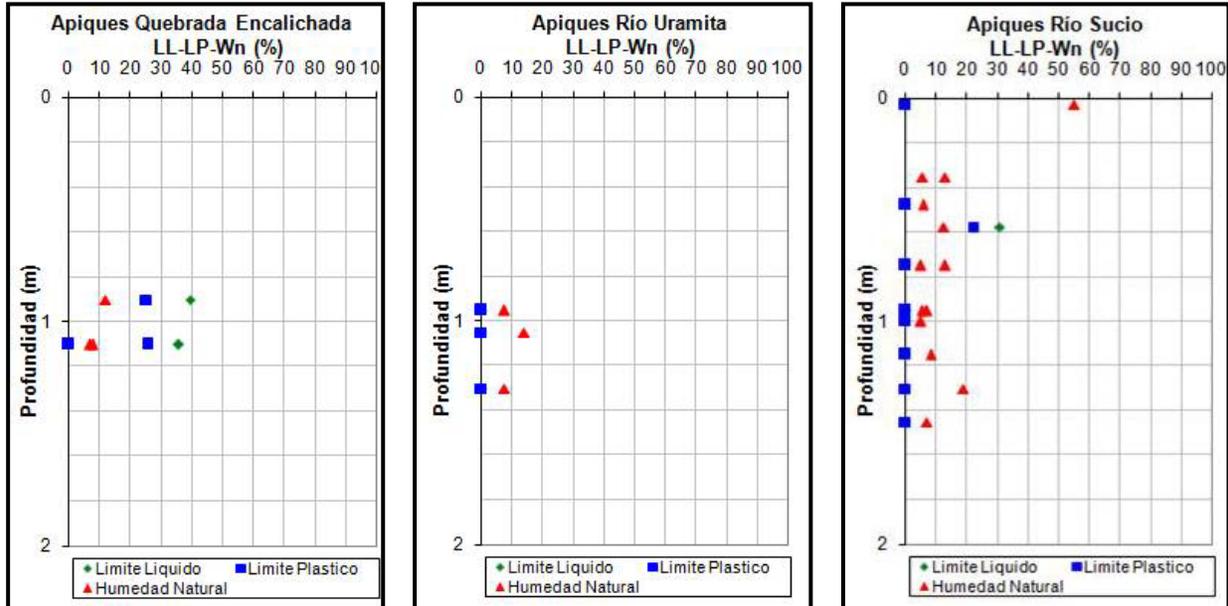
### 3.2.3 Caracterización geomecánica

En el sector aledaño al cauce de la Quebrada La Encalichada se encontraron gravas arcillosas y gravas limosas de color café, materiales que poseen bajo contenido de humedad y fracción fina no plástica o de plasticidad media. En el sector del Río Uramita se encontraron gravas con limo y arena de color gris y café, además de limos arenosos de color café claro, materiales que presentan bajo contenido de humedad y fracción fina no plástica. Finalmente, en los apiques realizados en la periferia del cauce del Río Sucio se encontraron gravas con limo y arena de color gris además de arenas limosas con gravas de color café, materiales que poseen contenido de humedad bajo a medio y fracción fina no plástica o de baja plasticidad. En los apiques no se encontró el nivel freático a excepción del ApU-7 en donde se encontró a 0.9 m de profundidad.

#### 3.2.3.1 Descripción de las propiedades geotécnicas encontradas

A continuación se presenta una descripción detallada de las propiedades geotécnicas encontradas en la exploración del subsuelo, para los materiales existentes en el área de estudio.

- **Humedad natural y límites de consistencia:** En el sector por el que pasa la Quebrada La Encalichada se encuentran gravas arcillosas y gravas limosas de color café; en estos materiales el contenido de humedad se encuentra entre el 7 y el 12% y la fracción fina de estos materiales presenta límite líquido entre el 35 y el 39% y límite plástico entre el 25 y el 26%. De otro lado en los suelos de los sectores aledaños al Río Sucio se encontraron contenidos de humedad entre el 5 y el 55% con un valor medio del 14%, y fracción fina no plástica. Finalmente, en los suelos encontrados en las zonas adyacentes al Río Uramita se encontraron contenidos de humedad entre el 7 y el 14%, y fracción fina no plástica.



**Figura 3-34. Variación de la humedad natural y los límites de consistencia en función de la profundidad.**

En la Figura 3-34 se aprecian graficas de variación del contenido de humedad, límite líquido y límite plástico en función de la profundidad, para los sondeos realizados. Con respecto al contenido de humedad, se puede apreciar que en general se encuentra en un rango bajo a medio excepto para los suelos encontrados en superficie en el apique ApU-1 en donde se encuentra en un rango alto.

De acuerdo con lo mostrado en la figura la mayor parte de los suelos encontrados presentan fracción fina no plástica y en los que exhiben este tipo de comportamiento los contenidos de humedad se encuentran por debajo del límite plástico. De acuerdo con la carta de plasticidad de Casagrande, los ensayos efectuados muestran que la fracción fina se clasifica principalmente como limos (ML) o arcillas de plasticidad media (CL).

- **Características Granulométricas:** Básicamente se hace énfasis en el contenido de gravas, arenas y finos. En los suelos encontrados en sectores próximos a la Quebrada La Encalichada los contenidos de gravas están en torno al 62%, los contenidos de arena entre el 22 y el 25% y contenidos de finos entre el 12 y el 16%. En los suelos del sector

por el que pasa el Río Uramita los contenidos de gravas encontrados están entre el 60y el 86%, de arenas entre el 9 y el 34% y de finos entre el 4 y el 6%.

Finalmente, en las muestras tomadas de los apiques hechos en torno al Río Sucio se hallaron en los suelos gravosos contenidos de gravas entre el 34 y 87%, de arenas entre el 13 y el 32% y de finos entre el 5 y el 35%, mientras que para los suelos arenosos el contenido de gravas se encontró entre el 3 y el 14%, de arenas entre el 68 y el 90% y de finos entre el 8 y el 18%.

### 3.2.3.2 Perfil Geotécnico promedio

De acuerdo con los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo, los ensayos de laboratorio y las observaciones de campo, se identifica un solo tipo de material para la zona adyacente a la Quebrada La Encalichada, dos tipos de materiales para la zona alemana al Río Uramita y tres tipos de materiales para el sector del Río Sucio.

#### **Quebrada La Encalichada**

**Material 1. Gravas limosas y arcillosas de color café:** Corresponde a gravas limosas y arcillosas con arena de color café, presenta bajo contenido de humedad y fracción fina no plástica o de baja plasticidad. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 9%
- Limite Líquido (LL): 0 al 39%
- Limite Plástico (LP): 0 al 25%
- Composición granulométrica: Gravass: 62%, Arenas: 24% y Finos: 14%

En cuanto a la condición del agua sub-superficial en el sitio de estudio, no se encontró nivel freático.

#### **Río Uramita**

**Material 1. Limo arenoso de color café claro:** Corresponde a un limo arenoso de color café claro, presenta bajo contenido de humedad y fracción fina no plástica encontrado en el apique ApU-5. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 7%
- Limite Líquido (LL): NL
- Limite Plástico (LP): NP
- Composición granulométrica: Gravass: 2%, Arenas: 45% y Finos: 53%

**Material 2. Gravass con limo y arena de grano grueso de color gris y café:** Corresponde a gravass con limo y arena de grano grueso de color gris y café, presenta bajo contenido de humedad y fracción fina no plástica. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 11%
- Limite Líquido (LL): NL
- Limite Plástico (LP): NP

- Composición granulométrica: Gravas: 60 al 85%, Arenas: 9 al 24% y Finos: 5%

En cuanto a la condición del agua sub-superficial en el sitio de estudio, no se encontró nivel freático a excepción del apique ApU-7 a una profundidad de 0.90m.

### **Río Sucio**

**Material 1. Limo con arena de color café oscuro:** Corresponde a un limo con arena de color café oscuro, presenta alto contenido de humedad y fracción fina no plástica. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 55%
- Limite Líquido (LL): NL%
- Limite Plástico (LP): NP%
- Composición granulométrica: Gravas: 0%, Arenas: 31% y Finos: 69%

**Material 2. Arena limosa de color café:** Corresponde a una capa de arena limosa de color café con presencia de gravas y raíces, posee bajo contenido de humedad y fracción fina no plástica. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 8%
- Limite Líquido (LL): NL%
- Limite Plástico (LP): NP%
- Composición granulométrica: Gravas: 3 al 14%, Arenas: 68 al 89% y Finos: 8 al 18%

**Material 3. Gravas limosas mal gradadas de color café y gris:** Corresponde a una capa de gravas limosas mal gradadas de color café y gris con arenas y presencia de raíces, presenta bajo contenido de humedad y fracción fina no plástica. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 9%
- Limite Líquido (LL): NL%
- Limite Plástico (LP): NP%
- Composición granulométrica: Gravas: 34 al 86%, Arenas: 11 al 30% y Finos: 3 al 35%

En cuanto a la condición del agua sub-superficial en el sitio de estudio, no se encontró nivel freático en los apiques.

### **3.2.3.3 Parámetros de Resistencia al Corte**

Para determinar los parámetros de resistencia de las gravas arcillosas y suelos arcillosos con gravas, los cuales pueden ser empleados en análisis posteriores, se emplea en este estudio la Metodología para la evaluación de la resistencia y deformabilidad de suelos de granos gruesos con matriz arcillosa y suelos arcillosos con gravas propuesta por el Instituto de investigación Científica del Oriente del Ministerio de Construcción de la URSS (1989), metodología presentada por Fiodorov, Aminova y Schvedov.

Las características físicas básicas a partir de las que se determinan los parámetros mecánicos son la granulometría, la humedad natural de la matriz, los límites líquido y plástico de la matriz y la resistencia al desgaste de los fragmentos gruesos. Los valores de los parámetros de resistencia entregados mediante esta metodología para los suelos

de interés siguiendo el esquema de corte no consolidado, se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \phi'_n &= k_1 k_\phi 37 (0.234)^{M_\tau} & \phi'_n &= k_1 k_\phi \phi_{n2} \\ C'_n &= k_2 k_p 87 M_\tau^{0.51} & C'_n &= k_2 k_p C_{n1} \\ E &= k_E k_p k_L (1/(0.088 M_\tau - 0.15 M_\tau I_p + 0.017)) \end{aligned}$$

Donde  $M_\tau$  es una constante física definida en función de la granulometría del depósito y la plasticidad de la fracción fina,  $k_1$  y  $k_2$  son coeficientes de redondez de los fragmentos, los cuales toman un valor de 1 para fragmentos angulares y su valor se halla gráficamente para fragmentos redondeados,  $k_\phi$  y  $k_E$  son coeficientes que determina la resistencia de los fragmentos rocosos dados en tablas de acuerdo con su resistencia al desgaste,  $k_p$  es un coeficiente de densidad dado en tablas y  $\phi_{n2}$ ,  $C_{n2}$  son el ángulo de fricción y la cohesión normativos, los cuales se obtienen en gráficas suministradas por el método en función de la humedad natural del suelo, los límites líquido y plástico de la fracción fina y los porcentajes de partículas gruesas y finas del suelo. Al emplear las ecuaciones planteadas en esta metodología se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 3-18.** Evaluación de la resistencia y deformabilidad de suelos de granos gruesos con matriz arcillosa de acuerdo con Fiodorov, Aminova, Schvedov (1989)

Apique-Muestra	wn (%)	Gravas (%)	Arenas (m)	Finos (%)	LL (%)	LP (%)	$M_\tau$	$k_1$	$k_\phi$	$\phi'_n$ (°)	$k_2$	$k_p$	$C'_n$ (kPa)	$k_E$	$k_L$	E (kPa)
ApU1M1	54,9	0,0	31,3	68,6	0,0	0,0	0,000	0,87	0,79	25,4	0,9	0,8	0,00	0,92	1,0	43300
ApU2M2	18,7	53,0	29,8	17,2	0,0	0,0	0,000	0,87	0,79	25,4	0,9	0,8	0,00	0,92	1,0	43300
ApU3M1	4,9	72,2	18,6	9,2	0,0	0,0	0,000	0,87	0,79	25,4	0,9	0,8	0,00	0,92	1,0	43300
ApU4M1	5,2	79,0	14,3	6,7	0,0	0,0	0,000	0,87	0,79	25,4	0,9	0,8	0,00	0,92	1,0	43300
ApU6M1	7,3	85,8	9,3	4,9	0,0	0,0	0,000	0,87	0,76	24,5	0,9	0,8	0,00	0,86	1,0	40500
ApU7M1	14,0	60,5	33,9	5,6	0,0	0,0	0,000	0,87	0,76	24,5	0,9	0,8	0,00	0,86	1,0	40500
ApU8M1	7,7	62,1	25,2	12,8	35,8	25,5	-0,011	0,87	0,70	22,9	0,9	0,8	0,00	0,82	1,0	40500
ApU9M1	12,0	62,1	22,1	15,8	39,5	25,3	0,001	0,87	0,70	22,5	0,9	0,8	2,26	0,82	1,0	38400
ApU10M1	6,9	63,1	23,3	13,7	0,0	0,0	0,000	0,87	0,70	22,5	0,9	0,8	0,00	0,82	1,0	38600
ApU11M1	6,9	71,9	21,8	6,3	0,0	0,0	0,000	0,87	0,70	22,5	0,9	0,8	0,00	0,82	1,0	38600
ApU12M1	5,8	52,6	31,8	15,6	0,0	0,0	0,000	0,87	0,70	22,5	0,9	0,8	0,00	0,82	1,0	38600
ApU12M3	8,2	13,7	68,4	17,6	0,0	0,0	0,000	0,87	0,70	22,5	0,9	0,8	0,00	0,82	1,0	38600
ApU13M1	12,5	45,5	31,4	22,9	30,8	22,1	-0,003	0,87	0,70	22,6	0,9	0,8	0,00	0,82	1,0	39000
ApU13M2	5,0	86,4	10,7	2,9	0,0	0,0	0,000	0,87	0,70	22,5	0,9	0,8	0,00	0,82	1,0	38600
ApU13M3	7,1	3,1	89,1	7,8	0,0	0,0	0,000	0,87	0,70	22,5	0,9	0,8	0,00	0,82	1,0	38600

Los valores medios de los parámetros de resistencia y deformabilidad encontrados son los siguientes:

- Gravas limosas y arcillosas de color café quebrada Encalichada:  
 $\phi'_n = 22.6^\circ$ ,  $C'_n = 0.0$  kPa,  $E = 39200$  kPa
- Gravas con limo y arena de grano grueso de color gris y café Río Uramita  
 $\phi'_n = 24.5^\circ$ ,  $C'_n = 0.0$  kPa,  $E = 40500$  kPa
- Gravas limosas mal gradadas de color café y gris Río Sucio:  
 $\phi'_n = 23.8^\circ$ ,  $C'_n = 0.0$  kPa,  $E = 40700$  kPa

### 3.3 FACTOR ANTRÓPICO

#### 3.3.1 Urbanismo y catastro

El desarrollo urbano se ha visto afectado por la geomorfología de la zona, ya que por la topografía tan agreste restringe un adecuado crecimiento urbano. Creando dificultades e impedimentos sustanciales en la infraestructura de los servicios, acompañado de áreas con una alta densidad poblacional y de usos.

La zona con mayor equipamiento urbano se encuentra en el punto de convergencia de los ríos Uramita y Riosucio, convirtiéndose en el lugar representativo para la cabecera municipal.

Los ríos Uramita y Riosucio, como elementos naturales y la Vía al mar, como elemento de origen antrópico, se establecieron como los ejes estructurales de la cabecera municipal, los cuales restringen y permiten el desarrollo de la parte urbana, siendo éste el caso de la Vía al mar. En la Figura 3-35 se presenta un ejemplo de invasión de la zona de la ronda hidráulica.



**Figura 3-35. Invasión de la zona de la ronda hidráulica**

### **3.3.2 Vías**

En el municipio de Uramita el 74% de los 4.8 km que componen la red vial se encuentra con una superficie de rodadura pavimentada y el restante 26 % se encuentra en afirmado. Un ejemplo del estado de las vías en el municipio de Uramita se presenta en la Figura 3-36. De acuerdo con el POT, el 47% de la red vial del municipio, equivalentes a 2.25 km, tiene una jerarquía de red primaria, la red secundaria representa el 18 % que equivale 0.88 km, la red de servicio corresponde al 16 %, 0.76 km y la longitud de callejones es el 19 % de la red vial total del municipio de Uramita.



**Figura 3-36. Estado de las vías en el Municipio de Uramita**

### **3.3.3 Manejo de aguas de escorrentía y alcantarillado**

La cobertura del sistema técnico conectado a red de distribución del servicio de alcantarillado del municipio que compone el territorio urbano es equivalente al 39 % y 2.4 % del territorio rural (DANE, SISBEN, 1998), siendo un porcentaje muy bajo.



**Figura 3-37. Vertimiento directo de aguas residuales**

Además la aguas servidas recolectadas no reciben ningún tratamiento, siendo evacuadas directamente en varios puntos a los largo de los tres ríos que bañan el municipio (Sucio, Uramita y Encalichada), asimismo las viviendas no conectadas, utilizan soluciones alternas de disposición de éste tipo de residuos que también son vertidas a los cuerpos de agua y a zanjas, según se muestra en la Figura 3-37.

## **3.4 CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN**

Las variables socioeconómicas del municipio y de la población que vive en el área de influencia directa de la amenaza por inundación en el municipio, 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 una inundación potencialmente dañina, los hogares ubicados bajo la línea de pobreza presentan una mayor dificultad para su atención y recuperación que los de altos ingresos, ya que no cuentan con los recursos necesarios para hacer frente a la calamidad sufrida y, por tanto, su capacidad de respuesta puede llegar a ser nula.

Por esta razón, a continuación se describen las principales variables socio-económicas del municipio y de las manzanas ubicadas en el área de estudio, 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.

### 3.4.1 Variables municipales

Cabe aclarar que con base en el diagnóstico de la problemática de amenazas, vulnerabilidad y riesgo por inundación del Río Sucio y de los resultados arrojados por el estudio base se identificó toda el área urbana del municipio como zona de estudio por amenaza de inundación.

#### 3.4.1.1 Población

El Municipio de Uramita ha tenido un proceso de urbanización constante ya que en 1973 la población urbana representaba el 18.5%, en 1993 era de 22.3%<sup>3</sup>, para el 2005 la población total municipal era de 8.304, de la cual el 28.6% (2.377) se concentraba en la cabecera municipal, en tanto que el 61.2% (5.927) de los habitantes vivían en la zona rural. Según las proyecciones efectuadas por el DANE en el 2009 la población total del municipio es de 8.297 personas, de ellas, el 30% (2.493) ocupan el casco urbano y el 70% (5.804) viven en el área rural.

Al examinar la estructura poblacional es posible decir que el 32.5% de la población tiene edades entre 0 y 14 años, el 58.4% de los habitantes municipales está entre los 15 y 59 años de edad y el 9.1% de la población es mayor de 60 años. Además, existe una distribución predominantemente masculina, con una representación del 52.6%, lo cual se muestra en la Figura 3-38. Ello indica que la población del municipio corresponde a un comportamiento expansivo, con predominio de los grupos de edad jóvenes.

Con relación a la escolaridad de los habitantes, se puede decir que el 14.3% de la población no cuenta con ningún nivel de escolaridad, el 10.9% han llegado a cumplir todo

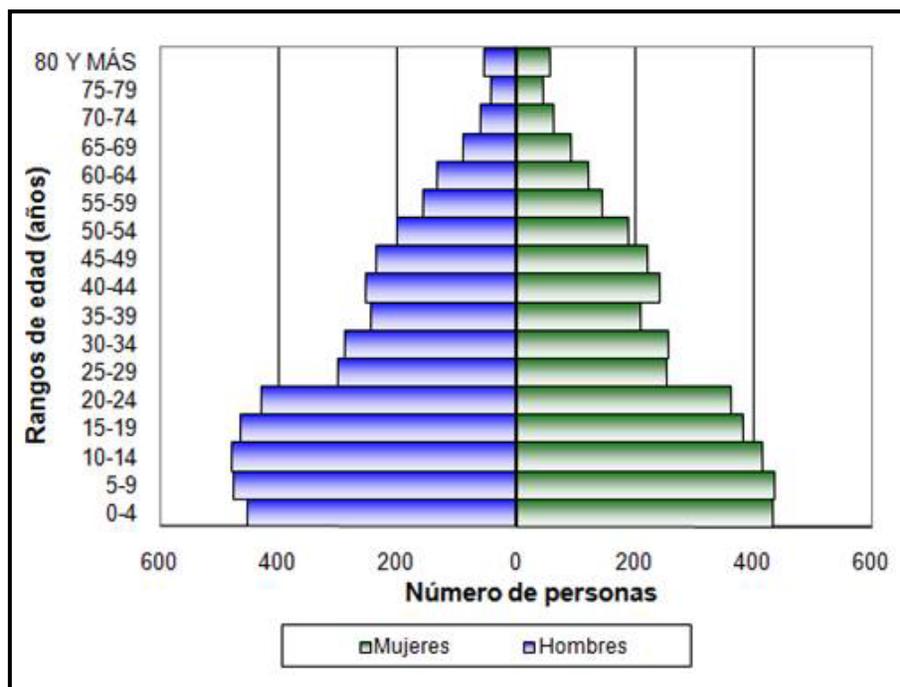
<sup>1</sup> Probabilidad de ser dañado o herido. Se relaciona tanto con la exposición a un riesgo como a la capacidad que tiene una comunidad, hogar o persona para enfrentarlo. CEPAL, Naciones Unidas. 2002. Documento Electrónico. Vulnerabilidad socio demográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades,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

<sup>3</sup> Plan de Ordenamiento Territorial. 4.1. Dimensión Social del Municipio de Uramita.

el ciclo de básica primaria, en tanto que el 12% de la población ha completado el ciclo hasta grado 11.

Por otra parte, el número de personas reportadas con alguna limitación física, eran 292 personas, que corresponde al 15.5% del total de la población.



**Figura 3-38. Distribución poblacional por grupo de edad. Municipio de Uramita 2009. Fuente: Información DANE. Elaboración propia.**

### 3.4.1.2 Servicios públicos

La cobertura de servicios públicos, especialmente de agua potable y saneamiento básico<sup>4</sup>, inciden directamente en la salud de la población y por tanto en su vulnerabilidad. A menor cobertura de estos servicios o una 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 municipio eran de 56%, 10% y 79% respectivamente. En tanto que en la zona urbana los porcentajes de cubrimiento son del 94.8% para acueducto, 24.8 para alcantarillado y 90.6% para energía eléctrica.

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 tres años se ha mantenido con el valor del IRCA<sup>5</sup> que se clasifica como “Alto” y

<sup>4</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.

<sup>5</sup> IRCA – Índice de Riesgo de Calidad de Agua. Resolución 2115 de 2007. Cuadro N° 7 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.

ello quiere decir que se considera agua no apta para consumo humano, y que requiere de acciones directas de las empresas y entidades encargadas de garantizar la calidad del agua<sup>6</sup>.

#### *3.4.1.3 Hogares*

Con relación a la información de sobre hacinamiento, según el censo de 2005, en el municipio el 41% (686) de los hogares presentaban condiciones de hacinamiento, indicando con ello un déficit habitacional cualitativo y cuantitativo elevado.

Por otra parte, según la base de datos del SISBEN<sup>7</sup>, a 3 de marzo de 2009, el 78.5% de las personas que viven en el área urbana del municipio se encontraban inscritas en los niveles 1,2 y 3, es decir que podrá acceder 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 la población urbana del municipio se considera con un elevado nivel de vulnerabilidad.

Las razones, manifestadas por las personas, para el cambio de lugar de residencia se relacionan principalmente con razones familiares (32.2%) y la dificultad de conseguir trabajo (17.2%).

#### *3.4.1.4 Las viviendas*

En un 90.3% de los casos, las viviendas son empleadas únicamente como sitio de residencia, en tanto que en un 9.5% es empleada como unidad económica.

Los materiales predominantes en las paredes de las viviendas corresponde a bloque, ladrillo, piedra o madera pulida en un 83.8%, seguido de tapia pisada en un 14.7% y un 1.5% en otros materiales. En tanto que los materiales predominantes en los pisos son el cemento o gravilla en un 74% y un 20% en baldosa, vinilo o tableta.

El tipo de vivienda predominante es la casa con un 87.7% de representatividad, seguido del apartamento 3.6%, en tanto que los inquilinatos o tipo cuarto se presentan en un 8.5%.

<sup>6</sup> Resolución 2115 de 2007. Artículo 15. <http://www.ins.gov.co/?idcategoria=6110>

<sup>7</sup> El Sisbén es el Sistema de Identificación de Potenciales beneficiarios de Programas Sociales. <http://www.sisben.gov.co/>

## CONTENIDO

4	EVALUACIÓN DE LA AMENAZA.....	4-2
4.1	INTRODUCCIÓN.....	4-2
4.2	AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES .....	4-2
4.3	AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	4-3
4.3.1	Río Sucio.....	4-4
4.3.2	Río Uramita .....	4-11
4.3.3	Quebrada La Encalichada .....	4-15
4.3.4	Categorización de la Amenaza.....	4-19
4.4	SOCAVACIÓN.....	4-21
4.4.1	Río Sucio.....	4-21
4.4.2	Río Uramita .....	4-32
4.4.3	Quebrada La Encalichada .....	4-36
4.5	CONCLUSIONES DE LOS ANÁLISIS HIDRÁULICOS.....	4-39
4.6	AMENAZA POR INESTABILIDAD.....	4-41
4.6.1	Condiciones Actuales.....	4-41
4.6.2	Evaluación de la Amenaza .....	4-42

## **4 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA**

### **4.1 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, avenidas torrenciales e inestabilidad de márgenes en el sector del río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada, a la altura del casco urbano del municipio.

A continuación se explica de manera resumida y clara, para cada uno de los 3 eventos la forma como se evaluó la amenaza. Igualmente se describen los criterios para la zonificación espacial de la misma de manera específica para cada evento, en función de las características del evento que amenaza y la vulnerabilidad de las viviendas y la población amenazada.

### **4.2 AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES**

En el caso urbano de Uramita se pueden presentar varios fenómenos naturales que pueden afectar a la población y su infraestructura de la siguiente manera:

Los ríos Sucio y Uramita, por su vasta área de drenaje y las características de sus depósitos en cercanías del área urbana, pueden en ocasiones, provocar inundaciones que afecten viviendas e infraestructura, en especial a lo que se localiza en las partes bajas de sus márgenes. El estudio de los depósitos respectivos no revela que estos dos cauces hayan invadido sectores importantes de las terrazas que constituyen base para el casco urbano, pero un número importante de viviendas han invadido parte del cauce mayor y son susceptibles a los efectos de inundaciones. También, durante períodos de crecientes importantes, ambos cauces pueden producir socavación de sus márgenes que afecte las numerosas viviendas asentadas en el borde de las terrazas.

En los depósitos que forman estos ríos no se encontraron evidencias de que en sus cauces transitaran avenidas torrenciales y en consecuencia, los cálculos hidrológicos para sus crecientes son válidos para establecer las zonas de Amenaza por este fenómeno.

Un caso especial lo representa la quebrada Encalichada, que en el pasado, hace miles de años y más atrás, transitó avenidas torrenciales de magnitud importante, sin embargo, en los últimos centenares de años, este fenómeno no se ha presentado en la cuenca y por lo tanto se puede considerar esta amenaza como baja.

El bloqueo del cauce del río Sucio por un deslizamiento de gran magnitud en el sitio El Revenidero, podría eventualmente producir un embalse que llegue hasta Uramita, pero esta situación permitiría una evacuación preventiva puesto que este fenómeno no sería súbito en la localidad.

### 4.3 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 o llanuras de inundación, según se muestra en la Figura 4-1.

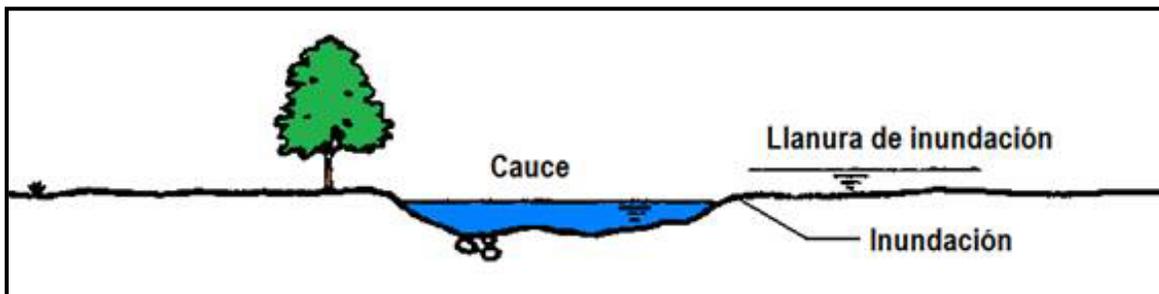


Figura 4-1. Definición de la ocurrencia de una inundación

El Análisis de la amenaza por inundación se realizó de manera cuantitativa estableciendo por medio de técnicas numéricas los niveles de agua para diferentes periodos de retorno y éstos a su vez se localizaron sobre la cartografía base, elaborada para obtener los límites de avance de la lamina de agua y así establecer los niveles de inundación sobre la zona urbana del municipio de Uramita.

Igualmente, la modelación hidráulica permitió calcular las alturas de los niveles de agua en las llanuras de inundación y las velocidades del flujo, parámetros que son función de la intensidad de daño que puede causar el flujo de la creciente sobre las viviendas y personas que ocupan el territorio. A continuación se presenta un recuento de los análisis adelantados y los resultados obtenidos.

Los análisis adelantados en este aspecto se orientaron a dos objetivos definidos: determinar la amenaza por desbordamiento del río Sucio y de las quebradas Uramita y La Encalichada o por socavación del cauce de estas corrientes de agua que, puesto que las construcciones donde se asienta la población se encuentran en la orilla de estas, pueden colapsar durante el paso de una avenida o caudal de cierta magnitud como consecuencia de la inestabilidad producida por el fenómeno de socavación.

Para la determinación de los niveles y de las demás características del flujo correspondientes a caudales de diferente periodo de retorno, se empleo el programa HEC-RAS 4 Beta. La utilización del programa citado implicó la toma de información de campo necesaria para definir la geometría de las secciones del cauce normales a la dirección del flujo. Estas secciones se tomaron mediante métodos topográficos espaciadas 50 m aproximadamente.

Adicionalmente, se tomaron muestras del material del lecho a partir de cuya granulometría se definieron los diámetros representativos del material, en este caso, el  $d_{84}$  o tamaño para el cual el 84% de la muestra tomada es más fino. Dados los valores disímiles del coeficiente de rugosidad de Manning obtenidos mediante la aplicación de diferentes formulas en las que interviene el diámetro representativo de los materiales del lecho, se recurrió a la determinación del mismo con base en la metodología desarrollada por Harry Barnes. Es importante anotar que tanto la quebrada Uramita como el río Sucio transportan cantos rodados de diámetro mayor a 0,80 m, lo cual dificulta aun mas la determinación del diámetro representativo y por tanto la rugosidad del lecho.

Los caudales de los cursos de agua se obtuvieron de los resultados de los análisis hidrológicos a los cuales se hizo referencia en el Capítulo 3 de este informe. Finalmente, la pendiente hidráulica se determino con base en la cota de la superficie del agua en las diferentes secciones definidas como se anoto antes. Los resultados de la aplicación del programa corrido para el caso de flujo permanente, se presentan a continuación para cada curso de agua.

#### 4.3.1 Río Sucio

El análisis de Río Sucio se adelanto para dos tramos del curso de agua definidos por la desembocadura de las quebradas La Encalichada y Uramita. Esta definición se llevo a cabo dado el incremento de caudal originado por los de estos fluentes. El primer tramo o de aguas arriba esta comprendido entre las secciones Nos 34 a 58, K 1+200 a K 0+000. El segundo denominado de aguas abajo, lo definen las secciones Nos 1 a 32, localizadas en las abscisas K 2+800 a K 1+300

Es de singular importancia anotar que el caudal para el segundo tramo o de aguas abajo de la desembocadura de las quebradas se obtuvo de la sumatoria de los caudales correspondientes a cada periodo de recurrencia. Esta metodología supone la ocurrencia de los eventos de la misma recurrencia de manera simultanea, circunstancia que puede no darse, pero que nos coloca del lado de la seguridad ante la posibilidad de que este evento ocurra.

*Tramo de aguas arriba:* El programa se aplico en primer termino para determinar los niveles de agua correspondientes al caudal de dos (2) años de recurrencia, es decir 112  $m^3/s$ . La pendiente de este tramo es de 1,08 % y de la simple observación de las características del flujo se deduce que el mismo es turbulento, y discurre por un cauce de rugosidad alta, como consecuencia de los cantos rodados y bloques de diámetros mayores de 0,50 m que se encuentran en el lecho. La rugosidad se estimo con base en la metodología de Harry Barnes en 0,056.

De la observación de los resultados, los cuales se presentan en la Tabla 4-1, se evidencia que el flujo es subcritico en todo el tramo , aunque la velocidad en algunas secciones supera los tres (3) m/s. Por otra parte, se deduce que no existen para el caudal de dos años de recurrencia desbordamientos que pudieran producir inundaciones en la margen derecha del río, donde se localizan las construcciones y el pueblo, en general. Por tanto podemos concluir que no existe amenaza clasificada como muy alta por efecto de desbordamiento.

**Tabla 4-1. Características de flujo para un caudal de 2 años de recurrencia en el Río Sucio aguas arriba de la desembocadura del Río Uramita**

Sección No	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Área sección (m <sup>2</sup> )	Ancho Sección (m)	Número de Froude
58	112	647,49	649,64	2,47	45,26	27,80	0,62
57	112	646,83	648,51	3,43	32,69	27,73	1,01
56	112	645,73	647,57	2,77	40,39	27,40	0,73
55	112	644,66	647,00	2,49	44,92	27,55	0,62
54	112	644,46	646,23	2,93	38,17	24,73	0,75
53	112	643,38	645,40	3,03	37,02	22,49	0,75
52	112	642,65	645,00	2,34	47,88	24,22	0,53
51	112	642,27	644,56	2,44	45,81	24,89	0,58
50	112	641,51	644,15	2,37	47,17	24,79	0,55
49	112	641,55	643,53	2,62	42,80	33,69	0,74
48	112	641,00	643,32	1,59	70,46	43,45	0,40
47	112	640,81	643,02	1,87	60,00	34,35	0,45
46	112	640,48	642,65	2,11	53,16	33,90	0,54
45	112	640,10	642,08	2,50	44,81	28,96	0,64
44	112	639,43	641,65	2,11	53,00	35,89	0,56
43	112	639,18	641,09	2,41	46,48	31,69	0,64
42	112	638,32	640,36	2,71	41,34	29,39	0,73
41	112	637,33	640,13	1,77	63,16	34,84	0,42
40	112	637,61	639,73	2,14	52,23	38,46	0,59
39	112	637,27	639,00	2,47	45,32	42,45	0,76
38	112	636,52	638,56	1,93	57,88	38,45	0,50
37	112	635,93	637,78	2,90	38,64	27,77	0,78
36	112	634,68	637,64	1,66	67,49	34,73	0,38
35	112	634,96	637,25	2,22	50,48	35,39	0,59
34	112	635,16	636,74	2,16	51,75	40,33	0,61

Igual situación a la descrita anteriormente se presenta al aplicar el programa al caudal de cincuenta años de retorno: se obtuvieron resultados que en ningún caso muestran desbordamientos del río por la margen derecha, es decir que no existe amenaza de grado medio por inundación de acuerdo con la clasificación previamente establecida.

Esta circunstancia se aprecia al observar las secciones flujo de la Tabla 4-2 en el que se consignan las características del flujo. Estos resultados corroboran lo afirmado por moradores del pueblo.

Puesto que como se anoto antes no se presenta inundación del pueblo de Uramita debido a la ocurrencia de caudales de avenida con periodos de retorno de cincuenta años, la probabilidad de que se presente una situación de desbordamiento ante el paso de caudales de periodo de retorno de cien años o mas, es menor.

**Tabla 4-2. Características de flujo para un caudal de 50 años de recurrencia en el Río Sucio aguas arriba de la desembocadura del Río Uramita**

Sección No	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Área sección (m <sup>2</sup> )	Ancho Sección (m)	Número de Froude
33	381	634,71	637,65	1,73	220,07	97,49	0,37
32	381	633,56	637,25	2,50	152,66	59,00	0,50
31	381	633,45	636,74	2,98	127,74	57,58	0,64
30	381	633,36	636,62	2,02	188,48	74,49	0,41
29	381	632,55	636,07	3,05	125,02	42,13	0,56
28	381	630,57	634,36	5,38	70,88	24,13	1,00
27	381	629,68	633,89	3,35	113,79	37,42	0,61
26	381	628,41	633,30	3,69	103,32	31,76	0,65
25	381	628,33	631,89	5,09	74,87	28,70	1,01
24	381	626,60	631,04	4,57	83,30	28,09	0,85
23	381	626,73	630,29	4,32	88,26	34,23	0,86
22	381	625,41	629,03	4,79	79,58	34,33	1,00
21	381	623,93	628,39	3,71	102,59	35,62	0,70
20	381	623,59	628,02	3,21	118,61	42,58	0,61
19	381	622,66	627,72	2,95	129,11	40,31	0,53
18	381	622,59	626,96	3,88	98,31	31,83	0,70
17	381	622,57	626,43	3,70	103,05	36,82	0,71
16	381	621,55	626,19	3,03	125,64	35,47	0,51
15	381	620,73	625,81	3,25	117,27	30,72	0,53
14	381	620,66	624,85	4,42	86,20	26,07	0,78
13	381	620,45	624,47	3,65	104,52	33,99	0,66
12	381	619,72	624,05	3,46	110,15	35,75	0,63
11	381	618,66	623,79	2,98	127,87	38,85	0,52
10	381	618,72	623,11	3,77	101,00	29,33	0,65
9	381	618,50	622,75	3,45	110,31	32,61	0,60
8	381	618,46	622,08	3,87	98,33	33,57	0,72
7	381	617,35	621,92	2,94	129,50	35,29	0,49
6	381	616,64	621,69	2,83	134,45	34,68	0,46
5	381	616,22	621,19	3,43	110,98	30,36	0,57
4	381	615,71	619,80	5,09	74,81	24,41	0,93
3	381	615,76	619,18	4,20	90,64	34,87	0,83
2	381	614,49	618,98	2,99	127,63	44,45	0,56
1	381	614,45	618,31	3,57	106,65	40,44	0,70

Esto es particularmente cierto, si observamos que, de acuerdo con el análisis de frecuencia de la serie de caudales máximos registrada en la estación El Añil, la diferencia en magnitud entre el caudal de cincuenta y el de cien años de retorno es pequeña (214 y 240 m<sup>3</sup>/s, respectivamente). No obstante, se considera de interés incluir algunas secciones en las cuales se alcanzan niveles cercanos a la cota de desbordamiento por la margen derecha del río, las cuales se muestran en la Figura 4-3.

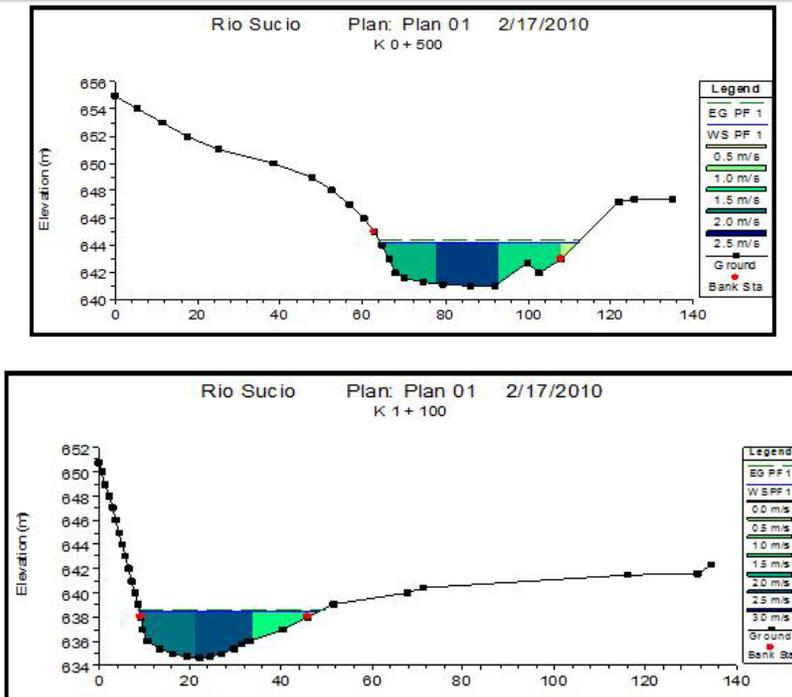


Figura 4-2. Secciones de flujo para un caudal de 50 años de recurrencia en el Río Sucio aguas arriba de la desembocadura del Río Uramita

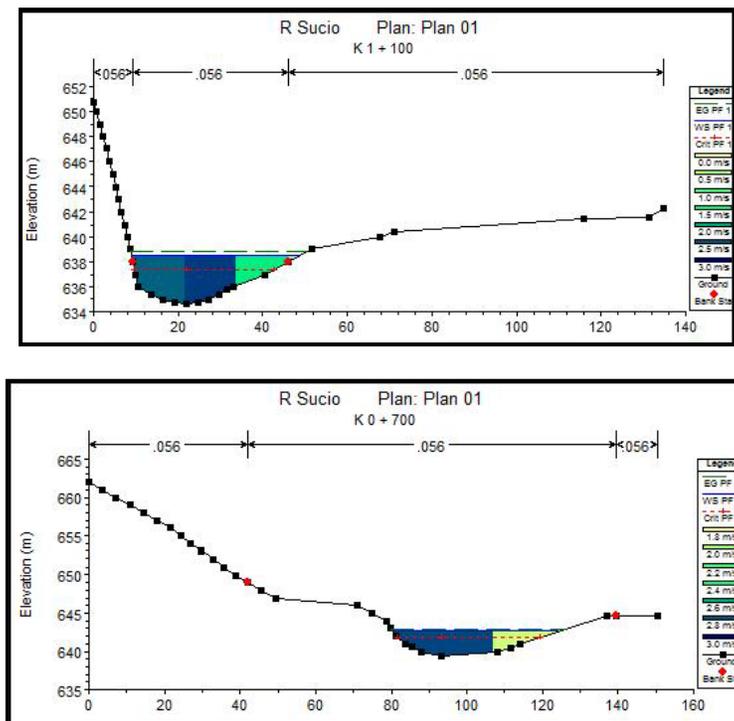


Figura 4-3. Secciones de flujo para un caudal de 100 años de recurrencia en el Río Sucio aguas arriba de la desembocadura del Río Uramita

*Tramo de aguas abajo:* El denominado tramo de aguas abajo se inicia inmediatamente aguas abajo de la desembocadura de la quebrada La Encalichada, hasta la finalización de la parte de la población donde se encuentran construcciones dedicadas a la vivienda. El caudal en este tramo es sensiblemente mayor al del tramo de aguas arriba debido a la contribución de las quebradas La Encalichada y Uramita que vierten sus aguas al Río Sucio por la margen derecha de este. El caudal adoptado para los análisis hidráulicos corresponde a la suma de los caudales de la misma recurrencia de los tres cursos de agua. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 4-3.

**Tabla 4-3. Caudal de diseño para el Río Sucio en el tramo aguas abajo**

Recurrencia años	2	10	50	100
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	381	674	799	902

En este tramo la pendiente es ligeramente mayor a la del de aguas arriba (1,16%). La rugosidad se adoptó igual a la del tramo anterior, así como el diámetro representativo de los materiales que conforman el lecho. La definición de la cota de la superficie del agua a lo largo del tramo se realizó mediante la aplicación del programa HEC RAS –4.

**Tabla 4-4. Características de flujo para un caudal de 2 años de recurrencia en el Río Sucio aguas abajo de la desembocadura del Río Uramita**

Sección No	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Área sección (m <sup>2</sup> )	Ancho Sección (m)	Número de Froude
33	381	634,71	637,65	1,73	220,07	97,49	0,37
32	381	633,56	637,25	2,50	152,66	59,00	0,50
31	381	633,45	636,74	2,98	127,74	57,58	0,64
30	381	633,36	636,62	2,02	188,48	74,49	0,41
29	381	632,55	636,07	3,05	125,02	42,13	0,56
28	381	630,57	634,36	5,38	70,88	24,13	1,00
27	381	629,68	633,89	3,35	113,79	37,42	0,61
26	381	628,41	633,30	3,69	103,32	31,76	0,65
25	381	628,33	631,89	5,09	74,87	28,70	1,01
24	381	626,60	631,04	4,57	83,30	28,09	0,85
23	381	626,73	630,29	4,32	88,26	34,23	0,86
22	381	625,41	629,03	4,79	79,58	34,33	1,00
21	381	623,93	628,39	3,71	102,59	35,62	0,70
20	381	623,59	628,02	3,21	118,61	42,58	0,61
19	381	622,66	627,72	2,95	129,11	40,31	0,53
18	381	622,59	626,96	3,88	98,31	31,83	0,70
17	381	622,57	626,43	3,70	103,05	36,82	0,71
16	381	621,55	626,19	3,03	125,64	35,47	0,51
15	381	620,73	625,81	3,25	117,27	30,72	0,53
14	381	620,66	624,85	4,42	86,20	26,07	0,78
13	381	620,45	624,47	3,65	104,52	33,99	0,66
12	381	619,72	624,05	3,46	110,15	35,75	0,63
11	381	618,66	623,79	2,98	127,87	38,85	0,52
10	381	618,72	623,11	3,77	101,00	29,33	0,65
9	381	618,50	622,75	3,45	110,31	32,61	0,60
8	381	618,46	622,08	3,87	98,33	33,57	0,72
7	381	617,35	621,92	2,94	129,50	35,29	0,49
6	381	616,64	621,69	2,83	134,45	34,68	0,46
5	381	616,22	621,19	3,43	110,98	30,36	0,57
4	381	615,71	619,80	5,09	74,81	24,41	0,93
3	381	615,76	619,18	4,20	90,64	34,87	0,83
2	381	614,49	618,98	2,99	127,63	44,45	0,56
1	381	614,45	618,31	3,57	106,65	40,44	0,70

En primer termino, el análisis se adelanto para el caudal de dos años de recurrencia. Los resultados presentados en forma grafica por el modelo indican que para este caudal no existen desbordamientos del río por su margen derecha, tal como se aprecia en la Figura 4-4 cuadro de características del flujo que se muestra en la Tabla 4-4.

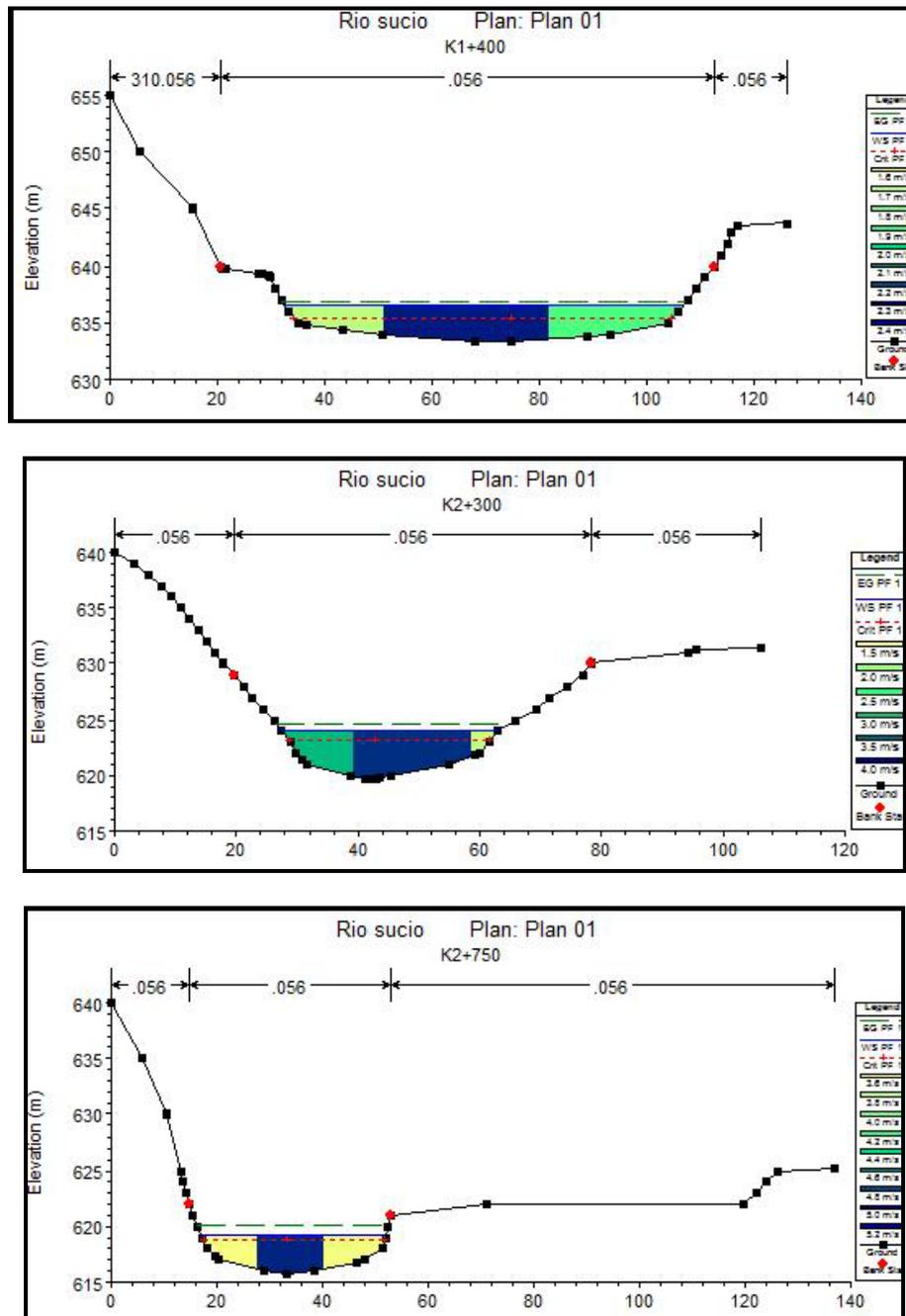


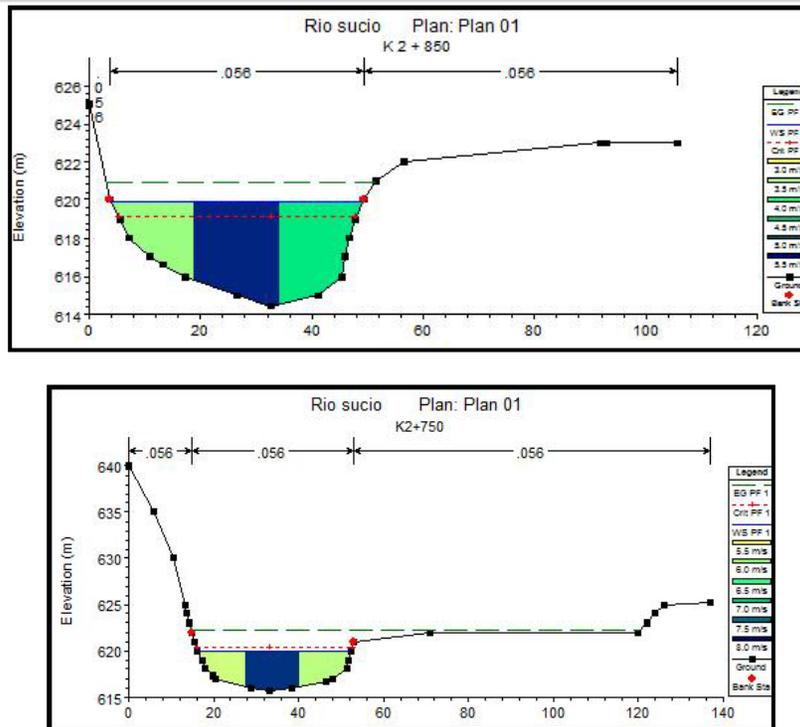
Figura 4-4. Secciones de flujo para un caudal de 2 años de recurrencia en el Río Sucio aguas abajo de la desembocadura del Río Uramita

Habida cuenta de la geometría de la sección de flujo a todo lo largo del tramo, caracterizada por mostrar orillas altas con respecto al fondo del cauce, se considero que para caudales de diez años de periodo de retorno no se presentan desbordamientos en el mismo y por tanto la amenaza por inundación no existe para este caso. Aceptada la consideración anterior, se adelanto el análisis para el caudal de periodo de retorno de cincuenta años. Los resultados indicaron que el nivel del agua para este caudal no alcanza al de desbordamiento, como se aprecia en las secciones de flujo que se muestran enseguida y en el cuadro de características del mismo.

No obstante lo antes citado, es importante anotar que la velocidad de flujo en el tramo es a lo largo del mismo, superior a los tres (3) metros por segundo, circunstancia que se refleja en la ocurrencia de procesos de socavación de alguna magnitud. De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis a que se hizo mención en los párrafos anteriores, se puede afirmar que en el tramo de aguas abajo de la quebrada La Encalichada no existe amenaza por inundación causada por el Río Sucio., aun ante la ocurrencia de avenidas de cincuenta años de periodo de retorno.

**Tabla 4-5. Características de flujo para un caudal de 50 años de recurrencia en el Río Sucio aguas abajo de la desembocadura del Río Uramita**

Sección No	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Area sección (m <sup>2</sup> )	Ancho Sección (m)	Número de Froude
33	799	634,71	639,66	1,89	423,38	106,27	0,30
32	799	633,56	639,26	2,88	276,97	64,24	0,44
31	799	633,45	639,00	3,05	262,30	61,10	0,47
30	799	633,36	639,03	2,12	376,17	81,06	0,31
29	799	632,55	638,47	3,46	230,70	46,07	0,49
28	799	630,57	636,35	6,44	124,05	29,51	1,00
27	799	629,68	636,02	3,97	201,47	44,98	0,60
26	799	628,41	635,25	4,67	171,22	37,63	0,70
25	799	628,33	633,69	6,08	131,34	33,61	0,98
24	799	626,60	632,53	6,20	128,79	33,11	1,00
23	799	626,73	631,71	5,76	138,68	36,94	0,95
22	799	625,41	630,54	5,95	134,31	37,58	1,00
21	799	623,93	630,33	4,50	177,61	40,76	0,69
20	799	623,59	630,19	3,66	218,31	49,01	0,55
19	799	622,66	629,93	3,54	225,66	48,28	0,52
18	799	622,59	629,07	4,62	172,87	38,86	0,70
17	799	622,57	628,83	4,01	199,37	44,05	0,60
16	799	621,55	628,62	3,63	220,22	42,90	0,51
15	799	620,73	628,09	4,14	192,90	36,54	0,58
14	799	620,66	626,67	5,77	138,47	31,25	0,87
13	799	620,45	626,57	4,40	181,40	38,93	0,65
12	799	619,72	626,30	3,96	201,84	46,01	0,60
11	799	618,66	626,11	3,50	228,42	48,26	0,51
10	799	618,72	625,07	4,93	162,08	32,56	0,71
9	799	618,50	624,76	4,43	180,33	37,42	0,64
8	799	618,46	624,15	4,69	170,32	36,23	0,69
7	799	617,35	624,04	3,78	211,36	41,95	0,54
6	799	616,64	623,77	3,70	215,71	43,59	0,53
5	799	616,22	623,56	3,70	253,30	78,87	0,50
4	799	615,71	621,74	6,05	132,15	35,54	1,00
3	799	615,76	620,02	6,63	120,46	36,20	1,16
2	799	614,49	620,69	3,87	206,33	47,46	0,59
1	799	614,45	619,91	4,57	174,98	45,13	0,74



**Figura 4-5. Secciones de flujo para un caudal de 50 años de recurrencia en el Río Sucio aguas abajo de la desembocadura del Río Uramita**

#### 4.3.2 Río Uramita

Los estudios hidráulicos de la quebrada Uramita, al igual que los adelantados para el Río Sucio tuvieron como objetivo la determinación de los niveles de flujo de la quebrada correspondientes a caudales de diferentes periodos de retorno, con el fin de establecer la posible existencia de amenaza por inundación debida a desbordamientos, por una parte, y la producida como resultado de los procesos de socavación debidos a estos mismos caudales.

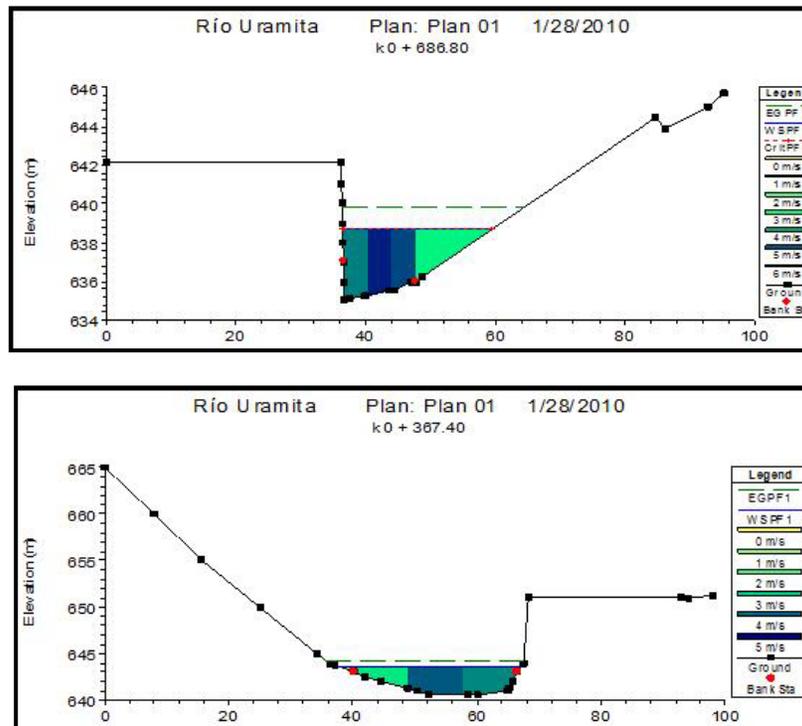
El primer aspecto se analizó con ayuda del programa HEC RAS 4 para flujo permanente. Para acopiar la información de entrada al programa se adelantaron levantamientos topográficos que incluyeron la toma de secciones transversales al flujo separadas entre sí 50 m, aproximadamente, que permitieron la obtención de la geometría de las secciones de flujo del río hasta el nivel de las edificaciones y de la vía aledaña a las orillas de esta. Además, se determinó la pendiente de la superficie del agua. La rugosidad se estimó mediante la metodología de Harry Barnes en 0,056 y la pendiente obtenida fue de 1,6 %.

Los resultados obtenidos de aplicar el programa a los caudales de 2, 10 y 50 años indican que no se presentan desbordamientos y por tanto inundaciones debidos a la ocurrencia de estos caudales. Sin embargo, es claro que dado que existen algunas edificaciones que invadieron aun el cauce menor de la quebrada, especialmente en la margen derecha, estas puedan sufrir algún tipo de inundación durante la ocurrencia de caudales de dos años de recurrencia. Es más: la parte posterior de las edificaciones que colindan con el

río, están expuestas a la corriente durante el paso de la creciente anual o de dos años de recurrencia. En la Tabla 4-6 a la Tabla 4-8 y en la Figura 4-6 a la Figura 4-8 se aprecian las secciones de flujo obtenidas de la aplicación del programa para 2, 10 y 50 años de recurrencia. En ellos se observa el nivel correspondiente a cada caudal y las características de velocidad de la corriente en cada una de las secciones.

**Tabla 4-6. Características de flujo para un caudal de 2 años de recurrencia en el Río Uramita**

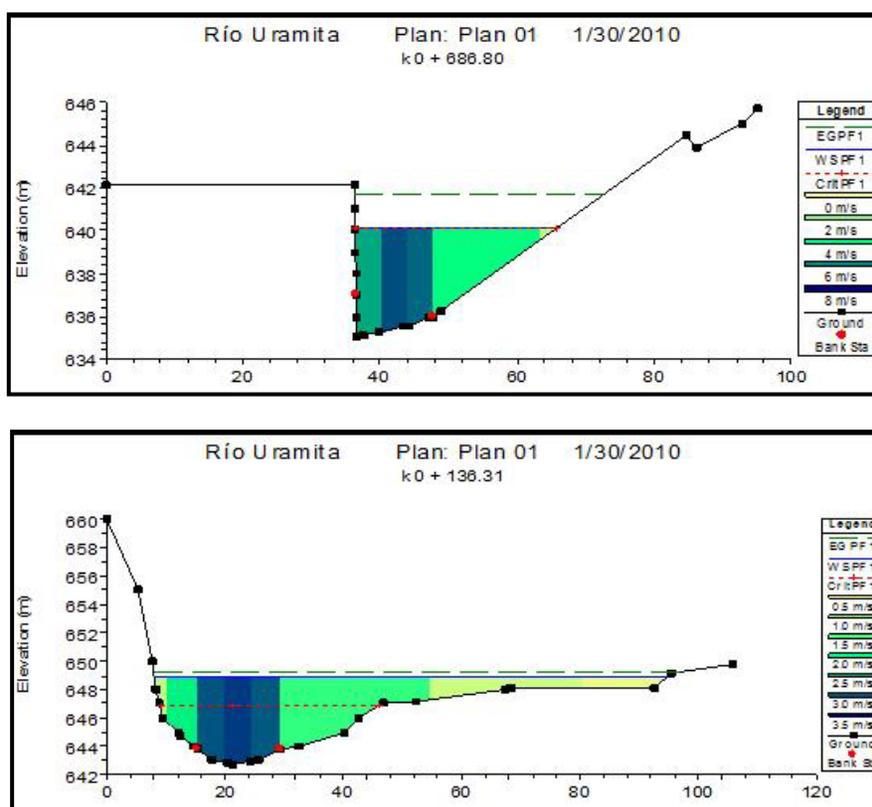
Sección No	Q Total (m³/s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Área sección (m²)	Ancho Sección (m)	Número de Froude
14	231	645,33	648,27	4,63	49,90	23,24	1,01
13	231	644,64	647,92	3,63	63,70	22,62	0,69
12	231	643,75	646,90	4,86	51,53	21,18	0,91
11	231	642,72	647,23	2,65	111,82	45,40	0,42
10	231	642,05	645,72	4,91	54,69	26,16	0,87
9	231	640,80	644,63	4,29	53,86	21,06	0,86
8	231	640,57	643,62	3,65	63,97	29,45	0,75
7	231	639,00	642,31	5,15	52,12	23,31	0,96
6	231	638,56	642,31	2,09	113,71	43,12	0,39
5	231	637,00	640,61	5,59	48,96	19,49	0,94
4	231	636,69	640,31	4,12	57,72	21,98	0,76
3	231	635,63	639,85	3,92	68,45	27,30	0,67
2	231	635,08	638,67	5,09	51,60	22,99	0,91
1	231	635,09	637,96	3,95	64,84	42,05	0,82



**Figura 4-6. Secciones de flujo para un caudal de 2 años de recurrencia en el Río Uramita**

**Tabla 4-7. Características de flujo para un caudal de 10 años de recurrencia en el Río Uramita**

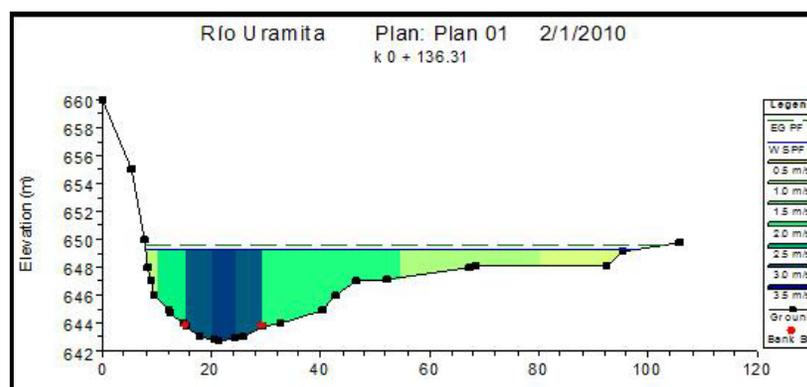
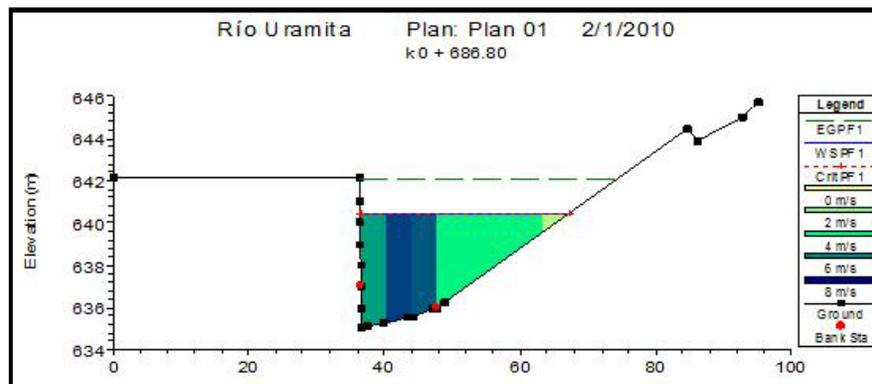
Sección No	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Área sección (m <sup>2</sup> )	Ancho Sección (m)	Número de Froude
14	465	645,33	649,60	5,64	82,40	25,76	1,01
13	465	644,64	649,70	4,43	105,07	23,87	0,67
12	465	643,75	648,29	6,31	82,81	24,13	0,97
11	465	642,72	648,92	3,05	227,27	86,69	0,40
10	465	642,05	647,30	5,68	105,51	37,99	0,83
9	465	640,80	645,86	5,68	84,07	29,20	0,95
8	465	640,57	645,20	4,26	114,54	33,85	0,68
7	465	639,00	643,63	6,44	84,25	25,23	0,99
6	465	638,56	644,28	2,42	206,49	52,87	0,35
5	465	637,00	642,38	6,56	90,15	26,66	0,91
4	465	636,69	640,76	7,12	67,84	22,58	1,23
3	465	635,63	641,24	5,20	110,71	33,59	0,75
2	465	635,08	640,12	6,15	89,55	29,41	0,91
1	465	635,09	638,35	6,52	82,07	46,66	1,25



**Figura 4-7. Secciones de flujo para un caudal de 10 años de recurrencia en el Río Uramita**

**Tabla 4-8. Características de flujo para un caudal de 50 años de recurrencia en el Río Uramita**

Sección No	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Área sección (m <sup>2</sup> )	Ancho Sección (m)	Número de Froude
645,33	649,92	5,84	90,75	26,43	1,01	645,33	649,92
644,64	650,09	4,63	114,35	24,19	0,68	644,64	650,09
643,75	648,67	6,52	92,33	25,20	0,96	643,75	648,67
642,72	649,29	3,04	260,27	90,38	0,39	642,72	649,29
642,05	647,61	5,91	117,42	40,27	0,84	642,05	647,61
640,80	646,23	5,82	95,36	32,13	0,93	640,80	646,23
640,57	645,59	4,38	127,96	34,59	0,67	640,57	645,59
639,00	643,97	6,69	92,70	25,77	0,99	639,00	643,97
638,56	644,73	2,50	230,60	55,70	0,34	638,56	644,73
637,00	642,75	6,79	100,37	28,05	0,91	637,00	642,75
636,69	641,89	5,99	94,02	24,04	0,90	636,69	641,89
635,63	641,52	5,52	120,25	35,15	0,77	635,63	641,52
635,08	640,45	6,36	99,49	30,87	0,91	635,08	640,45
635,09	639,18	5,15	124,68	55,21	0,87	635,09	639,18



**Figura 4-8. Secciones de flujo para un caudal de 50 años de recurrencia en el Río Uramita**

Como se puede ver, la velocidad de flujo aun para el caudal de diez años de retorno puede alcanzar valores superiores a los 2 m/s cerca de las orillas, circunstancia que, por otra parte, genera otro factor de amenaza representado en la socavación del lecho y la posible desestabilización de las margenes en las cuales se apoyan las construcciones.

#### **4.3.3 Quebrada La Encalichada**

La determinación de las características de flujo de los caudales de diferentes probabilidades de retorno se adelanto con ayuda del programa HEC RAS. El objetivo principal de este tipo de análisis fue la definición de los niveles de la superficie del agua y la velocidad del flujo para estos caudales, de manera que se pudiera establecer la existencia de amenaza a las comunidades asentadas en las orillas de la quebrada o en sus cercanías.

Para la aplicación del programa se requiere de información básica relacionada con la geometría de la sección de la quebrada transversal al flujo y la pendiente hidráulica de la misma. Adicionalmente, es indispensable la definición de la rugosidad del cauce y los valores de caudal para los cuales se requiere conocer las características antes citadas.

Dentro de este orden de ideas, se adelantaron levantamiento topográficos de detalle, que incluyeron la ejecución de nivelación de secciones espaciadas aproximadamente 50 m de la quebrada, la pendiente y las construcciones e infraestructura localizada en el área de interés.

La quebrada se caracteriza por tener una pendiente alta, al igual que su rugosidad, constituida por gravas gruesas y cantos rodados de diámetro variable entre 0,10 y 0,80 m. El valor de la rugosidad se obtuvo de la aplicación de la guía dada para tal fin por Harry Barnes. El valor seleccionado fue 0,053.

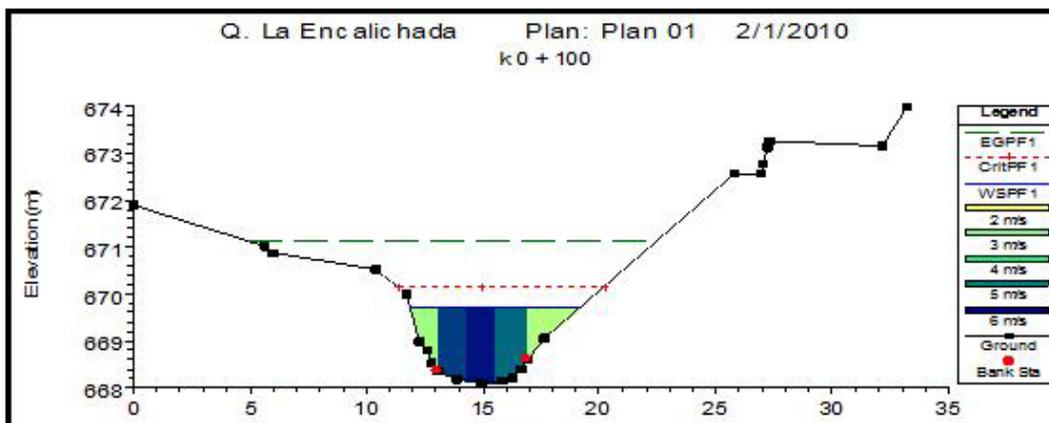
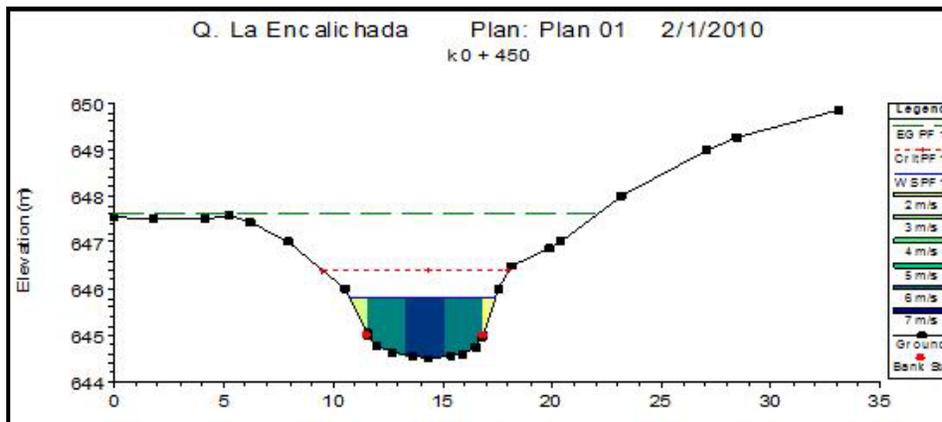
De la aplicación de esta información al modelo se obtuvo información interesante desde el punto de vista de las características del flujo y su influencia sobre las construcciones localizadas en inmediaciones de las orillas de la quebrada

Como se puede observar en la Tabla 4-9, Tabla 4-10 y Tabla 4-11, así como en la Figura 4-9, Figura 4-10 y Figura 4-11, en las que se presentan las secciones de flujo y las características de este, no se presentan desbordamientos como tales, pero los niveles del agua aun para caudales de recurrencia de diez años interesan la parte de las viviendas que colindan con la orilla del curso de agua.

El nivel de las aguas para el caudal de dos años de recurrencia varia desde 631 msnm en la parte baja, es decir cerca del puente sobre la vía a Apartado, hasta 677,5 msnm a aproximadamente 600 m aguas arriba de esta. Para los caudales de diez y cincuenta años de retorno, los niveles en estos mismos sectores varia entre 632 y 677 msnm. La poca variación del nivel de la corriente para los caudales analizados, se debe a la gran pendiente de la quebrada que se traduce en flujo de alta velocidad. En efecto, en los Cuadros de características del flujo se puede observar que se presentan velocidades medias de siete metros por segundo y mayores, generándose flujo supercrítico en todo el tramo.

**Tabla 4-9. Características de flujo para un caudal de 2 años de recurrencia la Quebrada La Encalichada**

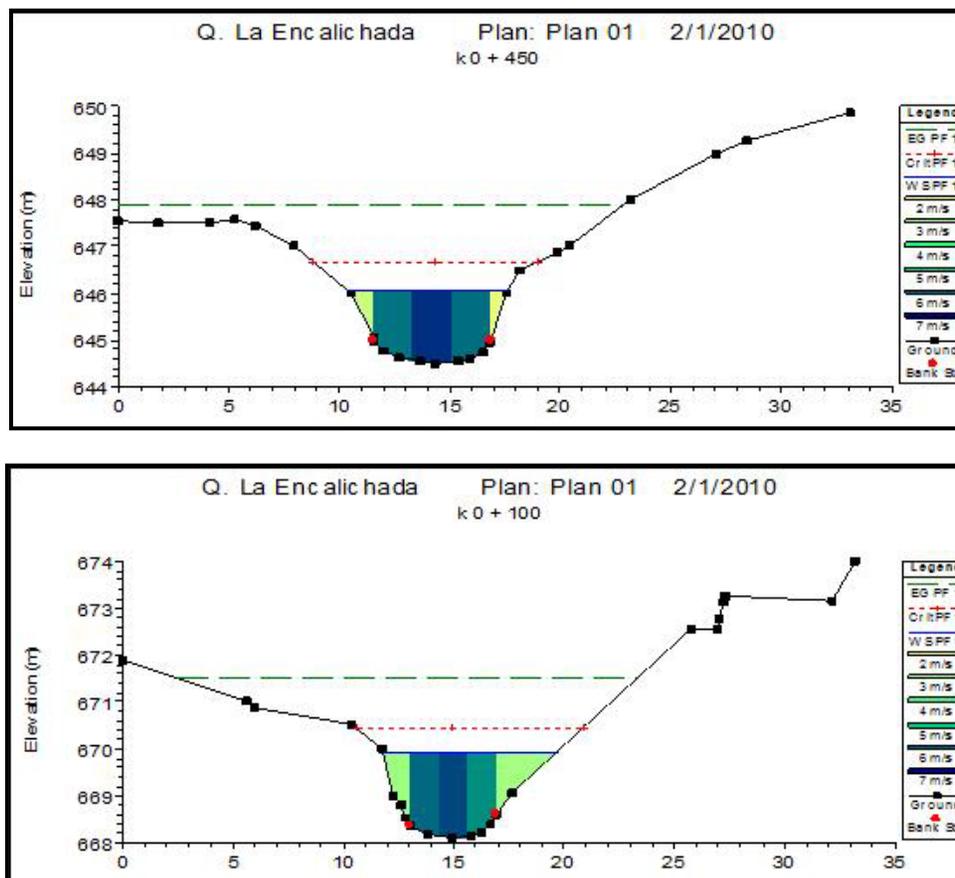
Sección No	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Área sección (m <sup>2</sup> )	Ancho Sección (m)	Número de Froude
12	38,3	676,63	677,66	5,24	7,59	8,87	1,71
11	38,3	672,03	673,15	5,14	7,48	9,46	1,80
10	38,3	668,10	669,72	5,53	8,04	7,32	1,43
9	38,3	664,95	666,69	5,17	7,94	11,38	1,55
8	38,3	662,12	663,88	4,34	9,17	9,49	1,24
7	38,3	658,60	659,94	6,18	7,08	7,34	1,76
6	38,3	655,11	656,39	5,22	7,62	8,75	1,59
5	38,3	651,30	652,21	4,84	8,06	12,40	1,79
4	38,3	647,70	649,30	5,02	9,47	9,81	1,30
3	38,3	644,50	645,81	6,01	6,72	6,67	1,77
2	38,3	637,79	639,08	8,31	5,17	5,20	2,39
1	38,3	630,80	631,74	5,09	7,53	17,24	2,46



**Figura 4-9. Secciones de flujo para un caudal de 2 años de recurrencia en la Quebrada La Encalichada**

**Tabla 4-10. Características de flujo para un caudal de 10 años de recurrencia la Quebrada La Encalichada**

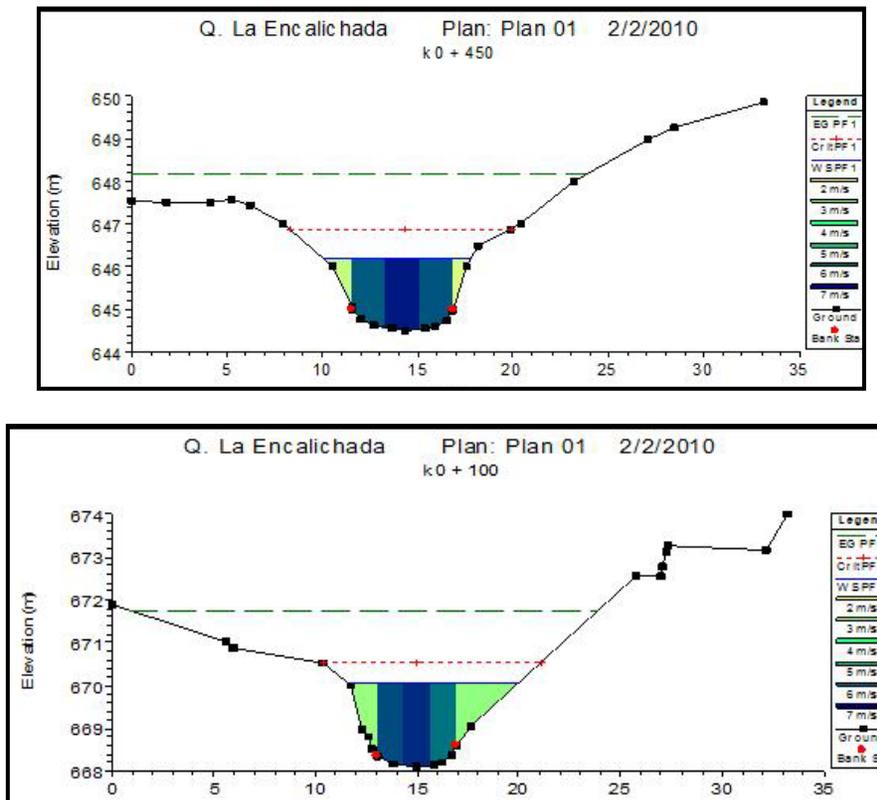
Sección No	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Área sección (m <sup>2</sup> )	Ancho Sección (m)	Número de Froude
12	48,1	676,63	677,79	5,72	8,81	9,18	1,74
11	48,1	672,03	673,27	5,63	8,64	9,89	1,84
10	48,1	668,10	669,92	5,97	9,53	7,87	1,45
9	48,1	664,95	666,81	5,67	9,53	13,66	1,61
8	48,1	662,12	664,08	4,49	11,87	16,70	1,25
7	48,1	658,60	660,14	6,51	8,65	8,18	1,72
6	48,1	655,11	656,51	5,83	8,72	9,44	1,69
5	48,1	651,30	652,33	5,22	9,53	13,41	1,80
4	48,1	647,70	649,32	5,28	10,56	10,00	1,36
3	48,1	644,50	646,06	6,13	8,44	7,23	1,64
2	48,1	637,79	639,23	9,14	5,98	5,43	2,48
1	48,1	630,80	631,80	5,49	8,76	18,63	2,55



**Figura 4-10. Secciones de flujo para un caudal de 10 años de recurrencia en la Quebrada La Encalichada**

**Tabla 4-11. Características de flujo para un caudal de 50 años de recurrencia la Quebrada La Encalichada**

Sección No	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Cota fondo (m)	Cota sup agua (m)	Vel flujo (m/s)	Área sección (m <sup>2</sup> )	Ancho Sección (m)	Número de Froude
12	55,20	676,63	677,88	6,03	9,65	9,38	1,77
11	55,20	672,03	673,35	5,94	9,44	10,18	1,87
10	55,20	668,10	670,05	6,25	10,60	8,36	1,47
9	55,20	664,95	666,88	6,00	10,54	14,07	1,66
8	55,20	662,12	664,17	4,69	13,40	17,52	1,26
7	55,20	658,60	660,32	6,74	10,46	12,39	1,68
6	55,20	655,11	656,57	6,29	9,35	9,81	1,77
5	55,20	651,30	652,41	5,43	10,64	14,13	1,78
4	55,20	647,70	649,43	5,56	11,68	10,18	1,39
3	55,20	644,50	646,20	6,36	9,46	7,74	1,63
2	55,20	637,79	639,35	9,53	6,65	5,61	2,48
1	55,20	630,80	631,84	5,84	9,46	19,36	2,67



**Figura 4-11. Secciones de flujo para un caudal de 50 años de recurrencia en la Quebrada La Encalichada**

#### 4.3.4 Categorización de la Amenaza

Como se explico anteriormente se considera inundación a partir del desborde del nivel de agua que es conducida por el cauce hacia las zonas adyacentes (llanuras de inundación). Para delinear espacialmente la llanura de inundación del Río Sucio se usó el software HEC-RAS que permitió establecer para cada sección de análisis las cotas que alcanza el nivel de agua para los diferentes periodos de retorno calculados en el numeral anterior.

Los datos de nivel de agua, fueron localizados en el plano topográfico para generar las curvas de nivel de inundación para cada periodo de retorno. En el caso del río Sucio, el Río Uramita y la Quebrada La Encalichada se trazaron las curvas de inundación para los Tr de 25 y 50 años, que registraron desborde del cauce en algunos sectores de la población de Uramita y que se muestran en el plano C-4 del Anexo C.

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, es importante recordar que la probabilidad de ocurrencia es función del periodo de retorno. Para el río Sucio, las crecientes que generan algunos desbordamientos son las correspondientes a los periodos de retorno de 25 y 50 años, que corresponden a probabilidades de ocurrencia de 0.04 y 0.02, que se consideran relativamente bajas, es decir que los eventos de inundación no son tan frecuentes en la población de Uramita.

Para efectos de la categorización de la amenaza, la zona inundable con Tr de 25 años se define como amenaza media, mientras la zona de inundación para el Tr de 50 años se define como baja, finalmente se considera como amenaza alta los periodos de retorno menores a 25 años.

**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 Uramita, 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 4-12.

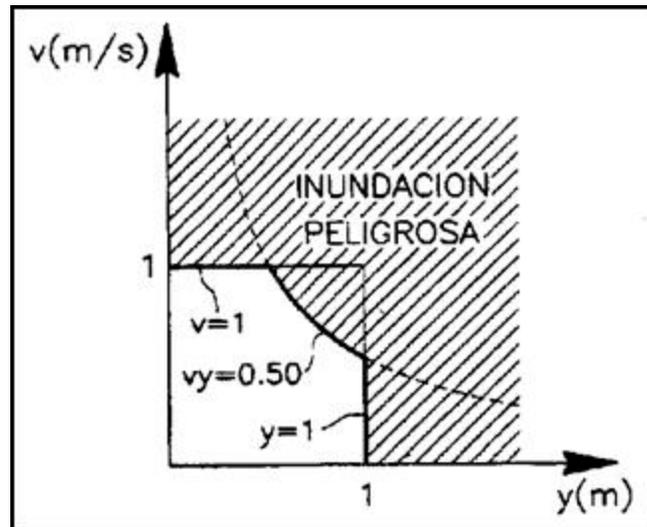


Figura 4-12. Criterio de Inundación Peligrosa

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:

Tabla 4-12. Matriz de intensidad del evento, parámetros hidráulicos altura y velocidad de flujo

Categoría	Símbolo	Altura de flujo $y$ (m)	Velocidad de flujo $v$ (m)
Baja	B	$y < 1$	$v < 1$
Alta	A	$y > 2$	$v > 1$

Tabla 4-13. Matriz de intensidad del evento del producto de los parámetros hidráulicos velocidad ( $v$ ) y altura de flujo ( $y$ )

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

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

**Tabla 4-14. 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 de Turbo, que se muestran en el mapa de amenaza por Inundación del Anexo F.

**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  $Tr < 25$  años, alturas de agua mayores a 1 m o las velocidades del flujo mayores a  $1 \text{ m/s}^2$ . En zona de amenaza alta por inundación se encuentra las terrazas bajas de los diferentes barrios de la zona urbana del municipio, de acuerdo con lo que se muestra en el Anexo F plano F-2.

**Amenaza media por inundación:** Es la zona de la llanura de inundación donde las crecientes presentan periodos de retorno  $25 \leq Tr < 50$  años, las alturas de agua son menores a 1 m o las velocidades de flujo menores a  $1 \text{ m/s}^2$ . En zona de amenaza media por inundación se encuentra la terraza media en la margen izquierda del Río Uramita de acuerdo con lo que se muestra en el Anexo F plano F-2.

**Amenaza baja por inundación:** Esta zona de la llanura de inundación se caracteriza por una rara ocurrencia de crecientes, con periodos de retorno igual o mayor a  $Tr \geq 50$  años. Las alturas de agua son menores a 50 cm o las velocidades de flujo menores a  $0.50 \text{ m/s}^2$ . En zona de amenaza baja por inundación se encuentra las terrazas medias y altas de los diferentes barrios de la zona urbana del municipio, de acuerdo con lo que se muestra en el Anexo F plano F-2.

## 4.4 SOCAVACIÓN

### 4.4.1 Río Sucio

Un número significativo de construcciones dedicadas a la vivienda y al comercio de la población se encuentran construidas en la misma orilla del río, por lo que se hace necesario, habida cuenta de la existencia de procesos naturales de ataque del río a las orillas, en particular a la que se localiza en el lado externo de curvas, como es el caso de Uramita, adelantar análisis sobre las características cuantitativas de los procesos de socavación que se generan durante el paso de caudales de cierta magnitud.

La cuantificación de los procesos de socavación se adelanto de manera separada para los dos tramos del río definidos por la desembocadura de las quebradas La Encalichada y Uramita, al igual que los análisis sobre los niveles de crecida del río.

En ambos casos se empleo la metodología desarrollada por Antonio Maza Álvarez para cuantificación de procesos de socavación en cauces aluviales. Esta propone determinar la socavación en varias verticales a lo largo de la sección de flujo mediante la formula:

$$H_s = ( (\alpha^* (H_o)^{2/3})^K / (0.68*\beta*\varphi*d_{84}^{0.28}) )^K$$

Formula en la cual  $H_s$  es la profundidad del fondo socavado de la corriente ;  $H_o$  es la profundidad del fondo antes de socavarse;  $\beta$  es un factor cuyo valor depende del periodo de recurrencia del caudal y esta dada por la expresión

$$\beta = 0.8416 + 0.03342 \ln (Tr)$$

$\varphi$  es un factor que es función del peso específico de la mezcla agua- sedimento, tomado en este caso igual a 1,0;  $d_{84}$  es el diámetro de las partículas del lecho de las cuales el 84 % es de menor diámetro que esta,  $\alpha = (s^{1/2})/n$  donde  $s$  es la pendiente hidráulica y  $n$  la rugosidad del lecho,  $K$  es un exponente función del diámetro representativo de las partículas que conforman el lecho en nuestro análisis  $s=1,08$  y  $n = 0,056$ . Para nuestro caso se tomaron  $d_{84}= 20$  cm;  $\beta= 0.86$  y  $0,97$  para dos y cincuenta años, respectivamente

$$K = (d_{84})^{0.189} / (0.191 + (d_{84})^{0.187})$$

*Tramo de aguas arriba:* Con base en las secciones de flujo obtenidas del análisis con el programa HEC RAS para determinación del nivel y velocidad del flujo en el tramo, se determinaron las profundidades en abscisas cercanas a la orilla derecha de la corriente. La distancia a esta a la cual se inicio el calculo de la socavación nunca fue menor de 10 m y llego hasta la misma orilla del río.

De la aplicación de la formula antes citada se obtuvieron los valores de socavación del lecho para los caudales de dos y cincuenta años de retorno. Los valores obtenidos se muestran en los cuadros siguientes.

**Tabla 4-15. Valores de socavación para 2 años de recurrencia en el Río Sucio aguas arriba de la desembocadura del Río Uramita**

SECCION 36 K1+100						
Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
27.12	637.64	634.92	2.72	2.93	0.21	634.71
29.75	637.64	635.34	2.30	2.34	0.00	635.34
32.96	637.64	636.00	1.64	1.49	0.00	636.00
40.56	637.64	637.00	0.64	0.42	0.00	637.00
44.14	637.64	637.64	0.00	0.00	0.00	637.64

SECCION 37 K1+050						
Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
40.12	637.78	636.34	1.44	1.25	0.00	636.34
42.65	637.78	636.40	1.38	1.18	0.00	636.40
44.87	637.78	636.72	1.06	0.83	0.00	636.72
45.67	637.78	636.98	0.80	0.57	0.00	636.98
47.94	637.78	637.78	0.00	0.00	0.00	637.78

**SECCION 38 K1+000**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
108.07	638.56	636.75	1.81	1.70	0.00	636.75
113.93	638.56	637.06	1.50	1.32	0.00	637.06
116.86	638.56	637.40	1.16	0.94	0.00	637.40
118.88	638.56	637.70	0.86	0.63	0.00	637.70
120.59	638.56	638.56	0.00	0.00	0.00	638.56

**SECCION 40 K0+900**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
135.45	639.73	637.61	2.12	2.10	0.00	637.61
140.49	639.73	638.00	1.73	1.60	0.00	638.00
144.10	639.73	639.00	0.73	0.50	0.00	639.00
145.15	639.73	639.73	0.00	0.00	0.00	639.73
135.45	639.73	637.61	2.12	2.10	0.00	637.61

**SECCION 41 K0+850**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
147.51	640.13	637.49	2.64	2.81	0.00	637.49
150.08	640.13	638.00	2.13	2.11	0.00	638.00
151.08	640.13	638.53	1.60	1.44	0.00	638.53
152.25	640.13	639.16	0.97	0.74	0.00	639.16
153.80	640.13	640.13	0.00	0.00	0.00	640.13

**SECCION 42 K0+800**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
146.11	640.36	638.69	1.67	1.53	0.00	638.69
148.18	640.36	639.00	1.36	1.16	0.00	639.00
150.33	640.36	639.40	0.96	0.73	0.00	639.40
153.75	640.36	640.07	0.29	0.15	0.00	640.07
154.50	640.36	640.36	0.00	0.00	0.00	640.36

**SECCION 44 K0+700**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
107.95	641.65	640.00	1.65	1.50	0.00	640.00
111.48	641.65	640.43	1.22	1.00	0.00	640.43
113.76	641.65	641.08	0.57	0.36	0.00	641.08
118.04	641.65	641.65	0.00	0.00	0.00	641.65

**SECCION 51 K0+350**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
84.61	644.56	643.00	1.56	1.39	0.00	643.00
98.71	644.56	643.36	1.20	0.98	0.00	643.36
87.66	644.56	644.00	0.56	0.35	0.00	644.00
88.49	644.56	644.56	0.00	0.00	0.00	644.56

**Tabla 4-16. Valores de socavación para 50 años de recurrencia en el Río Sucio aguas arriba de la desembocadura del Río Uramita**

**SECCION 34 K1+200**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
36.60	637.06	635.31	1.75	1.48	0.00	635.31
44.14	637.06	635.54	1.52	1.22	0.00	635.54
47.90	637.06	635.70	1.36	1.06	0.00	635.70
49.95	637.06	635.99	1.07	0.77	0.00	635.99
53.08	637.06	637.06	0.00	0.00	0.00	637.06

**SECCION 35 K1+150**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
22.74	637.91	635.28	2.63	2.55	0.00	635.28
2.6.80	637.91	635.94	1.97	1.73	0.00	635.94
40.78	637.91	637.09	0.82	0.54	0.00	637.09
41.87	637.91	637.56	0.35	0.17	0.00	637.56
42.67	637.91	637.91	0.00	0.00	0.00	637.91

**SECCION 37 K1+050**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
40.12	638.19	636.34	1.85	1.59	0.00	636.34
42.65	638.19	636.40	1.79	1.52	0.00	636.40
44.87	638.19	636.72	1.47	1.17	0.00	636.72
49.86	638.19	638.19	0.00	0.00	0.00	638.19

**SECCION 42 K0+800**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
146.11	640.74	638.69	2.05	1.83	0.00	638.69
148.18	640.74	639.00	1.74	1.47	0.00	639.00
153.58	640.74	640.00	0.74	0.47	0.00	640.00
155.46	640.74	640.74	0.00	0.00	0.00	640.74

**SECCION 49 K0+450**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
67.82	643.94	642.00	1.94	1.70	0.00	642.00
77.26	643.94	642.80	1.14	0.83	0.00	642.80
79.62	643.94	643.00	0.94	0.64	0.00	643.00
85.39	643.94	643.94	0.00	0.00	0.00	643.94

De la observación de los resultados anteriores se deduce que no existen procesos de socavación significativos cerca de la orilla derecha del río Sucio generados por caudales de dos y cincuenta años de recurrencia.

*Tramo de aguas abajo:* El tramo de aguas abajo difiere del anterior denominado de aguas arriba de la desembocadura de las quebradas en dos aspectos fundamentalmente: el caudal que fluye por el es de mayor magnitud que el de aguas arriba; por otra parte, la pendiente es mayor y la sección de flujo en toda la longitud es mas profunda que la de aguas arriba con respecto a la cota de la parte alta del barranco que conforma las orillas. De los análisis hidráulicos a que se hizo referencia antes se deduce que la velocidad de flujo es mucho mayor para el tramo de aguas abajo. Las características de este tramo lo hacen mas propicio a desarrollar procesos de socavación y de ataque a las orillas que eventualmente podrían traducirse en amenaza para las edificaciones cercanas a las orillas.

Los cálculos se adelantaron con base en la formula descrita antes, con los valores siguientes:

$$S = 1,16 \% ; \alpha = 1,92 ; d_{84} = 20 \text{ cm} ; \beta = 0,97$$

para obtener la expresión simplificada aplicable a caudales de cincuenta años de retorno

$$H_s = ((0,66 * (H_o)^{1,67})^{0,80}$$

Los valores de socavacion obtenidos se aprecian en la Tabla 4-17.

**Tabla 4-17. Valores de socavación para 50 años de recurrencia en el Río Sucio aguas abajo de la desembocadura del Río Uramita**

**SECCION 1 K2+850**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
41.28	619.91	615.00	4.91	6.01	1.10	613.90
45.27	619.91	615.96	3.95	4.49	0.54	615.42
45.86	619.91	617.00	2.91	2.99	0.08	616.92
47.87	619.91	619.12	0.79	0.52	0.00	619.12
49.12	619.91	619.91	0.00	0.00	0.00	619.91

**SECCION 3 K2+750**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
38.47	620.37	616.00	4.37	5.14	0.77	615.23
46.38	620.37	616.82	3.55	3.90	0.35	616.47
51.39	620.37	618.00	2.37	2.27	0.00	618.00
52.62	620.37	620.37	0.00	0.00	0.00	620.37

**SECCION 6 K2+600**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
84.91	623.77	617.00	6.77	9.23	2.46	614.54
88.56	623.77	619.00	4.77	5.78	1.01	617.99
91.69	623.77	621.58	2.19	2.04	0.00	621.58
95.68	623.77	623.77	0.00	0.00	0.00	623.77

**SECCION 8 K2+500**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
120.53	624.15	618.46	5.69	7.32	1.63	616.83
127.96	624.15	619.00	5.15	6.41	1.26	617.74
129.24	624.15	621.00	3.15	3.32	0.17	620.83
131.01	624.15	624.15	0.00	0.00	0.00	624.15

**SECCION 10 K2+400**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
137.38	625.07	619.00	6.07	7.98	1.91	617.09
144.22	625.07	620.00	5.07	6.27	1.20	618.80
147.05	625.07	622.00	3.07	3.21	0.14	621.86
148.56	625.07	623.95	1.12	0.83	0.00	623.95
149.42	625.07	625.07	0.00	0.00	0.00	625.07

**SECCION 12 K2+300**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
54.95	626.30	621.00	5.30	6.66	1.36	619.64
59.17	626.30	621.85	4.45	5.27	0.82	621.03
61.50	626.30	623.00	3.30	3.53	0.23	622.77
65.06	626.30	624.73	1.57	1.31	0.00	624.73
69.94	626.30	626.30	0.00	0.00	0.00	626.30

**SECCION 16 K2+100**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
45.83	628.62	623.00	5.62	7.20	1.58	621.42
50.16	628.62	625.00	3.62	4.00	0.38	624.62
53.46	628.62	627.00	1.62	1.37	0.00	627.25
56.30	628.62	628.62	0.00	0.00	0.00	628.62

**SECCION 18 K2+000**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
49.64	629.07	624.00	5.07	6.27	1.20	622.80
51.25	629.07	624.61	4.46	5.29	0.83	623.78
54.24	629.07	626.00	3.07	3.21	0.14	625.86
56.48	629.07	627.00	2.07	1.90	0.00	627.00
60.88	629.07	629.07	0.00	0.00	0.00	629.07

**SECCION 20 K1+900**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
56.11	630.19	624.00	6.19	8.19	2.00	622.00
62.60	630.19	625.00	5.19	6.47	1.28	623.72
67.99	630.19	626.00	4.19	4.86	0.67	625.33
70.74	630.19	628.57	1.62	1.37	0.00	628.57
72.01	630.19	630.19	0.00	0.00	0.00	630.19

**SECCION 22 K1+800**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
48.05	630.54	626.00	4.54	5.41	0.87	625.13
49.40	630.54	626.78	3.76	4.21	0.45	626.33
56.51	630.54	628.00	2.54	2.49	0.00	628.00
57.21	630.54	629.00	1.54	1.28	0.00	629.00
58.78	630.54	630.54	0.00	0.00	0.00	630.54

**SECCION 24 K1+700**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
51.85	632.53	628.00	4.53	5.40	0.87	627.13
53.79	632.53	629.00	3.53	3.87	0.34	628.66
55.41	632.53	630.00	2.53	2.48	0.00	630.00
58.73	632.53	631.00	1.53	1.27	0.00	631.00
61.85	632.53	632.53	0.00	0.00	0.00	632.53

**SECCION 28 K1+500**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
39.70	636.35	631.00	5.35	6.74	1.39	629.61
43.78	636.35	633.00	3.35	3.61	0.26	632.74
44.40	636.35	634.00	2.35	2.25	0.00	634.00
45.76	636.35	635.00	1.35	1.07	0.00	635.00
48.27	636.35	636.35	0.00	0.00	0.00	636.35

**SECCION 30 K1+400**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
74.70	639.26	633.36	5.90	7.68	1.78	631.58
88.90	639.26	633.85	5.41	6.84	1.43	632.42
93.29	639.26	634.00	5.26	6.59	1.33	632.67
104.00	639.26	635.00	4.26	4.97	0.71	634.29
107.56	639.26	637.00	2.26	2.13	0.00	637.00
111.34	639.26	639.26	0.00	0.00	0.00	639.26

**SECCION 32 K1+300**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
66.90	639.69	633.58	6.11	8.05	1.94	631.64
75.51	639.69	634.00	5.69	7.32	1.63	632.37
79.96	639.69	635.00	4.69	5.65	0.96	634.04
81.71	639.69	636.00	3.69	4.10	0.41	635.59
87.01	639.69	637.32	2.37	2.27	0.00	637.32
89.72	639.69	639.69	0.00	0.00	0.00	639.69

De manera similar se adelantaron los cálculos para recurrencia de diez y dos años. Para estos casos, respectivamente, la expresión tomo la siguiente forma

$$H_s = (0,70 * (H_o)^{1.67})^{0.80}$$

$$H_s = (0,74 * (H_o)^{1.67})^{0.80}$$

Los valores obtenidos para varias secciones a lo largo del tramo, para uno y otro periodos de recurrencia se presentan en la Tabla 4-18.

**Tabla 4-18. Valores de socavación para 10 años de recurrencia en el Río Sucio aguas abajo de la desembocadura del Río Uramita**

**SECCION 1 K2+850**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
41.28	619.48	615.00	4.48	5.57	1.09	613.91
45.27	619.48	615.96	3.52	4.04	0.52	615.44
45.86	619.48	617.00	2.48	2.53	0.05	616.95
47.87	619.48	619.12	0.36	0.19	0.00	619.12
48.44	619.48	619.48	0.00	0.00	0.00	619.48
41.28	619.48	615.00	4.48	5.57	1.09	613.91

**SECCION 3 K2+750**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
38.47	619.67	616.00	3.67	4.27	0.60	615.40
46.38	619.67	616.82	2.85	3.05	0.20	616.62
51.39	619.67	618.00	1.67	1.49	0.00	618.00
52.21	619.67	619.67	0.00	0.00	0.00	619.67

**SECCION 6 K2+600**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
84.91	623.28	617.00	6.28	8.75	2.47	614.53
88.56	623.28	619.00	4.28	5.24	0.96	618.04
91.69	623.28	621.58	1.70	1.53	0.00	621.58
94.67	623.28	623.28	0.00	0.00	0.00	623.28

**SECCION 8 K2+500**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
120.53	623.66	618.46	5.20	6.80	1.60	616.86
127.96	623.66	619.00	4.66	5.88	1.22	617.78
129.24	623.66	621.00	2.66	2.78	0.12	620.88
131.01	623.66	623.66	0.00	0.00	0.00	623.66

**SECCION 10 K2+400**

Abcisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
137.38	624.56	619.00	5.56	7.44	1.88	617.12
144.22	624.56	620.00	4.56	5.71	1.15	618.85
147.05	624.56	622.00	2.56	2.64	0.08	621.92
148.56	624.56	623.95	0.61	0.39	0.00	623.95
149.42	624.56	624.56	0.00	0.00	0.00	624.56

**SECCION 2 K2+300**

Abcisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
54.95	625.69	621.00	4.69	5.93	1.24	619.76
59.17	625.69	621.85	3.84	4.54	0.70	621.15
61.50	625.69	623.00	2.69	2.82	0.13	622.87
65.06	625.69	624.73	0.96	0.71	0.00	624.73
68.24	625.69	625.69	0.00	0.00	0.00	625.69

**SECCION 16 K2+100**

Abcisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
45.83	627.97	623.00	4.97	6.40	1.43	621.57
50.16	627.97	625.00	2.97	3.22	0.25	624.75
53.46	627.97	627.00	0.97	0.72	0.00	627.00
56.15	627.97	627.97	0.00	0.00	0.00	627.97

**SECCION 18 K2+000**

Abcisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
49.64	628.48	624.00	4.48	5.57	1.09	622.91
51.25	628.48	624.61	3.87	4.58	0.71	623.90
54.24	628.48	626.00	2.48	2.53	0.05	625.95
56.48	628.48	627.00	1.48	1.27	0.00	627.00
59.66	628.48	628.48	0.00	0.00	0.00	628.48

**SECCION 20 K1+900**

Abcisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
56.11	629.60	624.00	5.60	7.51	1.91	622.09
62.60	629.60	625.00	4.60	5.77	1.17	623.83
67.99	629.60	626.00	3.60	4.16	0.56	625.44
70.74	629.60	628.57	1.03	0.78	0.00	628.57
71.57	629.60	629.60	0.00	0.00	0.00	629.60

**SECCION 24 K1+700**

Abcisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
51.85	632.04	628.00	4.04	4.86	0.82	627.18
53.79	632.04	629.00	3.04	3.32	0.28	628.72
55.41	632.04	630.00	2.04	1.95	0.00	630.00
58.73	632.04	631.00	1.04	0.79	0.00	631.00
61.03	632.04	632.04	0.00	0.00	0.00	632.04

**SECCION 28 K1+500**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
39.70	635.83	631.00	4.83	6.16	1.33	629.67
43.78	635.83	633.00	2.83	3.02	0.19	632.81
44.40	635.83	634.00	1.83	1.69	0.00	634.00
45.76	635.83	635.00	0.83	0.59	0.00	635.00
47.40	635.83	635.83	0.00	0.00	0.00	635.83

**SECCION 30 K1+400**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
74.70	638.37	633.36	5.01	6.47	1.46	631.90
88.90	638.37	633.85	4.52	5.64	1.12	632.73
93.29	638.37	634.00	4.37	5.39	1.02	632.98
104.00	638.37	635.00	3.37	3.81	0.44	634.56
107.56	638.37	637.00	1.37	1.14	0.00	637.00
109.81	638.37	638.37	0.00	0.00	0.00	638.37

**SECCION 32 K1+300**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
66.90	638.67	633.58	5.09	6.31	1.22	632.36
75.51	638.67	634.00	4.67	5.62	0.95	633.05
79.96	638.67	635.00	3.67	4.07	0.40	634.60
81.71	638.67	636.00	2.67	2.66	0.00	636.00
87.01	638.67	637.32	1.35	1.07	0.00	637.32
88.81	638.67	638.67	0.00	0.00	0.00	638.67

**Tabla 4-19. Valores de socavación para 2 años de recurrencia en el Río Sucio aguas abajo de la desembocadura del Río Uramita**

**SECCION 1 K2+850**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
41.28	618.31	615.00	3.31	3.89	0.58	614.42
45.27	618.31	615.96	2.35	2.46	0.11	615.85
45.86	618.31	617.00	1.31	1.13	0.00	617.00
47.09	618.31	618.31	0.00	0.00	0.00	618.31

**SECCION 3 K2+750**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
38.47	619.18	616.00	3.18	3.69	0.51	615.49
46.38	619.18	616.82	2.36	2.48	0.12	616.70
51.39	619.18	619.18	0.00	0.00	0.00	619.18

**SECCION 6 K2+600**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
84.91	621.69	617.00	4.69	6.20	1.51	615.49
88.56	621.69	619.00	2.69	2.95	0.26	618.74
91.85	621.69	621.69	0.00	0.00	0.00	621.69

**SECCION 8 K2+500**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
120.53	622.08	618.46	3.62	4.38	0.76	617.70
127.96	622.08	619.00	3.08	3.53	0.45	618.55
129.87	622.08	622.08	0.00	0.00	0.00	622.08

**SECCION 10 K2+400**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
137.38	623.11	619.00	4.11	5.19	1.08	617.92
144.22	623.11	620.00	3.11	3.58	0.47	619.53
147.87	623.11	623.11	0.00	0.00	0.00	623.11

**SECCION 12 K2+300**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
54.95	624.05	621.00	3.05	3.49	0.44	620.56
59.17	624.05	621.85	2.20	2.25	0.05	621.80
61.50	624.05	623.00	1.05	0.84	0.00	623.00
63.15	624.05	624.05	0.00	0.00	0.00	624.05

**SECCION 16 K2+100**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
45.83	626.19	623.00	3.19	3.70	0.51	622.49
50.16	626.19	625.00	1.19	0.99	0.00	625.00
51.64	626.19	626.19	0.00	0.00	0.00	626.19

**SECCION 18 K2+000**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
49.64	626.96	624.00	2.96	3.35	0.39	623.61
51.25	626.96	624.61	2.35	2.46	0.11	624.50
54.24	626.96	626.00	0.96	0.74	0.00	626.00
56.38	626.96	626.96	0.00	0.00	0.00	626.96

**SECCION 20 K1+900**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
56.11	628.02	624.00	4.02	5.04	1.02	622.98
62.60	628.02	625.00	3.02	3.44	0.42	624.58
67.99	628.02	626.00	2.02	2.01	0.00	626.00
70.27	628.02	628.02	0.00	0.00	0.00	628.02

**SECCION 24 K1+700**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
51.85	631.04	628.00	3.04	3.47	0.43	627.57
53.79	631.04	629.00	2.04	2.04	0.00	629.00
55.41	631.04	630.00	1.04	0.83	0.00	630.00
58.33	631.04	631.04	0.00	0.00	0.00	631.04

**SECCION 28 K1+500**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
39.70	634.36	631.00	3.36	3.97	0.61	630.39
43.78	634.36	633.00	1.36	1.19	0.00	633.00
44.40	634.36	634.00	0.36	0.20	0.00	634.00
44.90	634.36	634.36	0.00	0.00	0.00	634.36

**SECCION 30 K1+400**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
74.70	636.62	633.36	3.26	3.81	0.55	632.81
88.90	636.62	633.85	2.77	3.07	0.30	633.55
93.29	636.62	634.00	2.62	2.85	0.23	633.77
104.00	636.62	635.00	1.62	1.50	0.00	635.00
106.68	636.62	636.62	0.00	0.00	0.00	636.62

**SECCION 32 K1+300**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
66.90	637.25	633.58	3.67	4.46	0.79	632.79
75.51	637.25	634.00	3.25	3.80	0.55	633.45
79.96	637.25	635.00	2.25	2.32	0.07	634.93
81.71	637.25	636.00	1.25	1.06	0.00	636.00
86.89	637.25	637.25	0.00	0.00	0.00	637.25

Como se puede observar en la Tabla 4-18y en laTabla 4-19, para caudales de recurrencia de dos años la socavación del lecho a menos de cinco (5 )metros de distancia de la orilla derecha es menor a 0,30 m, cuando la misma tiene ocurrencia. Por tanto, no existe amenaza alta por esta razón en el tramo de aguas debajo de la desembocadura de las quebradas.

Al examinar lo que ocurre con el proceso de socavación originado por el paso de caudales de diez años de periodo de retorno, se hace evidente el hecho de que se presentan valores que superan los 0,50 m de profundidad a menos de cinco metros de distancia de la orilla, lo cual significa que puede darse el caso de que edificaciones que se localizan muy cerca de la orilla del río y tienen cimentaciones poco profundas puedan ser afectadas por los procesos generados por los caudales de avenidas de retorno de diez años, si eventualmente los suelos de la orilla pudieran perder estabilidad por la profundización del lecho ubicado en sus vecindades.

Una situación similar a la anterior, pero con procesos de socavación de mayor profundidad se presentaría durante el paso de caudales de cincuenta años de retorno en algunos tramos de corta longitud en los cuales, dado el estrechamiento de la sección de flujo e incrementos en la pendiente local del lecho, la velocidad del flujo se incrementa de manera considerable, hasta alcanzar valores de 4,0 m/s.

En la Tabla 4-20 y en la Tabla 4-21 se presentan los valores de socavación y las distancias correspondientes a la orilla derecha, para varias secciones de flujo, y caudales de recurrencias de diez y cincuenta años.

**Tabla 4-20. Distancias desde la orilla y valores de socavación para algunas secciones del Río Sucio aguas abajo de la desembocadura del Río Uramita para Tr 50 años**

Abscisa	K 2+850	K2+600	K2+500	K2+300	K1+900	K1+500	K1+400	K1+300
Distancia (m)	7.84	10.77	10.48	14.99	15.90	8.57	36.64	22.82
	3.85	7.12	3.05	10.77	9.41	4.49	22.44	14.21
Socavación (m)		3.99	1.77	8.44	4.02	3.87	18.05	9.76
					1.27		7.34	8.01
					0.00		0.71	0.41
Socavación (m)		0.00	0.17	0.23	0.67	0.00	1.33	0.90
	0.54	1.01	1.26	0.82	1.28	0.26	1.43	1.63
	1.10	2.46	1.63	1.36	2.00	1.39	1.78	1.94

**Tabla 4-21. Distancias desde la orilla y valores de socavación para algunas secciones del Río Sucio aguas abajo de la desembocadura del Río Uramita para Tr 10 años**

Abscisa	K 2+850	K2+600	K2+500	K2+300	K1+900	K1+500	K1+400	K1+300
Distancia (m)	7.16	9.76	10.48	11.54	15.46	7.70	35.11	21.91
	3.17	6.11	3.05	5.20	8.97	3.62	16.52	13.30
	1.25	2.98	1.77	3.18	3.58		5.81	8.85
Socavación (m)	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.19	0.00	0.40
	0.52	0.96	1.22	1.15	0.56	1.33	0.44	0.95
	1.09	2.47	1.60	1.38	1.17		1.02	1.22
					1.91		1.46	

#### 4.4.2 Río Uramita

Las profundidades de socavación que sufre el lecho de la quebrada por efecto del flujo se calcularon con base en la formula de Antonio Maza M. Para cauces de material aluvial. Al igual que para el caso del Río Sucio, los elementos de la corriente que intervienen en el calculo son la pendiente hidráulica de la corriente, el tamaño de los materiales que conforman el lecho y las orillas del cauce, la rugosidad del lecho y factores que dependen del periodo de retorno del caudal que para el cual se analiza. En este caso, la formula simplificada, una vez incluidos los valores de pendiente,  $S= 1.6\%$ ;  $n= 0,056$ ,  $\beta= 0,86$  para retorno de dos años es

$$H_s = (0.88 * (H_o)^{1.67})^{0.79}$$

Los valores de socavacion obtenidos para los caudales de las recurrencias antes citadas se aprecian en la Tabla 4-22, Tabla 4-23 y la Tabla 4-24.

**Tabla 4-22. Valores de socavación para 2 años de recurrencia en el Río Uramita**

SECCION 2 K0+686.8						
Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
36,47	638,67	638,67	0,00	0,00	0,00	638,67
36,68	638,67	635,08	3,59	4,88	1,29	633,79
37,52	638,67	635,10	3,57	4,84	1,27	633,83
39,89	638,67	635,23	3,44	4,61	1,17	634,06
42,13	638,67	635,40	3,27	4,32	1,05	634,35
44,29	638,67	635,56	3,11	4,04	0,93	634,63
47,70	638,67	636,00	2,67	3,30	0,63	635,37
59,45	638,67	638,67	0,00	0,00	0,00	638,67

SECCION 4 K0+585.1						
Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
18,70	640,31	640,31	0,00	0,00	0,00	640,31
20,60	640,31	639,00	1,31	1,29	0,00	639,00
23,23	640,31	637,29	3,02	3,89	0,87	636,42
29,98	640,31	636,69	3,62	4,93	1,31	635,38
36,08	640,31	637,29	3,02	3,89	0,87	636,42
39,27	640,31	639,00	1,31	1,29	0,00	639,00
40,68	640,31	640,31	0,00	0,00	0,00	640,31

<b>SECCION 8 K0+637.4</b>						
Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
37,70	643,62	643,62	0,00	0,00	0,00	643,62
39,90	643,62	642,62	1,00	0,90	0,00	642,72
44,49	643,62	642,00	1,62	1,71	0,09	641,91
52,24	643,62	640,57	3,05	3,94	0,89	639,68
64,97	643,62	641,00	2,62	3,22	0,60	640,40
65,98	643,62	643,62	0,00	0,00	0,00	643,62

<b>SECCION 10 K0+293.6</b>						
Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
28,05	645,68	645,68	0,00	0,00	0,00	645,68
29,62	645,68	645,00	0,68	0,54	0,00	645,14
31,37	645,68	643,00	2,68	3,32	0,64	642,36
35,81	645,68	642,21	3,47	4,67	1,20	641,01
38,49	645,68	642,05	3,63	4,95	1,32	640,73
43,67	645,68	643,00	2,68	3,32	0,64	642,36
45,94	645,68	645,68	0,00	0,00	0,00	645,68

<b>SECCION 12 K0+096.02</b>						
Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
36,77	646,78	646,78	0,00	0,00	0,00	646,78
38,11	646,78	646,00	0,78	0,00	0,00	646,78
40,48	646,78	644,16	2,62	3,22	0,60	643,56
45,91	646,78	643,75	3,03	3,90	0,87	642,88
51,38	646,78	644,00	2,78	3,48	0,70	643,30
56,52	646,78	645,00	1,78	1,93	0,15	644,85
57,17	646,78	646,00	0,78	0,00	0,00	646,78
57,66	646,78	646,78	0,00	0,00	0,00	646,78

<b>SECCION 13 K0+61.44</b>						
Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
7,96	647,92	647,92	0,00	0,00	0,00	647,92
8,61	647,92	647,00	0,92	0,00	0,00	647,92
8,92	647,92	646,00	1,92	2,14	0,22	645,78
10,10	647,92	645,00	2,92	3,72	0,80	644,20
16,25	647,92	644,64	3,28	4,33	1,05	643,59
18,66	647,92	644,85	3,07	3,97	0,90	643,95
28,36	647,92	645,00	2,92	3,72	0,80	644,20
29,50	647,92	646,00	1,92	2,14	0,22	645,78
30,58	647,92	647,00	0,92	0,00	0,00	647,92
30,58	647,92	647,92	0,00	0,00	0,00	647,92

**Tabla 4-23. Valores de socavación para 10 años de recurrencia en el Río Uramita**

<b>SECCION 2 K0+686.8</b>						
Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
36,47	640,12	640,12	0,00	0,00	0,00	640,12
36,68	640,12	635,08	5,04	7,64	2,60	632,48
37,52	640,12	635,10	5,02	7,60	2,58	632,52
39,89	640,12	635,23	4,89	7,34	2,45	632,78
42,13	640,12	635,40	4,72	7,00	2,28	633,12
44,29	640,12	635,56	4,56	6,69	2,13	633,43
47,70	640,12	636,00	4,12	5,85	1,73	634,27
59,45	640,12	640,12	0,00	0,00	0,00	640,12

<b>SECCION 4 K0+585.1</b>						
<b>Abscisa</b>	<b>Cota agua (msnm)</b>	<b>Cota fondo (msnm)</b>	<b>PROF. Ho (m)</b>	<b>Prof. fondo socavado(m)</b>	<b>Socavación (m)</b>	<b>Cota de fondo Soc (msnm)</b>
18,70	641,31	641,31	0,00	0,00	0,00	641,31
20,60	641,31	639,00	2,31	2,73	0,00	639,00
23,23	641,31	637,29	4,02	5,67	1,65	635,64
29,98	641,31	636,69	4,62	6,81	2,19	634,50
36,08	641,31	637,29	4,02	5,67	1,65	635,64
39,27	641,31	639,00	2,31	2,73	0,00	639,00
40,68	641,31	641,31	0,00	0,00	0,00	641,31

<b>SECCION 8 K0+637.4</b>						
<b>Abscisa</b>	<b>Cota agua (msnm)</b>	<b>Cota fondo (msnm)</b>	<b>PROF. Ho (m)</b>	<b>Prof. fondo socavado(m)</b>	<b>Socavación (m)</b>	<b>Cota de fondo Soc (msnm)</b>
37,70	645,20	645,20	0,00	0,00	0,00	645,20
39,90	645,20	642,62	2,58	3,16	0,00	642,04
44,49	645,20	642,00	3,20	4,19	0,99	641,01
52,24	645,20	640,57	4,63	6,83	2,20	638,37
64,97	645,20	641,00	4,20	6,00	1,80	639,20
65,98	645,20	645,20	0,00	0,00	0,00	645,20

<b>SECCION 10 K0+293.6</b>						
<b>Abscisa</b>	<b>Cota agua (msnm)</b>	<b>Cota fondo (msnm)</b>	<b>PROF. Ho (m)</b>	<b>Prof. fondo socavado(m)</b>	<b>Socavación (m)</b>	<b>Cota de fondo Soc (msnm)</b>
28,05	647,30	647,30	0,00	0,00	0,00	647,30
29,62	647,30	645,00	2,30	2,71	0,00	644,59
31,37	647,30	643,00	4,30	6,19	1,89	641,11
35,81	647,30	642,21	5,09	7,74	2,65	639,56
38,49	647,30	642,05	5,25	8,06	2,81	639,24
43,67	647,30	643,00	4,30	6,19	1,89	641,11
45,94	647,30	647,30	0,00	0,00	0,00	647,30

<b>SECCION 12 K0+096.02</b>						
<b>Abscisa</b>	<b>Cota agua (msnm)</b>	<b>Cota fondo (msnm)</b>	<b>PROF. Ho (m)</b>	<b>Prof. fondo socavado(m)</b>	<b>Socavación (m)</b>	<b>Cota de fondo Soc (msnm)</b>
36,77	648,29	648,29	0,00	0,00	0,00	648,29
38,11	648,29	646,00	2,29	0,00	0,00	648,29
40,48	648,29	644,16	4,13	5,87	1,74	642,42
45,91	648,29	643,75	4,54	6,65	2,11	641,64
51,38	648,29	644,00	4,29	6,17	1,88	642,12
56,52	648,29	645,00	3,29	4,35	1,06	643,94
57,17	648,29	646,00	2,29	0,00	0,00	648,29
57,66	648,29	648,29	0,00	0,00	0,00	648,29

<b>SECCION 13 K0+61.44</b>						
<b>Abscisa</b>	<b>Cota agua (msnm)</b>	<b>Cota fondo (msnm)</b>	<b>PROF. Ho (m)</b>	<b>Prof. fondo socavado(m)</b>	<b>Socavación (m)</b>	<b>Cota de fondo Soc (msnm)</b>
7,96	649,70	649,70	0,00	0,00	0,00	649,70
8,61	649,70	647,00	2,70	0,00	0,00	649,70
8,92	649,70	646,00	3,70	5,08	1,38	644,62
10,10	649,70	645,00	4,70	6,96	2,26	642,74
16,25	649,70	644,64	5,06	7,68	2,62	642,02
18,66	649,70	644,85	4,85	7,26	2,41	642,44
28,36	649,70	645,00	4,70	6,96	2,26	642,74
29,50	649,70	646,00	3,70	5,08	1,38	644,62
30,58	649,70	647,00	2,70	0,00	0,00	649,70
30,58	649,70	649,70	0,00	0,00	0,00	649,70

**Tabla 4-24. Valores de socavación para 50 años de recurrencia en el Río Uramita**

**SECCION 2 K0+686.8**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
36,47	640,45	635,08	5,37	8,30	2,93	632,15
36,68	640,45	635,08	5,37	8,30	2,93	632,15
37,52	640,45	635,10	5,35	8,26	2,91	632,19
39,89	640,45	635,23	5,22	8,00	2,78	632,45
42,13	640,45	635,40	5,05	7,66	2,61	632,79
44,29	640,45	635,56	4,89	7,34	2,45	633,11
47,70	640,45	636,00	4,45	6,48	2,03	633,97
59,45	640,45	640,12	0,33	0,21	0,00	640,12

**SECCION 4 K0+585.1**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
18,70	641,89	641,31	0,58	0,44	0,00	641,31
20,60	641,89	639,00	2,89	3,67	0,78	639,00
23,23	641,89	637,29	4,60	6,77	2,17	635,12
29,98	641,89	636,69	5,20	7,96	2,76	633,93
36,08	641,89	637,29	4,60	6,77	2,17	635,12
39,27	641,89	639,00	2,89	3,67	0,78	639,00
40,68	641,89	641,31	0,58	0,44	0,00	641,31

**SECCION 8 K0+637.4**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
37,70	645,59	645,20	0,39	0,26	0,00	645,20
39,90	645,59	642,62	2,97	3,80	0,83	641,79
44,49	645,59	642,00	3,59	4,88	1,29	640,71
52,24	645,59	640,57	5,02	7,60	2,58	637,99
64,97	645,59	641,00	4,59	6,75	2,16	638,84
65,98	645,59	645,20	0,39	0,26	0,00	645,20

**SECCION 10 K0+293.6**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
28,05	647,61	647,30	0,31	0,19	0,00	647,30
29,62	647,61	645,00	2,61	3,20	0,00	644,41
31,37	647,61	643,00	4,61	6,79	2,18	640,82
35,81	647,61	642,21	5,40	8,36	2,96	639,25
38,49	647,61	642,05	5,56	8,69	3,13	638,92
43,67	647,61	643,00	4,61	6,79	2,18	640,82
45,94	647,61	647,30	0,31	0,19	0,00	647,30

**SECCION 12 K0+096.02**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
36,77	649,29	649,29	0,00	0,00	0,00	649,29
38,11	649,29	646,00	3,29	4,35	1,06	644,94
40,48	649,29	644,16	5,13	7,82	2,69	641,47
45,91	649,29	643,75	5,54	8,65	3,11	640,64
51,38	649,29	644,00	5,29	8,14	2,85	641,15
56,52	649,29	645,00	4,29	6,17	1,88	643,12
57,17	649,29	646,00	3,29	4,35	1,06	644,94
57,66	649,29	649,29	0,00	0,00	0,00	649,29

**SECCION 13 K0+61.44**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
7,96	650,09	650,09	0,00	0,00	0,00	650,09
8,61	650,09	647,00	3,09	4,00	0,91	646,09
8,92	650,09	646,00	4,09	5,80	1,71	644,29
10,10	650,09	645,00	5,09	7,74	2,65	642,35
16,25	650,09	644,64	5,45	8,47	3,02	641,62
18,66	650,09	644,85	5,24	8,04	2,80	642,05
28,36	650,09	645,00	5,09	7,74	2,65	642,35
29,50	650,09	646,00	4,09	5,80	1,71	644,29
30,58	650,09	647,00	3,09	4,00	0,91	647,00
30,58	650,09	650,09	0,00	0,00	0,00	650,09

Posiblemente la mayor amenaza a las viviendas localizadas en cercanía inmediata a las orillas de la quebrada la constituyen los procesos de socavación ocurridos durante el paso de los caudales de avenida. Como puede apreciarse en la Tabla 4-22, Tabla 4-23 y la Tabla 4-24, se presenta socavación del lecho cerca de las orillas, a distancias menores de cinco metros de éstas, superior en algunas secciones a 0,50 m.

Esta situación se acentúa para el caso de caudales de mayor magnitud, como se puede ver en los cuadros correspondientes a los resultados obtenidos para caudales de diez y cincuenta años de retorno. En efecto, a menos de cinco metros de distancia de las orillas, y en particular de la derecha, se presentaría socavación mayor, en algunas secciones de 1,50 m. Esto es particularmente evidente en la parte baja del tramo estudiado, es decir, en cercanías del puente de la carretera que conduce a Apartado, cerca de la desembocadura de la quebrada en el Río Sucio.

Lo consignado en el párrafo anterior significa que existe la posibilidad, aun durante la ocurrencia de avenidas de frecuencia anual de que varias estructuras cuya cimentación no esta a cotas inferiores a las de máxima socavación puedan colapsar debido a la inestabilidad generada en el barranco que conforman las orillas de la quebrada.

#### 4.4.3 Quebrada La Encalichada

La cuantificación de los procesos de socavación producidos por el flujo de los caudales de avenida se adelanto mediante la aplicación de la formula desarrollada por Antonio Maza A, para cauces aluviales. Para el caso específico de la quebrada La Encalichada, en la cual la pendiente es de 8,3% y la rugosidad 0,053 , se obtuvo un valor de  $\alpha = 5,44$ . Para retorno de dos años  $\beta = 0,86$  y  $d_{84} = 0,25$  m:

$$H_s = (1.98 * (H_o)^{1.67})^{0.79}$$

Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 4-25 y Tabla 4-26.

**Tabla 4-25. Valores de socavación para 2 años de recurrencia en la Quebrada La Encalichada**

**SECCION 1**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
26,39	631,75	631,75	0,00	0,00	0,00	631,75
27,66	631,75	631,51	0,24	0,26	0,02	631,49
30,42	631,75	631,00	0,75	1,17	0,42	630,58
31,17	631,75	630,84	0,91	1,51	0,60	630,24
40,12	631,75	631,49	0,26	0,29	0,03	631,46
44,69	631,75	631,75	0,00	0,00	0,00	631,75

**SECCION 3**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
10,7	645,86	645,86	0,00	0,00	0,00	645,86
10,95	645,86	645,63	0,23	0,25	0,02	645,61
11,60	645,86	645,00	0,86	1,41	0,55	644,45
12,02	645,86	644,78	1,08	1,90	0,82	643,96
14,36	645,86	644,50	1,36	2,57	1,21	643,29
15,87	645,86	644,61	1,25	2,30	1,05	643,56
16,85	645,86	645,00	0,86	1,41	0,55	644,45
17,24	645,86	645,86	0,00	0,00	0,00	645,86

**SECCION 4**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
0,22	649,15	649,15	0,00	0,00	0,00	649,15
0,35	649,15	649,00	0,15	0,14	0,00	649,15
1,85	649,15	648,01	1,14	2,04	0,90	647,11
4,33	649,15	647,88	1,27	2,35	1,08	646,80
5,18	649,15	647,70	1,45	2,80	1,35	646,35
7,91	649,15	648,00	1,15	2,06	0,91	647,09
7,99	649,15	649,00	0,15	0,14	0,00	649,15
8,94	649,15	649,15	0,00	0,00	0,00	649,15

**SECCION 6**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
7,86	656,39	656,39	0,00	0,00	0,00	656,39
9,88	656,39	656,00	0,39	0,50	0,11	655,89
11,71	656,39	655,24	1,15	2,06	0,91	654,33
13,82	656,39	655,11	1,28	2,38	1,10	654,01
16,26	656,39	655,30	1,09	1,92	0,83	654,47
16,91	656,39	656,39	0,00	0,00	0,00	656,39

**SECCION 8**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
9,29	663,89	663,32	0,57	0,82	0,25	663,07
9,95	663,89	663,00	0,89	1,47	0,58	662,42
11,95	663,89	662,12	1,77	3,64	1,87	660,25
14,48	663,89	663,00	0,89	1,47	0,58	662,42
16,22	663,89	663,49	0,40	0,51	0,11	663,38
18,78	663,89	663,89	0,00	0,00	0,00	663,89

**SECCION 10**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
11,91	669,72	669,72	0,00	0,00	0,00	669,72
12,26	669,72	669,00	0,72	1,11	0,39	668,61
13,04	669,72	668,36	1,36	2,57	1,21	667,15
15,84	669,72	668,13	1,59	3,16	1,57	666,56
16,91	669,72	668,60	1,12	1,99	0,87	667,73
17,66	669,72	669,05	0,67	1,01	0,34	668,71
19,23	669,72	669,72	0,00	0,00	0,00	669,72

**Tabla 4-26. Valores de socavación para 10 años de recurrencia en la Quebrada La Encalichada**

**SECCION 1**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
26,07	631,80	631,80	0,00	0,00	0,00	631,80
27,66	631,80	631,51	0,29	0,30	0,01	631,50
30,42	631,80	631,00	0,80	1,14	0,34	630,66
31,17	631,80	630,84	0,96	1,45	0,49	630,35
40,12	631,80	631,49	0,31	0,33	0,02	631,47
44,69	631,80	631,80	0,00	0,00	0,00	631,80

**SECCION 3**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
10,39	646,06	646,06	0,00	0,00	0,00	646,06
10,95	646,06	645,63	0,43	0,56	0,13	645,50
11,60	646,06	645,00	1,06	1,85	0,79	644,21
12,02	646,06	644,78	1,28	2,38	1,10	643,68
14,36	646,06	644,50	1,56	3,08	1,52	642,98
15,87	646,06	644,61	1,45	2,80	1,35	643,26
16,85	646,06	645,00	1,06	1,85	0,79	644,21
17,24	646,06	645,50	0,56	0,80	0,24	645,26

**SECCION 4**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
0,07	649,32	649,32	0,00	0,00	0,00	649,32
0,35	649,32	649,00	0,32	0,38	0,06	648,94
1,85	649,32	648,01	1,31	2,45	1,14	646,87
4,33	649,32	647,88	1,44	2,78	1,34	646,54
5,18	649,32	647,70	1,62	3,24	1,62	646,08
7,91	649,32	648,00	1,32	2,47	1,15	646,85
7,99	649,32	649,00	0,32	0,38	0,06	648,94
10,07	649,32	649,32	0,00	0,00	0,00	649,32

**SECCION 6**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
7,22	656,51	656,51	0,00	0,00	0,00	656,51
9,88	656,51	656,00	0,51	0,71	0,20	655,80
11,71	656,51	655,24	1,27	2,35	1,08	654,16
13,82	656,51	655,11	1,40	2,67	1,27	653,84
16,26	656,51	655,30	1,21	2,21	1,00	654,30
16,66	656,51	656,51	0,00	0,00	0,00	656,51

**SECCION 8**

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
3,39	664,08	664,08	0,00	0,00	0,00	664,08
4,14	664,08	663,92	0,16	0,15	0,00	664,08
9,29	664,08	663,32	0,76	1,19	0,43	662,89
9,95	664,08	663,00	1,08	1,90	0,82	662,18
11,95	664,08	662,12	1,96	4,17	2,21	659,91
14,48	664,08	663,00	1,08	1,90	0,82	662,18
16,22	664,08	663,49	0,59	0,86	0,27	663,22
20,09	664,08	664,08	0,00	0,00	0,00	664,08

#### SECCION 10

Abscisa	Cota agua (msnm)	Cota fondo (msnm)	PROF. Ho (m)	Prof. fondo socavado(m)	Socavación (m)	Cota de fondo Soc (msnm)
11,81	669,92	669,92	0,00	0,00	0,00	669,92
12,26	669,92	669,00	0,92	1,54	0,62	668,38
13,04	669,92	668,36	1,56	3,08	1,52	666,84
15,84	669,92	668,13	1,79	3,70	1,91	666,22
16,91	669,92	668,60	1,32	2,47	1,15	667,45
17,66	669,92	669,05	0,87	1,43	0,56	668,49
19,68	669,92	669,92	0,00	0,00	0,00	669,92

Al observar la Tabla 4-25 y Tabla 4-26 se deduce que durante el paso de caudales de retorno de dos años se produce socavación en el cauce a menos de tres metro de la orilla derecha , que profundizan el cauce en mas de 0,70 m. Estas profundidades se amplían para el caudal de cincuenta años de recurrencia.

#### 4.5 CONCLUSIONES DE LOS ANÁLISIS HIDRÁULICOS

**Río Sucio:** Del análisis de los resultados obtenidos se pueden extraer varias conclusiones de interés relativas a la posible amenaza del Río Sucio a la población de Uramita, en particular a las edificaciones que se localizan inmediatamente sobre la margen derecha del río:

- - Existen dos tramos del río bien diferenciados por la desembocadura de las quebradas La Encalichada y Uramita. El tramo de aguas arriba de estas singularidades se caracteriza, desde luego, por albergar un caudal menor al que discurre en el tramo de aguas abajo. La pendiente del primero es ligeramente menor así como las velocidades de flujo.
- La geometría de la sección de flujo del tramo de aguas abajo es mas profunda que la de aguas arriba; en particular se nota una orilla derecha de mayor altura, con respecto al lecho del río.
- Puede afirmarse que el flujo en ambos tramos es turbulento, debido, principalmente a los cantos rodados de diámetro mayor a 0,50 m que existen en el lecho y que generan una alta rugosidad del mismo. A pesar de que la velocidad media de flujo es relativamente alta, el flujo es subcritico, gracias a la geometría de la sección la cual muestra para todos los caudales profundidad hidráulica de gran magnitud.

- En cuanto a las características de los caudales de avenida relacionados con la amenaza que los mismos pudieran significar para la población se pueden diferenciar dos aspectos importantes:
- En primer termino se observa que no existe amenaza por inundación del área ubicada en la margen derecha del río aun para caudales de cien años, en todo el tramo analizado.
- En segundo lugar, se evidencian procesos de socavación en algunos subtramos, generados por caudales de diez y mas años de retorno. Los valores de socavación superan en ellos los cincuenta centímetros a distancias menores de cinco metros desde la orilla hacia el centro del río. Esta circunstancia puede implicar problemas para las edificaciones construidas en la misma orilla del río, si se llegare a configurar inestabilidad de esta por efectos de profundización del cauce aledaño como resultado de los procesos naturales de socavación.

**Río Uramita:** Los resultados de los análisis adelantados con el programa HEC RAS para determinar los niveles y velocidades de flujo correspondientes a caudales de diferente probabilidad o periodo de recurrencia conducen a concluir que aun para caudales de avenidas de recurrencia de dos años, existe algún grado de amenaza para las construcciones localizadas en inmediaciones de la quebrada y en particular aquellas que se ubican en el cauce de la misma. Si bien es cierto que no se produce desbordamiento para caudales de hasta cien años de recurrencia, la ubicación de estas ultimas viviendas hace que estén expuestas a inundación en su parte posterior o que colinda con la quebrada, por una parte. Por otra, como se anoto antes, los procesos de socavación son de tal magnitud, en cercanías de las orillas, en especial de la de la derecha, que dependiendo de las características de su cimentación, algunas edificaciones podrían sufrir daños severos durante la ocurrencia de crecientes de cierta magnitud.

**Quebrada La Encalichada:** Lo anteriormente establecido en cuanto a los niveles alcanzados por los caudales de crecientes y la socavación que las velocidades de flujo producen en el lecho de la quebrada conduce a concluir que las edificaciones que se encuentren por debajo de las cotas 337 y 378 msnm en las abscisas donde se presentan estos niveles de flujo, están expuestas a la invasión de las aguas y a la alta velocidad de estas. Adicionalmente, y es una circunstancia visible en la actualidad, ocurren procesos de socavación del lecho que en algunos sectores ya han restado soporte a los muros de gavión colocados en la margen derecha como protección de las viviendas. Es claro que al paso de crecientes de retorno tan bajo como dos años, los procesos de socavación en la margen derecha son de magnitud importante. Mucho mas importantes, para caudales mayores. Esto lleva a clasificar la amenaza de estas riberas como alta por efecto de los procesos antes citados.

Habida cuenta del estado de algunas estructuras de protección, especialmente en cuanto hace referencia a su cimentación, se hace necesaria su reparación para lo cual debe tenerse en cuenta el nivel de socavación máximo en cada caso, de manera que se garantice la estabilidad de las estructuras.

## 4.6 AMENAZA POR INESTABILIDAD

La amenaza por inestabilidad se enfoca a la identificación de sectores inestables de los márgenes del río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada y de algunas laderas 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 los márgenes de los ríos y la quebrada mencionadas. 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.

### 4.6.1 Condiciones Actuales

Los procesos identificados en general, se caracterizan por ser aislados, de magnitud variable y por la falta de cobertura vegetal que han sufrido los márgenes, además de verse facilitados por la alta pendiente y composición de los depósitos involucrados. El detonante de los procesos de inestabilidad de los márgenes corresponde a la erosión lateral del cauce sobre los márgenes que actúa en la base de los taludes en las partes exteriores de las curvas del cauce.

**Río Sucio:** A lo largo de su paso por la zona urbana del municipio, el río Sucio presenta un patrón de tipo meándrico, y se observa en algunos sectores la presencia de un control estructural por la presencia de un afloramiento rocoso, el cual restringe la presencia de fenómenos de socavación lateral, que sí se presenta en los sitios en que en los márgenes del río se encuentran depósitos aluviales no consolidados. Las obras de protección que se han construido a lo largo de los márgenes del río Sucio no poseen continuidad ya que solamente se trata de muros en gaviones y muros en para la protección de viviendas en sitios puntuales.

Los procesos de socavación lateral para el Río Sucio se dan en el margen derecha en la salida hacia Medellín, en el Barrio Cabuyal en el sector de la Carrera 11 y la Carrera 13, en el sector comprendido entre las desembocaduras del río Uramita y la quebrada La Encalichada, y en el sector San José entre carreras 24 y 25. En algunos casos estos fenómenos han causado afectaciones a muros de edificaciones que se encuentran dentro del cauce del río. Otros fenómenos más locales corresponden a descargas inadecuadas de las alcantarillas de la vía, que deben corregirse para evitar la desestabilización de la terraza.

**Río Uramita:** El río Uramita presenta altas pendientes, un trazado sinuoso y un valle profundo que no facilita la ocurrencia de desbordamientos y en el que han ocurrido en el pasado avenidas torrenciales a juzgar por el tamaño de los bloques de roca que se encuentran dentro del cauce. En este caso también se observa la existencia de procesos de socavación lateral como el encontrado en el margen derecha aguas arriba del Barrio El Socorro y en este mismo barrio en el sector de la Calle 24; mientras que el primero de los fenómenos reseñados no causó afectaciones a viviendas o infraestructura, el segundo sí causó la pérdida de parte de un muro de cerramiento del patio de una vivienda. En este caso también se puede indicar que los patios de varias viviendas han invadido el cauce

del río y pueden verse afectadas durante eventos de crecientes por lo que resulta necesario que se eviten dichas invasiones y respeten unas zonas de aislamiento mínimas. Las obras que se han establecido en el paso por la zona urbana del Río Uramita también son de carácter puntual y corresponden a muros en concreto ciclópeo para protección de los patios de varias viviendas.

**Quebrada La Encalichada:** En la Quebrada La Encalichada también se ha construido una serie de muros en gaviones y muros en concreto ciclópeo, los cuales tienen mayor continuidad en el sector aguas arriba del puente peatonal. Estas obras muestran socavación en la base y en la margen izquierda el sector inmediatamente aguas arriba del puente el muro fue destruido, por lo que resulta conveniente repararlo y proteger su base, además de establecer obras transversales para restarle energía a la corriente y evitar que se sigan presentando este tipo de fenómenos.

**Estabilidad de laderas:** De acuerdo con lo observado en las visitas de campo, las laderas adyacentes al municipio no evidencian señales de ocurrencia de procesos de remoción en masa, aunque se observan algunas señales de erosión por pata de vaca y señales de reptación, por lo que resultaría adecuado brindarles una cobertura vegetal adecuada.

En el sector del polideportivo del Barrio Santa Ana y en el costado derecho de la carretera a Dabeiba a la altura de la carrera 24 se encuentran dos cañadas en las que no se observa flujo de agua pero que poseen un comportamiento torrencial; en estas cañadas han ocurrido flujos que han afectado al polideportivo y la vía, respectivamente, por lo que resulta necesario hacerles un seguimiento para evitar obstrucciones, además de implementar obras transversales en la parte media y alta de la cuenca y darle a la misma una cobertura vegetal que le sirva de protección contra agentes erosivos.

Otro fenómeno corresponde a la caída de bloques desde las laderas aledañas a la Quebrada la Encalichada, que de acuerdo con lo indicado con los pobladores del sector se han dado eventualmente tanto desde el depósito del costado derecho de la quebrada como del macizo rocoso del izquierdo. A pesar de que se trata de eventos que solamente han ocurrido algunas veces en este sector, el tamaño de los bloques y la localización de las viviendas hacen necesario que se preste atención a este fenómeno, mediante la vigilancia y remoción de bloques sueltos por parte de las autoridades locales.

#### 4.6.2 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 del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada en la zona urbana del municipio, según se muestra en el plano F-3 del Anexo F, de la siguiente manera:

**Zonas de amenaza alta por FRM:** Corresponde a los sectores en que el Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada Encalichada discurren sobre un canal bien definido, sobre la zona meándrica y por la parte exterior del alineamiento curvo, en donde es frecuente encontrar procesos erosivos. Además se incluyeron las cañadas afectadas por flujos y las laderas en las que ocurren caídas de bloques de acuerdo con lo que se indicaba anteriormente.

**Zona de amenaza media:** Son aquellas márgenes en zonas donde el Río Sucio, el Río Uramita y la Quebrada La Encalichada discurren por el canal bien definido, en los alineamientos rectos y sobre la zona meándrica y por la parte interior del alineamiento curvo.

**Zona de Amenaza baja:** Corresponde a las márgenes del Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada La Encalichada donde el cauce presenta alineamientos rectos o de baja curvatura, en sectores en donde se observaron afloramientos rocosos y en sectores en que los depósitos presentan baja altura.

Es de notar que los niveles de amenaza se ven mayorados por la intervención del hombre invadiendo las zonas de ronda hidráulica y el propio cauce de las corrientes, realizando descargas de aguas negras sin control, retirando la cobertura vegetal de bajo porte, talando el bosque de galería de protección del cauce y a la disposición localizada de basuras y escombros sobre los taludes.

## CONTENIDO

5	EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD .....	5-1
5.1	INTRODUCCIÓN .....	5-1
5.2	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	5-1
5.3	CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	5-1
5.4	IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO .....	5-4
5.5	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	5-5
5.5.1	Matrices de daño .....	5-5
5.5.2	Valoración de la vulnerabilidad .....	5-7
5.5.3	Vulnerabilidad de la sociedad .....	5-8
5.5.4	Vulnerabilidad institucional .....	5-13

## **5 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD**

### **5.1 INTRODUCCIÓN**

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

Así, en forma semi cuantitativa se establece el nivel de vulnerabilidad física, corporal y social de cada una de las manzanas que se encuentran dentro de las franjas de inundación, en función de los posibles daños que pueden llegar a sufrir los elementos expuestos situados en la zona de afectación previsible por los eventos amenazantes. El nivel de daño de los elementos expuestos se define en función de la tipología característica de cada una de las manzanas establecida en la caracterización del área en estudio y los modos de daño asociados a la sollicitación impuesta por la corriente de agua y por los procesos de inestabilidad.

### **5.2 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS**

La identificación de los elementos expuestos para los eventos de torrencialidad, inundación e inestabilidad en el Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada La Encalichada, se adelantó en función de las zonas de influencia establecida en los respectivos mapas de Amenaza. Para efectos del estudio se estableció como unidad base de mapeo la manzana, teniendo en cuenta las características urbanísticas del área, que la información DANE y catastral se encuentra a nivel de manzana y que las actuaciones sobre el entorno urbano deben hacerse a nivel de manzana.

Para tal efecto el área de estudio se delimito urbanísticamente, con las manzanas que se identificaron que posiblemente podían ser afectadas por la ocurrencia de eventos de torrencialidad, inundación e inestabilidad asociada al Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada La Encalichada de acuerdo con los alcances del presente estudio. En el Anexo A se presenta el mapa base en el que aparece la delimitación del área de estudio. La Tabla 5-1 muestra el listado de las manzanas involucradas en los análisis de vulnerabilidad, de acuerdo con la codificación catastral. En resumen para el análisis de vulnerabilidad se toman como elementos expuestos, las unidades habitacionales y las personas. Sobre las unidades habitacionales se define la vulnerabilidad física como posible daño de las mismas, sobre las personas su afectación corporal y sobre la comunidad su vulnerabilidad social.

### **5.3 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS**

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

**Tabla 5-1. Listado de manzanas consideradas en el análisis de vulnerabilidad**

Barrio	Manzana	Barrio	Manzana	Barrio	Manzana	Barrio	Manzana
001	001	002	006	003	006	005	004
001	002	002	007	003	007	005	005
001	003	002	008	004	001	005	006
001	006	003	001	004	002	006	001
002	001	003	001	004	004	006	002
002	002	003	002	004	005	006	003
002	003	003	003	004	006	006	004
002	004	003	004	005	001	006	005
002	005	003	005	005	002		
002	006	003	005	005	003		

NOTA: Se presenta el listado de manzanas de acuerdo con la codificación de la información catastral del municipio

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

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

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

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

Es por esto, que la capacidad de respuesta o la vulnerabilidad física se evalúa de acuerdo al tipo de estructura definida para cada una de las manzanas mediante las características establecidas en campo. Se identificaron tres tipologías, así:

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

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

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

Por su localización se identificaron dos unidades de vivienda, la primera la que se construye sobre la llanura de inundación del río y la segunda construida directamente sobre la corona de las márgenes del río. Esta localización imprime la necesidad que cualquier tipo de vivienda requiera de construcción de columnas o pilas para alcanzar los niveles arquitectónicos de las viviendas – lo que comúnmente se le denomina palafito. Esta condición es tenida en cuenta para calificar la vulnerabilidad.

Vale la pena anotar que las viviendas se referenciaron espacialmente en el área de estudio, de tal forma que resulta sencillo asignarles el tipo de evento amenazante al que están expuestas, según su localización en el valle de inundación y/o en las márgenes del cauce principal.

**Muestreo de Viviendas:** Con base en la anterior identificación de tipología de viviendas se adelanto el inventario de las mismas de manera sistemática en cada una de las manzanas identificadas como elementos vulnerables. El formato de inventario empleado se presenta en el Anexo E.

Para tal fin se utilizo como instrumento de recolección de información el formato ajustado de inventario de viviendas que permite establecer las condiciones generales de la vivienda y la identificación de daños asociados a inundaciones o Fenómenos de remoción en masa. En la siguiente página se muestra la localización de los predios inventariados.

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

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

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

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

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

Para la ejecución del trabajo de inventario de viviendas, se contó con los planos prediales a nivel de manzana o predio obtenido de la cartografía DANE o catastro Municipal.

Fueron inventariados 39 predios para la evaluación estructural y a los mismos se le realizó la encuesta social.

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

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

**Tipología de viviendas:** La tipología de viviendas se adelanta a nivel de manzana de acuerdo a lo expuesto anteriormente. Para cada manzana se definió una tipología característica, en términos de:

- 1 - Unidades de recuperación,
- 2 - Casas en muros portantes o prefabricados.
- 3 - Unidades de vivienda con sistema estructural.

La tercera categoría corresponde principalmente a edificaciones institucionales o de servicios, que su sistema constructivo obedece a la utilización de procesos constructivos norma tizados y técnicas adecuadas. Muy pocas viviendas se encuentran construidas con algún sistema estructural, predomina muros confinados. En la siguiente página se muestra la tipología característica por manzana.

#### 5.4 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO

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

**Procesos de daño por inundación:** Una inundación puede producir arrastre, empujes, flotación, socavación, traslación o volcamiento sobre una estructura, estas acciones están dadas en función de las características de la creciente, especialmente la altura de lámina de agua o calao y velocidad de misma. Teniendo en cuenta las características de las crecientes en términos de altura y velocidad de agua, para la zona en estudio se definieron tres tipos de solicitaciones para las estructuras (vulnerabilidad física):

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

Ahora para tener en cuenta la afectación sobre las personas, vulnerabilidad corporal, se tuvo en cuenta la fuerza de arrastre definida cualitativamente con la velocidad de flujo y la altura de agua.

**Procesos de daño por deslizamiento:** Para este evento y teniendo en cuenta la localización geográfica de las construcciones, corona de las márgenes del río, y los mecanismos de falla de los taludes que conforman las márgenes, la acción sobre las estructuras de las viviendas es la de desplazamiento vertical por pérdida de soporte en la base o cimientos.

Los desplazamientos verticales son experimentados por los elementos localizados sobre la corona de las áreas inestables y su posible área de retroceso; su valoración se hace a partir de la dinámica de los movimientos, que para este caso específico se considera que se desencadenarían de manera súbita y rápida.

## 5.5 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

### 5.5.1 Matrices de daño

Una vez definidos los posibles tipos de daño sobre las edificaciones y sobre las personas, se procede a definir las matrices de daño de manera cualitativa en términos de intensidad de afectación de acuerdo al tipo de solicitación, en función de la calificación de la amenaza, y de la tipología de las viviendas.

**Matriz de afectación por inundación:** Para esta se establecieron las siguientes matrices de afectación: La primera en función de la velocidad de flujo. De acuerdo al criterio de peligrosidad, las velocidades son bajas si son menores a 0.5 m/s y altas si son mayores a 1 m/s. Se considera que las velocidades mayores a 1 m/s la solicitación sobre la estructura es alta, mientras velocidades menores a 1 m/s es baja. Entonces la afectación sobre las viviendas según su tipología se define como se muestra en la Tabla 5-2.

**Tabla 5-2. Matriz de afectación física por inundación**

Tipo de vivienda	Localización vivienda	Velocidad de flujo		
		Alta	Media	Baja
Madera – Sistema de recuperación	Valle del río	Alta	Media	Baja
	Borde del río	Alta	Alta	Media
Mampostería – Muros portantes	Valle del río	Media	Baja	Baja
	Borde del río	Alta	Media	Baja

Igualmente para el efecto de la socavación se determinó la matriz de afectación presentada en la Tabla 5-3.

**Tabla 5-3. Matriz de afectación física por socavación**

Tipo de vivienda	Localización vivienda	Velocidad de Flujo		
		Alta	Media	Baja
Madera – Sistema de recuperación	Valle del río	Media	Baja	Baja
	Borde del río	Alta	Alta	Media
Mampostería – Muros portantes	Valle del río	Baja	Baja	Nula
	Borde del río	Alta	Media	Baja

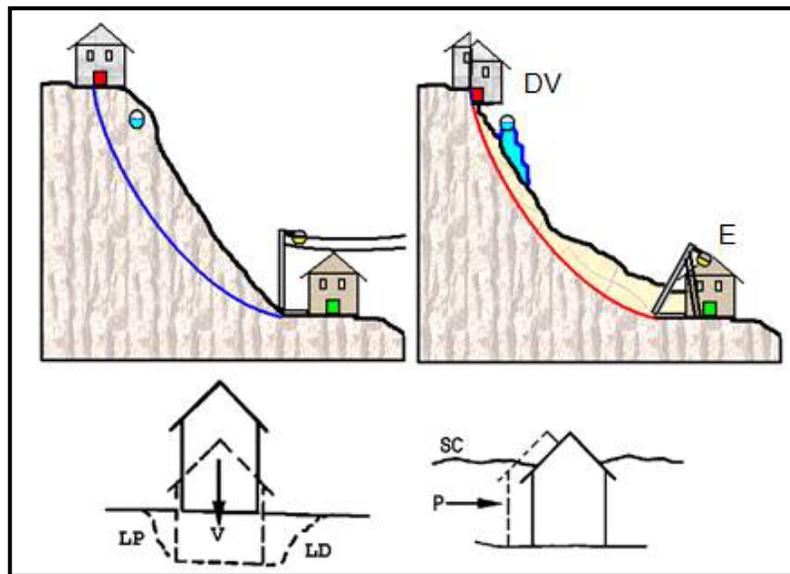
En función de la altura de agua, se estableció el nivel de afectación sobre las personas. El criterio de peligrosidad utilizado define: una altura de agua mayor a 1 m se considera peligrosa o de alto impacto, mientras alturas de agua menores a 0.5 m se consideran de bajo impacto, y de medio impacto cuando la altura de agua está entre 0.5m y 1 m.

Entonces la matriz de afectación a personas se define en la Tabla 5-4.

**Tabla 5-4. Matriz de afectación corporal por altura del agua**

Tipo de vivienda	Altura de agua		
	Alta	Media	Baja
Madera – Sistema de recuperación	Alta	Alta	Media
Mampostería – Muros portantes	Alta	Media	Baja

**Matriz de afectación por deslizamientos:** Para la zona en estudio se definieron dos tipos de solicitaciones: Desplazamientos verticales – DV y Empujes o presión lateral – E.



**Figura 5-1. Solicitaciones por deslizamientos**

Para los eventos tipo deslizamientos y teniendo en cuenta que los procesos generadores de daño en el caso de la zona de estudio son los desplazamientos verticales, el nivel de afectación de este tipo de solicitación se considera alto toda vez que el efecto sobre la edificación es la pérdida de su sistema de cimentación. La matriz de afectación se define en la Tabla 5-5.

**Tabla 5-5. Matriz de afectación por deslizamientos**

Tipo de vivienda	Afectación por desplazamientos verticales
Madera – Sistema de recuperación	Alta
Mampostería – Muros portantes	Alta

### 5.5.2 Valoración de la vulnerabilidad

**Vulnerabilidad por Inundación:** La valoración de la vulnerabilidad para las manzanas se adelanta en función de los niveles de daño en términos de afectación definidos en los numerales anteriores y los niveles de amenaza a que está expuesta la misma establecidos de acuerdo al periodo de retorno ( la amenaza para un Tr de 50 años se considera baja, mientras para un Tr de 25 a 50 años se considera media), de acuerdo a su localización en el área inundada y las características de la misma en términos de altura de agua y velocidad.

La vulnerabilidad física se estableció con base en la matriz de afectación definida en función de la velocidad de flujo, mientras la vulnerabilidad corporal o de las personas se definió en función de la altura de agua. Los intervalos de clasificación de la vulnerabilidad se establecen según la información contenida en la Tabla 5-6.

**Tabla 5-6. Categorización niveles de vulnerabilidad**

Niveles	Vulnerabilidad
MB Muy Bajo	$<0.1$
B Bajo	$0.1 \leq B < 0.3$
M Medio	$0.3 \leq M < 0.6$
A Alto	$0.6 \leq A < 0.8$

Los resultados de la cualificación de la vulnerabilidad se presentan en el Anexo G, discriminando la vulnerabilidad física de la vulnerabilidad corporal y sumada la vulnerabilidad social definida para cada manzana. La representación de estos resultados sobre la base cartográfica se muestra en el Plano G-5 Vulnerabilidad de Edificaciones, empleando el criterio semáforo, esto es:

Tono naranja	Nivel de vulnerabilidad alto
Tono amarillo	Nivel de vulnerabilidad medio
Tono verde	Nivel de vulnerabilidad bajo

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede establecer que la vulnerabilidad física y corporal por los eventos tipo inundación se encuentra en un rango bajo a muy bajo. La vulnerabilidad física baja se concentra en la margen derecha del río Sucio y en las manzanas aledañas al Río Uramita y la Quebrada La Encalichada, mientras que las manzanas que se encuentran por detrás de éstas presentan una vulnerabilidad física y corporal muy baja.

**Vulnerabilidad por inestabilidad:** Considerando que en el municipio de Uramita se ha urbanizado sobre las márgenes del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada, que es común encontrar que los patios de éstas viviendas se encuentren dentro del cauce de dichas corrientes, se considera que las manzanas aledañas a las mismas se encuentran en zona de vulnerabilidad alta por inestabilidad de márgenes. Además la manzana situada al occidente de la Carrera 23 y la ubicada al oriente de la Carrera 22 se sitúan en zona de vulnerabilidad alta por caídas de bloques. En el plano G-6 del Anexo G se muestra la vulnerabilidad física por inestabilidad.

**Vulnerabilidad por torrencialidad:** Dada la magnitud y características de los eventos torrenciales que pueden llegar a producirse y pueden afectar la zona urbana del municipio de Uramita, se aprecia que buena parte de las manzanas de la zona de estudio se encuentran en zona de vulnerabilidad alta; esto aplica tanto para los fenómenos de torrencialidad debidos al Río Sucio como al Río Uramita y la Quebrada La Encalichada.

La valoración de la vulnerabilidad para las manzanas se adelanta en función de los niveles de daño en términos de afectación. En general se aprecia que dado el volumen y composición del material que se movilizaría en una avenida torrencial, se considera que en caso de presentarse alguna exposición a este tipo de fenómeno, la vulnerabilidad física sería alta independientemente de la tipología de la construcción. Entonces a partir del mapa de amenaza por torrencialidad presentado se puede establecer cuáles son las manzanas que quedan expuestas a este tipo de amenaza, que corresponden en general a las terrazas bajas del Río Sucio, Río Uramita y de la Quebrada La Encalichada.

Con base en esto se pueden incluir como zonas de vulnerabilidad física alta por torrencialidad el Barrio Cabuyal, Lourdes, Central, El Socorro, Santa Ana y San José. En el plano G-4 del Anexo G se muestra la vulnerabilidad física por torrencialidad.

### 5.5.3 Vulnerabilidad de la sociedad

Adicional a la vulnerabilidad física de las viviendas ante una amenaza de inundación, se introduce el concepto de vulnerabilidad social. Ésta permite establecer, sobre el contexto socio – económico de la población ubicada en el área de afectación, la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada<sup>1</sup>. Ante la ocurrencia de un evento de inundación potencialmente dañino, aquellos hogares con menores recursos económicos presentan una mayor dificultad para su atención que los de altos ingresos, ya que suelen tener menor capacidad de recuperarse.

La vulnerabilidad de la población expuesta puede verse incrementada por la capacidad de respuesta de las instituciones y por tanto, estos dos elementos en conjunto, constituyen la vulnerabilidad de la sociedad, cuya evaluación resulta básica en la gestión del riesgo ya que permite la definición de medidas de mitigación tendientes a mejorar la capacidad de respuesta tanto de las familias como de las instituciones.

<sup>1</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.

La vulnerabilidad social, se relaciona con la *fragilidad social* y la *falta de resiliencia*. Por un lado, la fragilidad social indica que la vulnerabilidad se explica por la misma pobreza en que viven las familias, relacionándose muy de cerca, en términos causales, con sus grados de exclusión social y el peso del riesgo cotidiano que deben vencer como parte de sus vidas diarias y, por otro lado, a que precisamente ésta fragilidad se vuelve un factor que expresa las limitaciones de acceso y movilización de recursos para una adecuada ubicación del asentamiento humano<sup>2</sup>, falta de preparativos para atender emergencias y en esa medida su incapacidad de respuesta y sus deficiencias para absorber el impacto que producen los desastres y su rehabilitación o recuperación post-desastres. La valoración de la vulnerabilidad social parte de la caracterización de la población y requiere de la definición de variables consideradas apropiadas en un área expuesta a inundaciones.

En este caso, teniendo en cuenta la homogeneidad de las condiciones sociales de la población asentada en el área de estudio, la estimación de la fragilidad social se elaboró a nivel de manzana evaluando aquellas variables que constituyen una discriminación positiva hacia aquellos hogares que se encuentran en condiciones de mayor fragilidad, utilizando para ello la información del Censo 2005, elaborado por el DANE. Los factores que fueron tomados en cuenta para determinar la vulnerabilidad social de los hogares a nivel de manzana se presentan en la Tabla 5-7.

**Tabla 5-7. Factores de vulnerabilidad de la valoración de vulnerabilidad social.**

<b>Factor de vulnerabilidad</b>	<b>Criterio</b>
El número de personas en la manzana.	A mayor número de personas, se aumenta en número de damnificados en caso de presentarse una inundación.
La proporción de niños menores 14 años y los adultos mayores con relación a la población adulta.	Indica la población que requiere de atención y sostenimiento por parte de los adultos.
La proporción de personas con alguna discapacidad en la manzana.	La presencia de un elevado número de personas con alguna discapacidad limita la capacidad de respuesta ante un evento de desastre.
El nivel de escolaridad de las personas que habitan en la manzana.	El nivel de escolaridad de las personas se relaciona con la capacidad de acceder a un trabajo. Se calificó como bajo si el 45% de los habitantes tenían una escolaridad hasta 4 primaria, medio si más del 30% de los habitantes de la manzana contaban con primaria completa hasta básica secundaria y alto si más del 20% de las personas de la manzana tenían una escolaridad mayor de básica secundaria.
La relación hombres/mujeres en edad adulta.	Considerando la influencia del conflicto armado en el municipio, una mayor presencia de mujeres en edad adulta indica la presencia de hogares con mujeres cabeza de hogar.
El acceso al servicio de alcantarillado	Resulta ser el servicio público más discriminativo.
La presencia en la manzana de lugares especiales de alojamiento - LEA.	Que implican concentración de personas, como asilo de ancianos, conventos, seminarios, cárcel, etc.
La proporción vivienda “tipo cuarto” en la manzana.	Indica un mayor grado de hacinamiento de los habitantes de una manzana.

<sup>2</sup> La localización de vivienda e infraestructura en terrenos frágiles o inestables, “está ligada por una serie de presiones dinámicas, que canalizan las causas de fondo hacia condiciones inseguras y hacia colisiones específicas en el tiempo y espacio con una amenaza natural”. PIERS BLAIKIE, otros. 1996. Vulnerabilidad. La Red.

La valoración de la fragilidad social y del factor de resiliencia de los habitantes de una manzana se realizó aplicando la calificación que se presenta en la Tabla 5-8 a los factores definidos. El peso de la valoración recaerá en las variables con puntaje máximo de 2, entre las cuales se encuentran: número de persona por manzana, proporción de niños y adultos mayores, nivel de escolaridad de las personas que habitan una manzana y proporción de viviendas “tipo cuarto”. Los extremos están dados por una fragilidad social muy alta con un puntaje máximo de 13 puntos (sumando) frente a una fragilidad social baja con un valor mínimo de 0.

**Tabla 5-8. Fragilidad social y factor de resiliencia por manzana**

Factor de vulnerabilidad	Rangos /Valoración para ponderación		
	Número de personas por manzana	≤ 40 <b>0</b>	40 – 80 <b>1</b>
Proporción de niños y adultos mayores	< 0.5 <b>0</b>	0.5 – 0.7 <b>1</b>	> 0.7 <b>2</b>
Proporción de personas con discapacidad	< 0.07 <b>0</b>	0.07 – 0.11 <b>1</b>	> 0.11 <b>2</b>
Nivel de escolaridad	Alto <b>0</b>	Medio <b>1</b>	Bajo <b>2</b>
Relación hombres/mujeres	≥ 1 <b>0</b>	< 1 <b>1</b>	
Servicio de alcantarillado	SI <b>0</b>	NO <b>1</b>	
Presencia de lugares especiales de alojamiento - LEA	NO <b>0</b>	SI <b>1</b>	
Proporción de viviendas “tipo cuarto”	≤ 5 <b>0</b>	5 – 9 <b>1</b>	> 9 <b>2</b>

Se establecieron rangos de calificación intermedios, a partir del análisis de distribución de frecuencias de la información procesada por manzana estudiada, para definir vulnerabilidad social muy alta, alta, media y baja, según se presenta en la Tabla 5-9.

**Tabla 5-9. Clasificación de la fragilidad social por vivienda**

Fragilidad social	Calificación
Baja	< 4
Media	4 - 6
Alta	6 - 8
Muy alta	> 8

Adicionalmente, con el fin de corroborar y complementar la información reportada por el DANE se elaboraron encuestas a algunas familias ubicadas en el área de estudio, escogidas al azar, con el fin de determinar su vulnerabilidad. Para ello se empleo el Formulario para la evaluación de daños en edificaciones por inundación y FRM, que recoge no solo aspectos de las viviendas sino familiares.

Teniendo en cuenta que, según Núñez y Espinosa (2005)<sup>3</sup>, un hogar es más vulnerables cuando es pobre que uno rico (en relación con los ingresos), además, en relación con la proporción de niños menores de 12 años, son más vulnerables aquellos hogares donde más de uno de cada tres miembros es un niño. De otra parte, los hogares donde menos de una cuarta parte de los miembros trabaja son más vulnerables y la incidencia de vulnerabilidad es mayor en los hogares desplazados, en los que hay una persona discapacitada, en aquellos que no tienen activos productivos y en los hogares que no son propietarios de la vivienda, se establecieron las variables y los rangos de calificación de la vulnerabilidad para los hogares encuestados.

**Tabla 5-10. Fragilidad social y factor de resiliencia por familia**

<b>Variables</b>	<b>Rangos /Valoración para ponderación</b>			
Estrato	1 y 2	3	4 y 5	6
	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
No. Personas/ vivienda	Más de 9	7 a 9	4 a 6	De 1 a 3
	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Ingresos (en SMMLV)	Menor a 1	Entre 1 y 2	Entre 2 y 4	Más de 4
	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Escolaridad Jefe de Familia	Ninguna	Primaria	Secundaria	Técnica o Universitaria
	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Propiedad sobre la vivienda	Arrendada	Propia		
	<b>1</b>	<b>0</b>		
Proporción personas que trabajan en la familia	Menor a ¼	Igual o mayor a ¼		
	<b>1</b>	<b>0</b>		
Género Jefe de Familia	Mujer	Hombre		
	<b>1</b>	<b>0</b>		
Ocupación Jefe de Familia	Desempleado	Pensionados; E. Domésticas, T. Independiente	Empleado	
	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
Edad Jefe de Familia (años)	Menor de 25	Mayor de 25		
	<b>1</b>	<b>0</b>		
Proporción niños por adulto en la familia	≥ 1/3	Menor a 1/3		
	<b>1</b>	<b>0</b>		
Discapacitados en la vivienda	Si	No		
	<b>1</b>	<b>0</b>		

5 3 NÚÑEZ J., ESPINOSA S. 2005. Determinantes de la pobreza y la vulnerabilidad. Misión para el Diseño de una Estrategia para la Reducción de la Pobreza y la Desigualdad (MERPD)

La valoración de la fragilidad social y del factor de resiliencia de los habitantes de una vivienda se realizó aplicando los factores definidos y presentados en la Tabla 5-10. Los rangos de calificación que se establecieron de la información procesada por cada una de las familias encuestadas en la muestra se presentan en la Tabla 5-11.

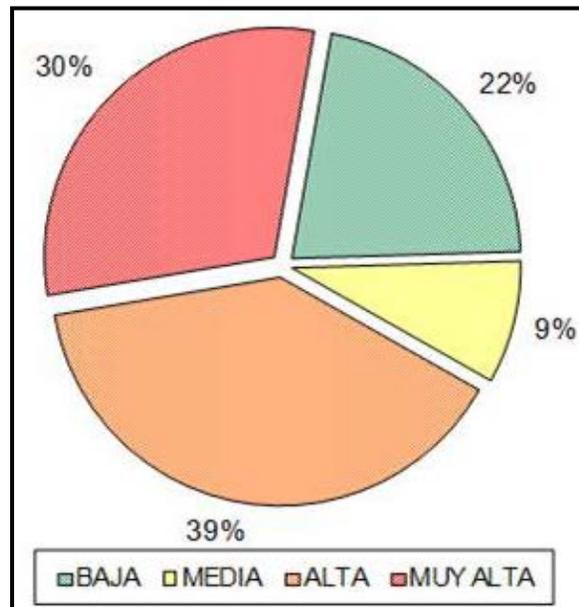
**Tabla 5-11. Clasificación de la fragilidad social por familia entrevistada**

Fragilidad social	Calificación
Baja	< 7
Media	7 –9
Alta	10 – 12
Muy alta	> 12

El resultado final de la calificación de la fragilidad social a nivel de manzana y de familia para el Municipio de Uramita se aprecia en la Tabla 5-12. En aquellos casos en los que las dos calificaciones fueron opuestas se evaluaron las razones y se optó por la que mayor discriminación positiva representa a nivel de manzana. Sin embargo, en general las encuestas a nivel de familia confirmaron lo obtenido a nivel de manzana.

Para las 23 manzanas ubicadas en el área de estudio de este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente “Muy alta” y “Alta” como puede apreciarse en la Figura 5-2 Indicando que las medidas de mitigación deben contemplar acciones que minimicen esta vulnerabilidad, de tal forma que repercutan en una mejor calidad de vida de los habitantes de este sector.

**Figura 5-2. Distribución porcentual de las categorías de vulnerabilidad social en el área de estudio.**



**Tabla 5-12. Vulnerabilidad social de las manzanas del área de estudio en el Municipio de Uramita**

Codigo Manzana DANE	Total puntaje vulnerabilidad social a nivel de manzana	Calificación de la Vulnerabilidad social a nivel de manzana	Total puntaje vulnerabilidad a nivel de vivienda	Calificación vulnerabilidad por vivienda
0584219900000000000010101	9	MUY ALTA	13	MUY ALTA
0584219900000000000010102			7	BAJA
0584219900000000000010103	9	MUY ALTA	10	ALTA
0584219900000000000010104	9	MUY ALTA	8	MEDIA
0584219900000000000010105	11	MUY ALTA	11	ALTA
0584219900000000000010106	6	ALTA	11	ALTA
0584219900000000000010107	4	BAJA		
0584219900000000000010108	5	MEDIA		
0584219900000000000010202	Plaza de mercado	ALTA		
0584219900000000000010203	4	BAJA		
0584219900000000000010204	8	MUY ALTA		
0584219900000000000010205	2	BAJA		
0584219900000000000010209	6	ALTA	7	BAJA
0584219900000000000010210	8	MUY ALTA		
0584219900000000000010211			13	MUY ALTA
0584219900000000000010212	7	ALTA	11	ALTA
0584219900000000000010213				
0584219900000000000010301				
0584219900000000000010302	5	MEDIA		
0584219900000000000010303			13	MUY ALTA
0584219900000000000010304	6	ALTA		
0584219900000000000010305	6	ALTA		
0584219900000000000010306	6	ALTA		
0584219900000000000010307	4	BAJA	6	BAJA
0584219900000000000010309	7	ALTA	10	ALTA
0584219900000000000010310	9	MUY ALTA		
0584219900000000000010311	7	ALTA	11	ALTA
0584219900000000000010313	4	BAJA		
0584219900000000000010314			13	MUY ALTA

#### 5.5.4 Vulnerabilidad institucional

La vulnerabilidad institucional, se refiere a la capacidad de las instituciones para incorporar la gestión del riesgo en sus planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, de tal forma que se definan las políticas, estrategias, programas y proyectos orientados a la mitigación y prevención de riesgo en su nivel territorial, así como que contemplen la gestión de riesgo como un componente de los procesos de gestión del desarrollo sectorial y territorial, del ambiente y de la sostenibilidad, en general<sup>4</sup>.

Se refiere también a su capacidad de respuesta ante la ocurrencia de desastres así como la capacidad de recuperarse una vez sucedidos, que se relaciona con la vulnerabilidad fiscal de la entidad territorial afectada.

<sup>4</sup> LAVELL, 2003

Además de lo anterior, es preciso tener en cuenta la capacidad de gestión del riesgo que poseen las instituciones de acuerdo a los roles, funciones y responsabilidades que deben cumplir según la normatividad vigente, que se refleja en el conocimiento de los riesgos presentes en el municipio, la incorporación de la prevención y reducción de riesgos en la planificación, el fortalecimiento del desarrollo institucional y la socialización de la prevención y la mitigación de desastres.

Por otro lado la capacidad de respuesta institucional, está dada tanto por la coordinación entre el ejecutivo y las instituciones operativas, como por la disponibilidad de personal y recursos físicos y financieros que permita una actuación eficaz y oportuna.

Todo acompañado por la generación de información confiable, clara, detallada, segura, específica, adaptada y apropiada por la sociedad vulnerable (población e instituciones).

Por ello, el conocimiento de la Vulnerabilidad de la Sociedad dentro de un estudio de riesgo ante cualquier amenaza constituye un insumo importante, toda vez que las acciones definidas como medidas de mitigación y reducción del riesgo requerirán, necesariamente, de instituciones que integren esfuerzos para su cabal desarrollo.

La vulnerabilidad institucional es un factor que afecta a una escala diferente ya que generalmente compromete la totalidad de la entidad territorial sobre la cual ésta ejerce su nivel jurisdiccional. Se constituye en una variable que influye sobre la vulnerabilidad global, pero que resulta difícil medirla en el nivel de áreas más detalladas. Sin embargo, es importante evaluar su impacto en los procesos de gestión del riesgo tanto en la prevención y mitigación como en la atención de emergencias, como se mencionó anteriormente.

Con el fin de evaluar la vulnerabilidad institucional relativas con los aspectos administrativos se realizó una entrevista con Planeación Municipal. En el Municipio no operan ni Cuerpo de Bomberos, ni Cruz Roja, ni Defensa Civil.

Se ha constituido y se encuentra en funcionamiento el Comité Local de Prevención y Atención de Desastres – CLOPAD, cuyas reuniones se llevan a cabo cada dos meses.

Como estrategias para la reducción y mitigación de riesgos se han prohibido realizar construcciones en las zonas de alto riesgo, mediante la imposición de restricciones a la expedición de licencias de construcción y se han construido gaviones y muros de contención en concreto.

Sin embargo, no se cuenta con un presupuesto definido para la gestión del riesgo, no se ha elaborado el Plan Local de Emergencias y Contingencias y no se realiza una sistematización de los reportes que se generan en cada uno de los eventos que ocurren, con el fin de estimar los daños ocurridos y las pérdidas ocasionadas por ellos, adicional a esto, los recursos disponibles resultan insuficientes en muchos de los casos para la renovación y adquisición de equipos, así como para realizar obras de mitigación.

## CONTENIDO

6	VALORACIÓN DEL RIESGO .....	6-1
6.1	INTRODUCCIÓN .....	6-1
6.2	DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO .....	6-1
6.2.1	Riesgo por torrencialidad .....	6-1
6.2.2	Riesgo por inundación .....	6-2
6.2.2.1	Riesgo físico por Inundación .....	6-2
6.2.2.2	Riesgo corporal por Inundación.....	6-2
6.2.3	Riesgo por Inestabilidad.....	6-3

## 6 VALORACIÓN DEL RIESGO

### 6.1 INTRODUCCIÓN

Una vez definida la amenaza por torrencialidad, inundación y por inestabilidad de las márgenes y haber establecidos 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.

### 6.2 DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

#### 6.2.1 Riesgo por torrencialidad

La categorización de los niveles de riesgo por torrencialidad se presenta en el plano H-1 del Anexo H y dichos niveles se definieron con la aplicación de la siguiente matriz:

**Tabla 6-1. Matriz de Riesgo físico por torrencialidad**

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 Naranja - Niveles de riesgo alto (A):* El nivel de afectación de la construcción es alto, especialmente debido a que la localización de la misma se encuentra en una condición de amenaza intermedia y de vulnerabilidad física alta, y está asociado tanto a viviendas de recuperación como a las construidas con otros sistemas. Las zonas que fueron encontradas como de alto riesgo corresponden al Barrio Santa Ana a excepción del Hospital Tobías Puerta, el Barrio San José, el Barrio Cabuyal y la parte alta del Barrio El Socorro, según se muestra en el Anexo H en el plano H-1.

*Tono amarillo - Niveles de riesgo medio (M):* Nivel de afectación de la construcción es medio, y está asociado a sectores donde los niveles de amenaza son bajos y a viviendas de recuperación como a las construidas con otros sistemas. En esta categoría se encuentran el Hospital Tobías Puerta, la parte media y baja del Barrio El Socorro y el Barrio Lourdes, según se muestra en el Anexo H en el plano H-1.

*Tono verde - Niveles de riesgo bajo (B):* Nivel de afectación de la construcción es bajo. Corresponde a zonas en las que los niveles de amenaza son muy bajos y a viviendas de recuperación como a las construidas con otros sistemas, según se muestra en el Anexo H en el plano H-1.

## 6.2.2 Riesgo por inundación

La categorización de los niveles de riesgo por inundación se presenta en el plano H-2 del Anexo H y se definieron con la aplicación de las matrices presentadas en la Tabla 6-2 y Tabla 6-3.

### 6.2.2.1 Riesgo físico por Inundación

**Tabla 6-2. Matriz de Riesgo físico por Inundación.**

Amenazad	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

El plano se elaboro empleando el criterio semáforo, esto es:

*Tono Naranja - 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. De acuerdo con los resultados de los análisis efectuados no se encontraron manzanas en zona de riesgo físico alto por inundación, según se muestra en el Anexo H en el plano H-2.

*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 dentro de esta zona las manzanas 005 y 006 del Barrio Santa Ana. Se encontraron en zona de riesgo físico medio por inundación algunas manzanas del Barrio Santa Ana, según se muestra en el Anexo H en el plano H-2.

*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 100 años, 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 ladrillo. Se encuentran zonas de bajo riesgo por inundación en el sector del Barrio San José, las manzanas 001,004 y 004 del Barrio Santa Ana, el Barrio Cabuyal, el Barrio Lourdes y las manzanas de la margen derecha del Río Uramita en el Barrio El Socorro, lo cual se muestra en el Anexo H en el plano H-2.

### 6.2.2.2 Riesgo corporal por Inundación

Para la estimación del riesgo corporal por las inundaciones, afectación a personas, la matriz se estimo 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 elaboro empleando el criterio semáforo, esto es:

*Tono Naranja - 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. De acuerdo con los resultados de los análisis efectuados no se encontraron manzanas en zona de riesgo corporal alto por inundación, según se muestra en el Anexo H en el plano H-2.

*Tono amarillo - Niveles de riesgo medio (M):* Nivel de afectación de las personas es medio, y está asociado a sectores donde el nivel de agua está por debajo de 1 m y cercano a los 0,5 m. De acuerdo con los resultados de los análisis efectuados no se encontraron manzanas en zona de riesgo corporal medio por inundación, según se muestra en el Anexo H en el plano H-2.

*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 50 años, y alturas de agua menores a 0.5 m. Se encuentran zonas con riesgo corporal bajo en todas las manzanas del casco urbano del municipio que hacen parte de la zona de estudio, según se muestra en el Anexo H en el plano H-2.

**Tabla 6-3. Matriz de Riesgo corporal por Inundación.**

Amenazad	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Alta	Media
Baja	Media	Media	Baja

### 6.2.3 Riesgo por Inestabilidad

La delimitación de las áreas de riesgo por inestabilidad 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 H-3 del Anexo H 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:* Se encuentran dentro de esta zona el Barrio Santa Ana, las manzanas 001 y 002 de Barrio San José, la manzana 006 y 007 del Barrio El Socorro, y las manzanas 001 y 002 del Barrio Lourdes. Dentro de estas se debe indicar que las manzanas 003 y 006 del Barrio Santa Ana se encuentran en zona de riesgo por caídas de bloques desde las laderas adyacentes, mientras que en los demás se presentan procesos de socavación lateral de las márgenes de las corrientes estudiadas de acuerdo con lo observado en las visitas de campo. Las manzanas incluidas dentro de la zona de riesgo alto por inestabilidad de márgenes se presentan en el Anexo H en el plano H-3.

En estos sectores ante todo se deben respetar las zonas de ronda de las corrientes estudiadas y definir zonas de aislamiento y protección en las que se restrinja la construcción de edificaciones; en cuanto a los problemas puntuales se recomienda hacer inspecciones frecuentes con el fin de identificar la existencia de bloques sueltos y removerlos de manera controlada, y en los sectores afectados por socavación se plantea la construcción de obras de protección según se indicará más adelante.

*Riesgo Medio:* Esta categorizado como riesgo medio, las manzanas 003, 004 y 005 del Barrio San José, las manzanas 001 y 002 del Barrio Central, las manzanas 003, 004 y 008 del Barrio Lourdes, las manzanas 001 y 005 del Barrio El Socorro y las manzanas 001, 002 y 003 del Barrio Cabuyal. Las manzanas incluidas dentro de la zona de riesgo medio por inestabilidad de márgenes se presentan en el Anexo H en el plano H-3.

*Riesgo Bajo:* Están en esta categoría las manzanas que en la actualidad no se identifica la generación de riesgo por inestabilidad. De acuerdo con lo encontrado en el presente estudio no se encontraron manzanas en la zona urbana incluidas dentro de la zona de riesgo bajo por inestabilidad de márgenes, lo cual se presenta en el Anexo H en el plano H-3.

En general se recomienda proteger y mejorar la cobertura de ribera de los cauces del Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada La Encalichada a todo lo largo del mismo, con el fin de evitar que en las zonas donde está más intervenida la vegetación se generen problemas de inestabilidad de las márgenes.

## CONTENIDO

<b>7</b>	<b>PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO .....</b>	<b>7-1</b>
7.1	INTRODUCCIÓN .....	7-1
7.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES .....	7-1
7.3	PLAN GENERAL DE ACCIÓN .....	7-2
7.3.1	<i>Plan de mejoramiento integral</i> .....	7-3
7.3.2	<i>Medidas de Mitigación - No Estructurales</i> .....	7-3
7.3.3	<i>Medidas de Mitigación – Estructurales</i> .....	7-5
7.4	NIVEL DE RESPONSABILIDAD .....	7-6

## **7 PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO**

### **7.1 INTRODUCCIÓN**

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por torrencialidad, inundación e inestabilidad en la zona urbana del municipio de Uramita, se plantea una serie de actividades de prevención, mitigación y control. 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 e inestabilidad. Este cambio de uso busca mitigar los efectos negativos de la actividad antrópica y el inadecuado planeamiento y desarrollo urbano con el que se ha venido consolidando la parte urbana y que han sido claramente identificados con los resultados obtenidos en este estudio de vulnerabilidad y riesgo.

### **7.2 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 la intervención del hombre sobre el medio físico, consecuencia directa del avance urbanístico de la zona. En este municipio el desarrollo urbano se ha dado sobre las márgenes del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada, y es frecuente observar que los cerramientos y patios de las viviendas se encuentran incluso dentro del cauce mismo de estas corrientes; debido a esto una parte importante de las viviendas e infraestructura se encuentra en zona de amenaza por la ocurrencia de eventos torrenciales, en especial los sectores ubicados en las partes bajas.

La conformación de los valles de las corrientes estudiadas a su paso por la zona urbana del municipio y la localización de las viviendas hace que éstas en general no se vean expuestas a fenómenos de inundación, excepto por los cerramientos y patios que se encuentran dentro del cauce. Durante la ocurrencia de crecientes resulta de mayor interés la generación de procesos de socavación que pueden llegar a afectar las terrazas de las corrientes estudiadas y las cimentaciones de obras que se encuentren dentro del cauce.

Otro fenómeno amenazante es el de inestabilidad de las márgenes que afecta la zona urbana en sitios puntuales como la margen derecha del Río Sucio en la zona comprendida entre las desembocaduras del río Uramita y la Quebrada La Encalichada, en la carrera 13 y entre carreras 24 y 25. En el Río Uramita se han observado fenómenos de socavación lateral en la margen derecha en la vía a Peque y en la Calle 24, mientras que en la Quebrada La Encalichada los fenómenos que se han presentado son de socavación lateral en la cimentación de los muros en gaviones existentes. También se debe indicar que de acuerdo con lo indicado por habitantes del sitio en el pasado se ha dado la ocurrencia de caídas esporádicas de bloques desde las laderas adyacentes a la Quebrada La Encalichada.

De acuerdo con lo anterior, dentro de las consideradas las principales amenazas para la zona urbana del municipio son la de la ocurrencia de avenidas torrenciales y la generación de procesos de socavación lateral durante crecientes en el Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada, mientras que las amenazas por inundación e inestabilidad afectan zonas de menor extensión. En este sentido las actividades de gestión del riesgo deben estar orientadas a establecer las rondas hidráulicas de los ríos y la quebrada que pasan por la zona urbana, para que éstas sirvan como zonas aislamiento y protección ambiental, con la consiguiente restricción de uso para vivienda. En general las medidas de mitigación y control contra fenómenos de avenidas torrenciales, socavación, inundaciones e inestabilidad de márgenes deben estar dirigidas a reducir la amenaza, la vulnerabilidad y los efectos sociales derivados de éstas.

### **7.3 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, busca corregir 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 de los predios situados en las terrazas bajas inundables y de las zonas bajas que se puedan ver afectadas por avenidas torrenciales, considerando la recuperación de las márgenes de los ríos y quebradas que han sido invadidas con la construcción de viviendas, y su redefinición de uso como área de protección del sistema ecológico del municipio. Esto incluye las zonas no urbanizadas que puedan verse sometidas al efecto de estos fenómenos, además del planteamiento del mejoramiento del entorno urbano y ambiental del área en estudio. Teniendo en cuenta que existen sectores dentro de la zona urbana que se pueden ver afectados por procesos de inestabilidad en las márgenes del Río Sucio, también se deben implementar obras de protección para mitigar los efectos de las crecientes del mismo.

En el caso de las amenazas por eventos torrenciales, considerando que la magnitud de estos eventos es variable, por una parte se debe considerar para reducir la vulnerabilidad y el grado de exposición, la conformación de una zona de aislamiento y protección. Dentro de las medidas de mitigación que se pueden considerar para eventos torrenciales se tiene la revegetalización de las laderas que hacen parte de las cuencas de estas corrientes, la construcción de obras transversales y revegetalización en las partes medias y altas de las cuencas, el establecimiento de planes de seguimiento y monitoreo a las corrientes torrenciales para establecer si se han producido obstrucciones a los cauces, además de la implementación de planes de contingencia y sistemas de alarma para que la población actúe ante la posibilidad de un fenómeno de este tipo.

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.

### 7.3.1 Plan de mejoramiento integral

Esta actividad está enfocada a dar un tratamiento urbanístico global a la zona, en aras de generar un cambio radical 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, socavación e inestabilidad de márgenes. Se consideran obras que se deben ejecutar 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. Para el caso de los eventos de avenidas torrenciales se debe establecer un sistema de alarma y planes de contingencia para informar a la comunidad sobre las acciones que se debe tomar en caso de que ocurra uno de estos fenómenos.

### 7.3.2 Medidas de Mitigación - No Estructurales

Dentro de este grupo se proponen las siguientes acciones:

**Regulación del uso del suelo:** Se refiere a la restricción normativa de uso del suelo que se debe aplicar en las márgenes del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada, en los sectores afectados por inestabilidad de márgenes y en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción geomorfológica o ambiental. La restricción de uso del suelo aplica para la terraza baja de la margen izquierda del Río Sucio, la margen derecha del mismo río en el sector comprendido entre la desembocadura del Río Uramita y la Quebrada La Encalichada y la margen izquierda del Río Uramita en la parte alta del casco urbano. En el plano I-3 del Anexo I se presentan las acciones de gestión del riesgo propuestas.

Las medidas no estructurales planteadas buscan que el uso del suelo para vivienda en las zonas referidas sea evitado en beneficio de la estabilidad física y ambiental del valle del Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada La Encalichada. En general es necesario que se respeten las zonas de protección ambiental definidas dentro de las acciones de gestión del riesgo.

El uso recomendado para estas áreas de protección ambiental es de zonas verdes y de 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.

**Reubicación de Viviendas:** Las viviendas que se deben reubicar corresponden a las que se encuentren en proceso de ruina como resultado de los procesos que afectan los distintos sectores de la zona urbana. La reubicación de familias se debe hacer para evitar afectaciones debidas a fenómenos de inestabilidad y socavación, y para consolidar la zona de protección del río (ronda) y el manejo urbano de la zona.

**Adecuación Paisajística del Área:** Esta actividad debe involucrar las zonas de restricción por 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 a la recuperación de la cobertura vegetal y control de los procesos erosivos presentes en las márgenes del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada.

**Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada:** Es indispensable que conjuntamente con la conformación de la zona de manejo y protección ambiental, se delimite geográficamente la ronda del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada en ambas márgenes en cumplimiento de las normas de protección y preservación de cauces establecidas en la normatividad y en el POT de Uramita, de tal manera que se proteja y blinde su cauce, reactivando y protegiendo además la vegetación de ribera.

Para la condición actual, la zona de ronda incluiría todo el perímetro inundable al hacer el análisis con Tr 50 años más una franja de treinta metros. Se debe tener en cuenta que de acuerdo con la definición de las zonas de ronda que aparecen en el plano I-3 del Anexo I, buena parte de las viviendas del casco urbano se encuentran dentro de estos sectores e incluso por dentro del cauce de las corrientes estudiadas. Considerando que es una gran cantidad de predios a los que se les cambiaría el uso, y que esto puede generar amplias repercusiones sociales, se debe definir por parte de Corpourabá y las autoridades locales los niveles de riesgo admisible para saber cuáles de estos se deben reubicar.

**Información pública:** Esta actividad busca suministrar mediante campañas educativas la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de la comunidad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental. Para esto el municipio debe realizar campañas educativas participativas que lleven a la comunidad a entender y apropiarse los conceptos de:

1. El nivel de riesgo a que están expuestos, tanto en las áreas urbanas no consolidadas del sector como en los sectores de urbanismo consolidado que se encuentran en zonas de amenaza.
2. Identificación de agentes contribuyentes a los fenómenos de inundación, avenidas torrenciales e 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. Se debe incluir el seguimiento y monitoreo a los cauces de las quebradas que presentan comportamiento torrencial respecto a la ocurrencia de obstrucciones o taponamientos que puedan desencadenar en la ocurrencia de avenidas torrenciales.
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 inundaciones, inestabilidad o avenidas torrenciales.

Estas campañas deben ser realizadas por cada una de las entidades responsables mediante charlas, talleres participativos, cartillas de fácil entendimiento y divulgación, entre otros que permitan la adecuada apropiación de los conceptos.

### **7.3.3 Medidas de Mitigación – Estructurales**

Este tipo de medidas pretende mejorar las condiciones de seguridad en los sectores más vulnerables ante eventos de torrencialidad, inundaciones, socavación e inestabilidad de márgenes por la ocurrencia de avenidas torrenciales y crecientes del Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada La Encalichada.

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 los fenómenos de socavación, inestabilidad de márgenes y del desborde por creciente del Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada La Encalichada.

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

**Diseño y Construcción de Obras de Protección y Control:** Estas obras están encaminadas a la protección contra los procesos de socavación lateral que ocasionan deslizamientos y afectaciones a las obras de protección existentes, así como al control de ascensos del nivel de agua durante las crecientes dentro de un concepto de tratamiento integral.

Para proteger las viviendas de los sectores aledaños a la Quebrada La Encalichada, se plantea la construcción de dos muros en gaviones paralelos a las márgenes de la misma para dar continuidad a los que existen en el tramo aguas arriba del puente peatonal; en los sectores en que se han presentado deterioros en los muros existentes se debe realizar su reparación o incluso su reconstrucción como en el sector aguas arriba del puente peatonal en la margen izquierda. Con el fin de restar potencial erosivo a la corriente de esta quebrada, se plantea además la construcción de unos escalones disipadores de energía en concreto ciclópeo y colchogaviones.

En la margen derecha del Río Sucio en el sector comprendido entre las desembocaduras del Río Uramita y la Quebrada La Encalichada, se propone que se haga un perfilado en la parte de la terraza afectada por agrietamientos y desprendimientos, y relleno en la parte socavada. En este mismo sector se propone la realización de enrocados con malla gavión

y sin malla para proteger este sector de la ocurrencia de procesos de socavación. En la margen derecha del Río Sucio en el sector de la Carrera 13 y de la Carrera 25 también se plantea la protección con enrocados por la protección de la terraza.

Las obras indicadas anteriormente son complementarias a las acciones no estructurales comentadas en el numeral anterior. Los costos de obras de mitigación y control de amenazas por inundación e inestabilidad de márgenes se reportan en el Capítulo 9 de este informe..

Para la mitigación de los efectos de eventos de avenidas torrenciales se debe llevar a cabo la revegetalización de las laderas de las cuencas de las corrientes que presenten tendencia a la ocurrencia de estos eventos, y la implementación de obras transversales en las partes medias y altas de las cuencas. El dimensionamiento y espaciado de estas obras deben obedecer a diseños específicos no considerados en el alcance del presente estudio en vista de que se trata de zonas que se encuentran en la parte rural del municipio.

#### **7.4 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 7-1.

En la Tabla 7-1 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 7-1. Matriz de responsabilidades**

**RESPONSABLES**

Plan general de acciones	Tipo de acción	Alcaldía municipal – Secretarías				Corpourabá	Dapard	Empresas de Acueducto y Alcantarillado	Juntas de Acción Comunal
		Gobierno	Planeación	Desarrollo Comunitario	Obras Públicas				
<b>OBRAS DE MITIGACION – NO ESTRUCTURALES</b>									
<b>Plan de Mejoramiento integral (*)</b>	P, E	1	1	1	1	1	1	1	2
<b>1- Regulación del Uso del Suelo</b>	P, Rec, R	1	1	1		1	2	1	2
<b>2- Reubicación de Viviendas</b>	P, E, Ad	1	1	1			1		2
<b>3- Adecuación Paisajística del Área.</b>	P, D, C, R	1	1	1	1	2	3		2
<b>4- Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental del Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada La Encalichada</b>	P, D, E		1	2		1	2	2	2
<b>5- Información Pública</b>	TS, R			1		2	2		2
<b>6- Monitoreo y seguimiento de las cuencas de las quebradas torrenciales</b>	P, E, R	1		1	1	1	1		2
<b>7 – Planes de contingencia</b>	O, E, R, TS	1	1	1		1	1		2
<b>OBRAS DE MITIGACION – ESTRUCTURALES</b>									
<b>1- Diseño y construcción de obras de mitigación y control</b>									
Muros en gaviones paralelos a la Quebrada La Encalichada y disipadores en concreto ciclópeo	D, C		1		1	1	1		3
Perfilado y relleno, revegetalización de los sectores reconfirmados	D, C		1		1	1	1		
Enrocados de protección con y sin malla gavión	D, C		1		1	1	1		3
<b>2- Tratamiento local de mitigación y control de procesos</b>									
Obras transversales en las partes altas de las cuencas de las quebradas torrenciales	P, D, C, Ad	1	1		1	1	1		3
Revegetalización y empradización de zonas de protección y ronda	D, C		1		1	1	1		3
Remoción controlada de bloques sueltos	D, C		1			1	1		2

**TIPO DE ACCION**

- P Planeación
- E Ejecución
- D Diseño
- C Construcción
- R Recomendaciones y pautas
- Ad Adquisición de terrenos
- Rec Restricción de uso
- TS Talleres de socialización

**NIVEL DE RESPONSABILIDAD**

- 1 Responsabilidad principal
- 2 Responsabilidad en segunda instancia
- 3 Responsabilidad en tercera instancia - Mantenimiento

## CONTENIDO

8 ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO.....	8-1
8.1 INTRODUCCIÓN.....	8-1
8.2 DIAGNÓSTICO DEL POT FRENTE A LA GESTIÓN DE RIESGOS.....	8-1
8.2.1 Suelo de protección .....	8-1
8.2.2 Amenazas urbanas .....	8-2
8.2.3 Tratamiento del suelo urbano .....	8-4
8.3 REQUERIMIENTOS DE LA LEY 388/97 EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS DE ORIGEN NATURAL.....	8-6
8.4 PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT	8-6
8.5 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO .....	8-9

## **8 ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO**

### **8.1 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 2000 el cual debe ser ajustado en el tema de riesgo a partir de los resultados del presente estudio.

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

En términos generales el plan general de acción recomendado en el estudio guarda coherencia con lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Uramita. 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 propuesta urbanística del sector objeto de estudio.

#### **8.2.1 Suelo de protección**

Constituido por las zonas y áreas de terrenos que tienen restringida la posibilidad de urbanizarse para la localización de asentamientos humanos por sus características geográficas, paisajistas ó ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructura para la provisión de servicios públicos domiciliarios o las áreas de amenazas y riesgo no mitigable.

Los objetivos y estrategias para el suelo de protección en el área urbana son:

- Desarrollar prácticas ambientales, a través de los grupos ecológicos presentes en el Municipio.
- Buscar un equilibrio del medio ambiente acorde a las necesidades de la población, solucionando sus necesidades básicas de subsistencia, con el apoyo de la Administración Municipal.

En el territorio urbano del Municipio de Uramita, las áreas que por sus características naturales merecen protegerse y conservarse son:

- Riveras de los ríos Uramita, Río Sucio y Quebrada la Encalichada en las inmediaciones del casco Urbano.
- Evitar la extracción de material de playa, para evitar la desestabilización de los taludes de estos cauces, y por lo tanto minimizar los riesgos de las viviendas localizadas en los márgenes de estas fuentes de agua; de esta forma se minimiza el riesgo del desvío de cauce del Río Sucio.
- Protección de los taludes de las cuencas del Riosucio, río Uramita y Quebrada la Encalichada que forman parte del área urbana del Municipio, con vegetación apropiada evitando que se generen programas de deslizamiento que puedan afectar las viviendas y la población.
- Protección de las fuentes de agua de los ríos Uramita, Riosucio y Quebrada la Encalichada para evitar represamientos de cause con desechos sólidos y prevenir fenómenos por inundación.
- Es necesario a través de la Secretaría de Planeación Municipal, la prohibición de la construcción de viviendas en zonas de alto riesgo con el fin de evitar la posterior reubicación de las mismas o en casos mayores tragedias naturales que signifiquen pérdidas humanas

### 8.2.2 Amenazas urbanas

Según revisión hecha por Caballero y Mejía en Uramita se documentan los siguientes procesos geomorfológicos desde octubre de 1955 hasta agosto de 1971: Deslizamientos con daños de vías, avenida torrencial producida por el deslizamiento en el Revenidero y un huracán que produjo daños en la infraestructura física del Municipio.

Las principales amenazas a las que está sometido Uramita son: Erosión de terrazas, deslizamientos, caída de bloques, inundaciones y amenaza de tipo sísmica. Erosión de la terraza donde se encuentra construida la cabecera municipal.

La desestabilización de los taludes de los cauces, desvío y cambio en la dinámica de las corrientes son el resultado de la acción de las corrientes que circundan la población, estos procesos son aumentados por la extracción de material de playa cerca al casco urbano.

**Deslizamientos:** La deforestación de la zona, el pastoreo en las laderas adyacentes al casco urbano y el efecto de la acción de algunas pequeñas corrientes cerca a las cabeceras generan deslizamientos.

**Caída de bloques:** La ausencia de adecuada cobertura vegetal en algunos escarpes produce caída de bloques. Este proceso cobra importancia en la base del escarpe aledaño al río Juntas en los barrios El Socorro y La Feria, donde las fuertes pendientes, un suelo poco compacto donde se encuentran bloques de roca sueltos de hasta 2 m de diámetro.

**Inundaciones:** Sobre la llanura de inundación de la quebrada La Encalichada donde la sección es más estrecha, se construyeron algunas viviendas del barrio Santa Ana que son afectadas en las crecientes.

La torrencialidad de los ríos y las crecientes que presentan, los desechos sólidos arrojados a los lechos del río Juntas, producen inundaciones que afectan en especial a las viviendas construidas en las llanuras de inundación de dichas corrientes. Lo anterior hace que se presenta la probabilidad de ocurrencia de crecientes en las zonas bajas del área urbana de Uramita.

**Amenaza Sísmica:** El Municipio de Uramita está ubicado en una zona de riesgo sísmico intermedio, en la cual se presentan periódicamente enjambres de sismos de magnitud media a baja que afectan áreas relativamente pequeñas

Las recomendaciones planteadas en el POT el mejor planeamiento del casco urbano son las siguientes:

- Reforestación de Morro San Pablo con especies adecuadas que favorezcan la retención y evitar la siembra de cultivos limpios y la extracción de material vegetal: con lo cual se lograría retener los bloques rocosos que alcanzan hasta dos metros de diámetro, presentes en las laderas y evitar que las casas del barrio El Socorro y sector de la Feria sean afectadas.
- Trazar Políticas de desarrollo para el casco urbano donde se determinen sitios específicos para la construcción de viviendas y sitios de recreo.
- Plan de reubicación a mediano plazo: Para las viviendas localizadas en las llanuras de inundación de los diferentes ríos y quebradas que rodean el casco urbano. También la reglamentación de la construcción de viviendas en la base del escarpe del Morro San Pablo y de las viviendas aledañas a la carretera principal cerca al escarpe del cementerio.
- Reglamentación del uso del suelo urbano en el barrio Santa Ana: Con ello se evitaría que el cauce de la quebrada La Encalichada continúe estrechándose y posibilite inundaciones por crecientes torrenciales.
- La elaboración de una cartografía del Municipio en una escala adecuada, lo cual contribuiría al conocimiento del Municipio en varias áreas y a la realización de trabajos específicos.
- Recopilación por un funcionario del comité local de emergencias de los diferentes acontecimientos que han afectado al Municipio: deslizamientos, tormentas, fuertes aguaceros que generan inundaciones, sismos, agrietamientos y desplomes de viviendas, crecientes de quebradas, movimientos lentos del terreno (reptación), aguas intermitentes, aguas subterráneas, etc.
- Mejoramiento del conocimiento de las diferentes amenazas a las que está sometido el Municipio.

- Construcción de un relleno sanitario tecnificado.
- Constitución y funcionamiento del comité local de emergencia.
- Desarrollo de políticas referentes a la recuperación de sitios que presentan algún tipo de amenaza a los habitantes.
- Campañas para la conservación de cuencas hidrográficas.

**La vivienda en Zonas de Alto Riesgo:** La mayor parte del territorio urbano de Uramita presenta gran amenaza por inundación debido a la confluencia del río Uramita y la quebrada La Encalichada y a la ubicación de los diferentes asentamientos sobre las áreas inmediatas a las fuentes.

Las amenazas por inundación más latentes se presentan en:

- La desembocadura del Río Uramita en el río Sucio, afectando un gran sector central comercial (barrio Lourdes).
- Las viviendas ubicadas en el costado sureste de la carrera 20 a la altura del barrio El Socorro.
- Las viviendas ubicadas en el barrio Santa Ana al costado este de la carrera 23.
- El barrio San José presenta grave peligro de inundación en la ribera norte del río Sucio
- El barrio Cabuyal está amenazado por inundación del río Sucio.

La prevención de desastres por fenómenos de deslizamiento es un imperativo en todo el territorio, dada la conjugación de variables biofísicas en intensidades críticas que sucede en el territorio. Es así, como debe condicionarse todo tipo de inversión económica, en obras de infraestructura, siendo necesario conocer las circunstancias reales del territorio en sus aspectos geográficos de clima, geología y cobertura, ya que limitan y condicionan los aspectos constructivos. Debe desarrollarse todo un plan de prevención y atención de desastres, con responsabilidades concretas, un plan de trabajo preestablecido que contemple un monitoreo permanente, es recomendable vincular el sector educativo (Profesores y alumnos), dado el conocimiento preciso que poseen del territorio.

### **8.2.3 Tratamiento del suelo urbano**

El suelo urbano será objeto de tratamiento diferencial con respecto a las áreas suburbanas y de expansión, en este se implementará un nivel máximo de construcción en función de la infraestructura de servicios y se propenderá por el mayor desarrollo en cuanto a la densificación de tal manera que de forma a priori se logren unas óptimas condiciones espaciales, ambientales y de servicios.

Antes de incentivar los procesos de desarrollo urbano en las áreas suburbanas y de expansión, el Alcalde mediante acto administrativo definirá, la densidad constructiva el área mínima del lote y alturas para cada sector del territorio urbano.

La renovación, la conservación y el mejoramiento integral en la zona urbana, se priorizará para los sectores con mayores densidades físicas y con los más altos índices de deterioro; Esto bajo acciones integrales donde se atienda el espacio privado representado por la vivienda y el espacio público o entorno; todo lo anterior será consecuente con las propuestas de ordenamiento urbano y de los usos del suelo incorporados en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial.

Las acciones y diferentes actuaciones para los suelos de expansión urbana tendrán una intensidad planificada y serán acordes a lo que las autoridades planificadoras en cabeza del señor Alcalde establecieron en lo relacionado a prioridades y densidades ( Densidad de construcción, áreas mínimas de lotes, alturas permitidas, destinación a zonas verdes, secciones gratuitas para ordenación)

De igual forma las acciones o interacciones sobre las áreas de expansión guardaran fiel cumplimiento ante lo propuesto en el Plan de Ordenamiento Urbano.

**Corredor de servicios:** Las zonas destinadas como corredor de servicios, serán las zonas aledañas al perímetro urbano a lado y lado de la vía troncal, donde se podrían ubicar estaciones de servicio, industrias u otras actividades que se encuentren incompatibles con la actividad residencial.

**Zonas destinadas para ubicación de las nuevas áreas recreativas y deportivas:** serán ubicadas al otro lado del Rio Sucio, en la rivera cerca al puente militar, y en la parte alta del barrio Santa Ana en las áreas disponibles para este fin, por la Quebrada la Encalichada .

La propuesta de Ordenamiento Urbano, fundamental en el Municipio de Uramita, incluye para cada sector existente una complementariedad de uso de acuerdo al uso predominante, fortaleciendo los espacios recreativos y buscando dar solución a la ubicación de espacios públicos tan necesarios para la población.

El desarrollo urbano, realizado a lo largo de vías de comunicación, deberá contener alternativas de espacios sociales que permitan al habitante otras formas de relacionarse con el entorno.

Las nuevas áreas determinadas para la expansión urbana deberán solucionar problemas presentados de hacinamiento en el área urbana, mejorando las calidades espaciales y urbanas, proporcionando al habitante y al viajero un Uramita agradable donde vivir.

Las viviendas y edificaciones en general deberán mantener alturas inferiores a los tres niveles para evitar la densificación sobre estas vías de comunicación, situación que espacialmente hace ver la calle más estrecha.

El desarrollo físico sobre la actual estructura urbana será restringido, esto limitando el crecimiento en altura, posibilitando como máximo la construcción de tres niveles e incentivando la consolidación urbana sobre las nuevas áreas de expansión. Se propenderá entonces por el logro de una transición que de paso a nuevos asentamientos urbanos sobre partes altas relativamente alejadas de las áreas de mayores conflictos por amenazas de inundación.

### **8.3 REQUERIMIENTOS DE LA LEY 388/97 EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS DE ORIGEN NATURAL**

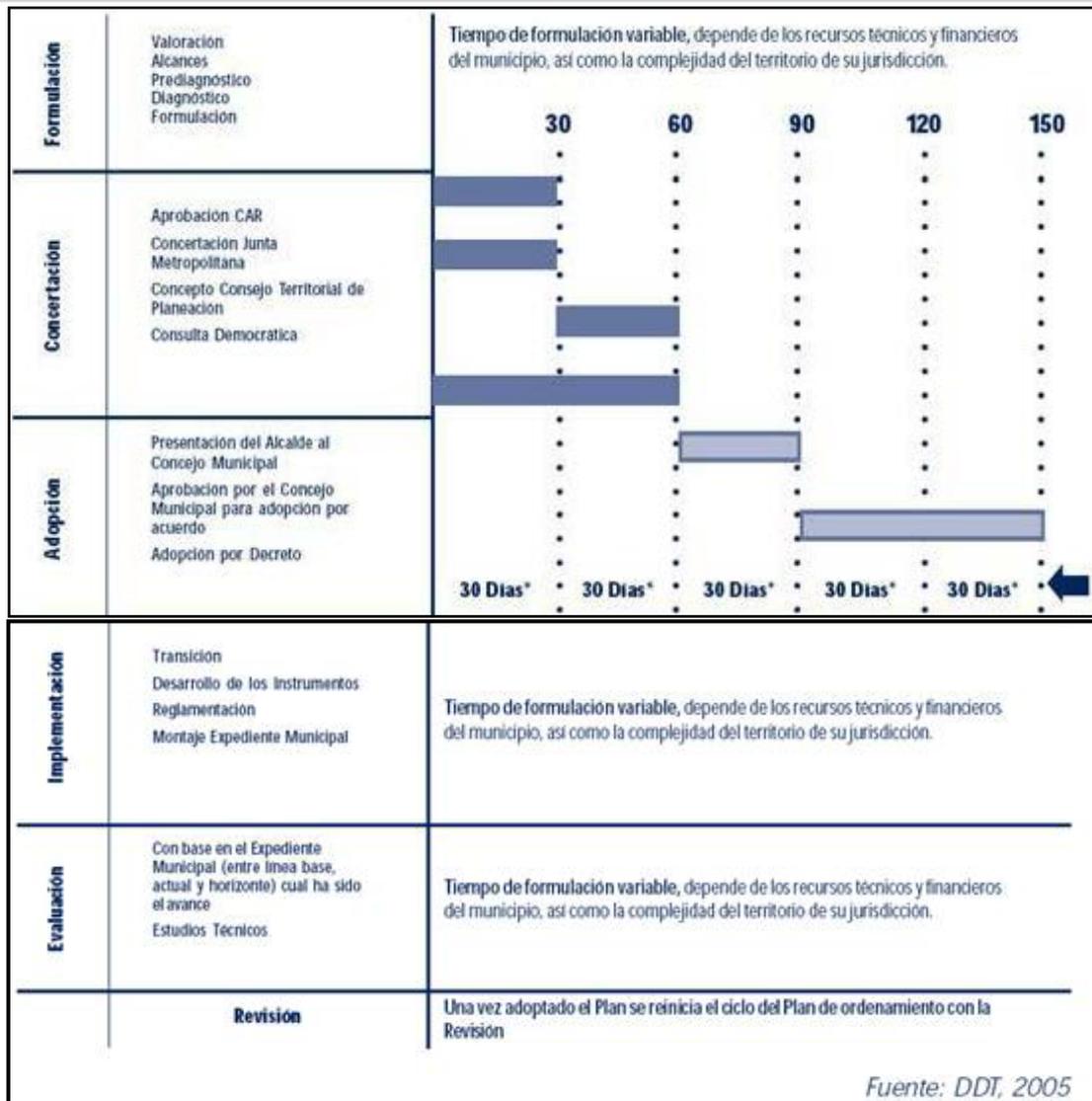
Se tienen las siguientes consideraciones generales:

1. Tener en cuenta las políticas, directrices y regulaciones sobre prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales, que constituyen normas de superior jerarquía.
2. Componente general del Plan de Ordenamiento: determinar y ubicar en mapas las zonas que presenten alto riesgo para la localización de asentamientos humanos, por amenazas o riesgos naturales, así como las estrategias para su manejo (entendidas como los mecanismos para la reubicación de los asentamientos humanos localizados en zonas de alto riesgo y para evitar su nueva ocupación).
3. Incluir en el componente urbano del plan de ordenamiento la delimitación, en suelo urbano y de expansión urbana, de las áreas expuestas a amenazas y riesgos naturales.
4. Clasificación del suelo: Se define como suelo de protección aquel “Constituido por las zonas y áreas de terrenos..., que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse”.

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

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 mostrado en la Figura 8-1, la etapa en la cual se encuentra el municipio.

A continuación se debe hacer 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, inestabilidad de márgenes y avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio de Uramita en el Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada es lo que se ha llevado a cabo en desarrollo del presente estudio.



**Figura 8-1 Procedimiento general para la incorporación del riesgo en los POT**

Una vez concluida esta etapa y consolidado el diagnóstico con una adecuada 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.

A partir de las potencialidades y problemática identificadas se deben llevar a cabo talleres de concertación para consolidar la imagen actual del territorio y la imagen deseada, confrontándolas para definir las acciones del municipio en el corto, mediano y largo plazo (DDT, 2005). Con las etapas anteriores, se inicia la formulación de POT, que comprende los procesos de toma de decisiones fundamentales acerca del ordenamiento del territorio que se traducen en el desarrollo del contenido estructural del plan, los componentes general, urbano y rural y las acciones que serán incorporadas en el Plan de ejecución. (DDT, 2005).

Los resultados del proceso de ordenamiento territorial se deben consignar en los siguientes documentos, que se desarrollan en las etapas mencionadas y forman parte integral del Plan (DDT, 2005):

- Documento técnico de soporte (DTS), que debe realizarse de acuerdo con lo indicado en la ley 388/97
- Documento Resumen.
- Proyecto de Acuerdo presentado para aprobación de la Corporación Autónoma Regional.
- Acuerdo de adopción – Proceso de Planificación, Art 17 Decreto Reglamentario 879 de 1998 - o decreto en los casos que se presenten de conformidad con lo establecido en la Ley 388 de 1997.

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 la distribución de los recursos para lograr una representación simultánea de los recursos y de las restricciones para el uso, que permita una escogencia racional del mejor aprovechamiento posible de la tierra en función de su vocación natural.

La localización de los aspectos específicos exigidos por al reglamentación de la Ley 388 (Decreto 879 de 1998, Art. 14) se obtiene también utilizando la información de los mapas anteriores y la inspección directa necesaria, a saber:

- Áreas de conservación y protección de los recursos naturales
- Conjuntos urbanos, históricos y culturales
- Áreas expuestas a amenazas y riesgos
- Infraestructura para vías y transporte
- Redes de servicios públicos
- Equipamientos colectivos y espacios públicos libres para parques y zonas verdes y el señalamiento de las cesiones urbanísticas gratuitas correspondientes a dichas infraestructuras.
- La estrategia de mediano plazo para programas de vivienda de interés social.
- Planes parciales y unidades de actualización urbanística.

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.

Una vez definido el modelo territorial se realiza la clasificación del suelo que divide el territorio en suelo urbano, suelo rural y suelo de expansión urbana; al interior de estas clases podrán establecerse las categorías de suburbano y de protección. En este momento se establecen las normas estructurales, generales y complementarias y los proyectos estratégicos estructurantes de largo plazo.

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.

La implementación comprende al menos dos procesos: el desarrollo reglamentario de las normas definidas en el plan y el seguimiento. El seguimiento básicamente consiste en evaluar los avances entre la situación del municipio en el momento de elaboración del diagnóstico (línea base) y el escenario propuesto para el desarrollo del municipio (línea horizonte), este proceso se lleva a cabo de manera permanente a lo largo de la vigencia del POT, PBOT o EOT, por parte del municipio y con la participación de los actores interesados y en especial del Consejo Consultivo de Ordenamiento Territorial (DDT, 2005).

La evaluación comprende la apertura del espacio destinado a analizar y a ponderar los resultados de gestión del POT, a partir del seguimiento realizado a las acciones y proyectos -estructurales y no estructurales- de prevención de desastres y de mitigación de riesgos, con la participación de los actores del proceso, autoridades, funcionarios, técnicos y representantes de la comunidad, desde su propuesta, elaboración hasta su implementación. El instrumento indicado para el seguimiento es el expediente municipal. La operatividad del proceso deberá determinarse a través de la definición de indicadores de efectividad e impacto y la constitución de las veedurías ciudadanas por cada uno de las acciones y proyectos de prevención y reducción de riesgos.

El seguimiento y evaluación 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.

## **8.5 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO**

En este informe se presentan los siguientes mapas:

- Amenaza por inundación
- Amenaza por torrencialidad
- Amenaza por socavación e inestabilidad

- Riesgo corporal por inundación
- Riesgo físico por inundación
- Riesgo por inestabilidad de márgenes
- Riesgo físico por torrencialidad

Se espera que estos mapas sean incorporados al POT del municipio con el fin de reemplazar los existentes. Adicionalmente resulta necesario que se definan las zonas de ronda del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada 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.

## CONTENIDO

9	DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL .....	9-1
9.1	INTRODUCCIÓN .....	9-1
9.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES.....	9-1
9.2.1	Consideraciones técnicas .....	9-1
9.2.2	Consideraciones ambientales.....	9-2
9.2.3	Consideraciones Urbanísticas .....	9-3
9.3	DISEÑO DE OBRAS.....	9-3
9.4	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO .....	9-5

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

### **9.1 INTRODUCCIÓN**

A partir del planteamiento general de obras presentado en el capítulo anterior, 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 las terrazas inundables del río Sucio y los sectores afectados por torrencialidad e inestabilidad de márgenes, se presenta en este capítulo las obras propuestas y su priorización. En el Anexo I que corresponde al diseño de obras, se presentan los planos de localización, planos de diseño 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 Sucio, río Uramita y Quebrada La Encalichada a su paso por la zona urbana. Se debe tener en cuenta que además de las obras planteadas para la mitigación y control de los fenómenos de inundaciones e inestabilidad lateral 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.

### **9.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES**

#### **9.2.1 Consideraciones técnicas**

En el municipio de Uramita existen asentamientos humanos en las terrazas del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Desmontadora. El desarrollo urbano se ha dado en este municipio en las zonas aledañas a los valles de los ríos y la quebrada que son los que presentan menor pendiente aunque también menor extensión, puesto que la configuración topográfica de la zona se compone de laderas de altas pendientes. Se aprecia que no se han respetado las zonas de aislamiento y ronda que se deberían preservar para el Río Sucio, el Río Uramita y la Quebrada La Encalichada, y como resultado de esto se encuentran expuestas principalmente a los fenómenos de socavación e inestabilidad de las terrazas, y en menor medida a los de avenidas torrenciales e inundaciones.

Durante la temporada invernal es posible que se dé la ocurrencia de inundaciones en la zona bajas de sectores como el Barrio Santa Ana o el Socorro, mientras que hay sectores en que pueden ocurrir procesos de inestabilidad por socavación durante crecientes como la margen derecha del Río Sucio en el sector de la carrera 13, la carrera 25 o el comprendido entre las desembocaduras del Río Uramita y la Quebrada La Encalichada; en las crecientes también se pueden producir daños importantes en la cimentación y los cerramientos de los patios de un buen número de viviendas que se encuentran invadiendo los cauces del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada.

Para mitigar los efectos de los ascensos de niveles de agua y procesos de socavación lateral en la Quebrada La Encalichada se han construido muros en gaviones y en el río Uramita y río Sucio en sitios puntuales se han construido obras como muros en gaviones y muros en concreto ciclópeo, algunos de los cuales presentan socavación en los cimientos y requieren de una adecuada protección. También existen algunos sectores en que se han producido desprendimientos desde las terrazas causados por socavación y que no han sido intervenidos por lo que se requiere de la implementación de medidas de protección para evitar afectaciones mayores.

Otro de los eventos amenazantes que afecta las viviendas localizadas en la pata de las laderas adenañas a la Quebrada La Encalichada es el de caídas esporádicas de bloques que de acuerdo con habitantes del sector han ocurrido en el pasado. En este caso se debe establecer un programa de revegetalización y seguimiento a las laderas, además de la remoción controlada de los bloques sueltos.

También se puede dar la ocurrencia de eventos de avenidas torrenciales en los caños y quebradas que presentan este comportamiento y que pasan por la zona urbana, por lo que resulta necesario que se establezcan medidas para el manejo de estos eventos. Dada la magnitud de los fenómenos ocurridos en el pasado en sitios cercanos como El Revenidero y los altos niveles de daños que se pueden generar, no resulta para el caso del Río Sucio muy útil la implementación de obras de mitigación; resulta más aplicable el establecimiento de zonas de aislamiento y protección en los que se establezcan restricciones al uso del suelo para vivienda, y que se lleve a cabo la recuperación de la cobertura vegetal en las laderas de las cuencas.

Para los fenómenos torrenciales en las quebradas que pasan por el casco urbano es conveniente además de establecer las zonas de protección y aislamiento, implementar obras transversales y revegetalizar las laderas en las partes medias y altas de la cuenca, además de hacer un seguimiento permanente a la aparición de posibles obstrucciones a lo largo de los cauces.

### **9.2.2 Consideraciones ambientales**

El deterioro ambiental del Río Sucio, Río Uramita y la Quebrada La Desmontadora en su paso por la zona urbana se observa por el establecimiento de asentamientos humanos dentro de la ronda hidráulica de los ríos y la quebrada, además de la contaminación por vertimientos de aguas servidas en varios puntos. También se observa que en las laderas que se encuentran dentro de las cuencas de estas corrientes se presenta falta de cobertura vegetal y se ha dado el sobrepastoreo de las mismas, lo cual las expone a la ocurrencia de procesos erosivos y pequeños deslizamientos que eventualmente pueden causar obstrucciones y avenidas torrenciales.

Por lo tanto se recomienda delimitar adecuadamente la zona de ronda del río Sucio, río Uramita y la quebradas La Encalichada que pasan por el casco urbano, y en dichas zonas y en las laderas que hacen parte de las cuencas de éstas hacer la restauración de la cobertura vegetal para favorecer su estabilidad, considerando además que los bosques se constituyen en una barrera natural para los procesos urbanísticos irregulares.

### 9.2.3 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, y su desarrollo se ha adelantado alrededor de accesos viales y de los valles de los ríos y quebradas que pasan por el casco urbano.

El desarrollo urbanístico viene avanzando configurando sectores sin infraestructura básica de redes, lo que ha degenerado en que la comunidad la construya de manera coyuntural y sin técnica. Situaciones como la deficiencia de cobertura de alcantarillado y la existencia de invasiones de la zona de ronda del río deben ser atendidas en los procesos de legalización de área, para lo cual se deben acometer obras que busquen proveer redes adecuadas de servicios y preservar las zonas de aislamiento requeridas, respectivamente.

### 9.3 DISEÑO DE OBRAS

En esta sección se presentan los resultados de los diseños detallados de las obras planteadas en el Capítulo 7 y que deben ser implementadas en el área correspondiente a las márgenes del Río Sucio y Quebrada La Encalichada 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 la ocurrencia de crecientes del río y la estabilidad de las márgenes ante la ocurrencia de procesos de erosión lateral. Los planos de localización y diseño de obras se presentan en el Anexo I de este informe.

#### ***Obras para el control de crecientes y socavación de la quebrada La Encalichada:***

- *Muros en gaviones paralelos a las márgenes de la quebrada:* Construcción de muros en gaviones paralelos a ambas márgenes de la Quebrada La Encalichada en el sector comprendido entre el puente vehicular en el cruce con la vía al mar y la parte alta en donde inicia la zona urbana. En las márgenes de la quebrada actualmente ya existen muros en gaviones continuos desde el inicio de la zona urbana hasta el puente peatonal en el Barrio Santa Ana por lo que se trata de darles continuidad con la construcción de muros de características similares y repararlos o reconstruirlos en los sectores en que se encuentren deteriorados. Se ha previsto la construcción un total de 398 metros lineales de muros en gaviones de tres niveles de altura y dos metros de ancho en los dos primeros niveles con lo cual se tiene un volumen total de 1989 m<sup>3</sup>. El propósito de esta obra es por una parte contener láminas de agua que se presenten en los eventos de crecientes de la Quebrada La Encalichada y proteger las márgenes de la misma y las viviendas de la ocurrencia de procesos de socavación.
- *Escalones disipadores de energía en el fondo del cauce:* Se trata de la construcción de 51 escalones en concreto ciclópeo de 0.5 m de ancho, 1 m de alto y longitud variable dependiendo del ancho del cauce en cada sector; estos disipadores van espaciados cada 10 m y enterrados 0.7 m por debajo del nivel del fondo del cauce con lo que la altura de caída en cada disipador es de 0.30m. Para evitar que se produzca

socavación en los disipadores por la caída del agua, se plantea la instalación de colchogaviones de 0.30 m de altura, 1 m de ancho y longitud igual a la de los disipadores, de acuerdo con lo que se muestra en los planos de diseño. Se ha calculado un total de 76.8 m<sup>3</sup> de concreto ciclópeo y 92.5 m<sup>3</sup> de colchogaviones.

**Obras de protección contra socavación lateral en la margen derecha del Río Sucio:**

- *Perfilado y relleno, enrocado con malla gavión:* Estas obras se plantean para la margen derecha del Río Sucio en el sector comprendido entre las desembocaduras del río Uramita y la quebrada La Encalichada. Se propone el perfilado con una pendiente 1.5H:1V del sector en que la terraza presenta una pendiente casi vertical y ha sufrido de agrietamientos y desprendimientos, y relleno y reconfiguración con la misma pendiente en la concavidad situada aguas abajo de este sitio; se ha estimado que el volumen del perfilado es de 2778 m<sup>3</sup> y el del relleno de reconfiguración es de 1074 m<sup>3</sup> y además se plantea que las superficies que queden como resultado de estas actividades sean empedradas con semillas. En la parte frontal del sector en que se va a hacer el perfilado se plantea la conformación de un enrocado en capas de 0.50 m de espesor y reforzado con malla gavión para darle estabilidad, obra que posee un volumen de 4284 m<sup>3</sup>. En frente del enrocado con malla gavión y en la pata del sector en que se va a hacer el perfilado se plantea la protección con un enrocado de diámetro promedio 0.60 m para el que se ha calculado un volumen de 1421 m<sup>3</sup>.
- *Protección con enrocado:* Se plantea una protección con enrocado de diámetro promedio 0.60 m en la margen del río Sucio en el sector del K0+850 o Carrera 13 y otro enrocado de similares características en el sector del K 1+150 o Carrera 25, obras que tienen un volumen total de 2275 m<sup>3</sup>.

En el plano I-1 de localización de obras en planta que hace parte del Anexo I se presenta la distribución de las obras propuestas en este estudio y en el Plano I-2 se presentan los respectivos detalles. Para cada sector se establecieron las cantidades de obra y los costos directos respectivos.

**Medidas recomendadas para el control de avenidas torrenciales:** Teniendo en cuenta que las obras planteadas anteriormente se ubican dentro de la zona urbana, existen otras medidas recomendables para el tratamiento de los cauces y las cuencas de las quebradas torrenciales que pasan por el casco urbano del municipio.

Respecto al tratamiento de las laderas de las cuencas de estas quebradas se plantea su revegetalización, mientras que en los cauces se propone que se haga un seguimiento permanente para verificar la existencia de obstrucciones que puedan generar eventos como los ocurridos en el pasado y que han tenido graves efectos en la zona urbana. Otra medida para la protección de las partes altas de los cauces de estas quebradas corresponde a la construcción de obras transversales, las que deben obedecer a un diseño específico que se encuentra por fuera del alcance del presente estudio.

**Medidas recomendadas para los sectores afectados por caídas de bloques:** Se plantea hacer inspecciones frecuentes de las laderas y llevar a cabo la remoción controlada de los bloques que se encuentren propensos a caer. Además se recomienda efectuar la revegetalización de estos sectores.

## 9.4 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

En la Tabla 9-1 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 I

**Tabla 9-1. Cantidades de obra y presupuesto**

ITEM	ACTIVIDAD	UN	CANT	Vr. UNITARIO	VR. TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1,1	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOSCOSEA (INCLUYE HERRAMIENTA MENOR, MANO DE OBRA Y MANEJO DE DESPERDICIOS)	M2	1.065,0	\$3.010	\$ 3.205.650
1,2	DESCAPOTE A MÁQUINA (INCLUYE MANO DE OBRA Y MANEJO DE DESPERDICIOS e=0,20 m)	M2	2.079,6	\$ 370	\$769.452
					<b>\$ 3.975.102</b>
<b>2</b>	<b>RELLENOS</b>				
2,1	EXCAVACIÓN VARIAS EN MATERIAL COMÚN - A MÁQUINA	M3	2.778,2	\$28.260	\$ 78.510.519
2,2	RELLENO PARA ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN CON MATERIAL DEL SITIO	M3	1.074,5	\$6.160	\$ 6.618.612
					<b>\$ 85.129.131</b>
<b>3</b>	<b>OBRAS DE PROTECCIÓN DE SOCAVACIÓN</b>				
3,1	ENROCADO D <sub>prom</sub> =0,35m	M3	3.695,2	\$26.600	\$ 98.290.990
3,2	ENROCADO CON MALLA GAVIÓN	M3	4.374,9	\$76.410	\$ 334.282.289
3,3	COLCHOGAVION	M3	92,5	\$99.000	\$ 9.152.550
3,4	GAVIONES	M3	1.989,0	\$71.950	\$ 143.108.550
3,5	CONCRETO CLASE G 14 Mpa	M3	76,8	\$199.050	\$ 15.287.040
					<b>\$ 600.121.419</b>
<b>4</b>	<b>OBRAS DE TRATAMIENTO DE COBERTURA</b>				
4,1	EMPRADIZACIÓN CON SEMILLAS	M2	1.217,7	\$ 340	\$414.001
4,2	TRATAMIENTO DE COBERTURA CON FAJINAS	M2	859,5	\$3.350	\$ 2.879.325
					<b>\$ 3.293.326</b>
<b>5</b>	<b>OBRAS HIDRAULICAS</b>				
5,1	TUBERIA 12" DE ALCANTARILLADO	ML	18,1	\$102.282	\$ 1.851.301
					<b>\$ 1.851.301</b>
<b>VALOR COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 694.370.279</b>
				24,00%	\$ 166.648.867
				3,00%	\$ 20.831.108
				5,00%	\$ 34.718.514
				16,00%	\$ 5.554.962
<b>VALOR COSTO INDIRECTO</b>					<b>\$ 227.753.451</b>
<b>VALOR COSTO TOTAL</b>					<b>\$ 922.123.730</b>

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La cabecera municipal de Uramita se desarrollo sobre el valle del río Sucio y el río Uramita, los cuales se caracteriza por ser valles jóvenes en “V”, valles de montaña, con altas pendientes y torrenciales. Esta conformación sumada a la condición fisiográfica de la zona urbana del Municipio, zonas de altas pendientes y de alta complejidad geológica, configuran las condiciones de riesgo a que está expuesta la comunidad, especialmente por avenidas torrenciales, inestabilidad de las márgenes de los ríos e inundaciones.
- El río Sucio presenta un patrón de tipo meándrico, y se observa en algunos sectores la presencia de un control estructural por la presencia de un afloramiento rocoso, el cual restringe la presencia de fenómenos de socavación lateral, que sí se presenta en los sitios en que en las márgenes del río se encuentran depósitos aluviales no consolidados. El río Uramita, por su parte, presenta altas pendientes y un valle en V que tiende a profundizarse ante la ocurrencia de eventos torrenciales. En su desembocadura al río Sucio de nota un fuerte control estructural.
- Una razón que configura la condición de riesgo actual a que está expuesta la comunidad es que el área donde se encuentra el casco urbano corresponde a un valle de montaña con la presencia de una geodinámica fuerte que define el sector con una muy alta susceptibilidad a que se presenten eventos amenazantes tipo Avenidas torrenciales, inestabilidad de las márgenes e inundaciones. Otras razones que configuran la situación de riesgo incluyen la existencia de áreas urbanizadas ocupando zonas de los valles principales del río Sucio y río Uramita y la Quebrada La Encalichada, la invasión y destrucción de los drenajes naturales existentes debido a los procesos de urbanización, factores antrópicos como construcción de viviendas en las zonas de retiro de las corrientes, malos sistemas de manejo de las aguas servidas y de escorrentía, y el retiro de la cobertura vegetal protectora.
- Los ríos Sucio y Uramita pueden en ocasiones, provocar inundaciones que afecten viviendas e infraestructura, en especial a lo que se localiza en las partes bajas de sus márgenes. El estudio de los depósitos respectivos no revela que estos dos cauces hayan invadido sectores importantes de las terrazas que constituyen base para el casco urbano, pero un número importante de viviendas han invadido parte del cauce mayor y son susceptibles a los efectos de inundaciones. También, durante períodos de crecientes importantes, ambos cauces pueden producir socavación de sus márgenes que afecte las numerosas viviendas asentadas en el borde de las terrazas.
- En los depósitos que forman los ríos que pasan por el casco urbano del municipio no se encontraron evidencias de que en sus cauces transitaran avenidas torrenciales. Un caso especial lo representa la quebrada Encalichada, que en el pasado, hace miles de años y más atrás, transitó avenidas torrenciales de magnitud importante, sin embargo, en los últimos centenares de años, este fenómeno no se ha presentado en la cuenca y por lo tanto se puede considerar esta amenaza como baja. El bloqueo del cauce del río Sucio por un deslizamiento de gran magnitud en el sitio El Revenidero, podría eventualmente producir un embalse que llegue hasta Uramita, pero esta situación permitiría una evacuación preventiva puesto que este fenómeno no sería súbito en la localidad.

- El análisis hidráulico del Río Sucio se adelanto para dos tramos del curso de agua definidos por la desembocadura de las quebradas La Encalichada y Uramita. En el tramo aguas arriba no se presenta inundación debido a la ocurrencia de caudales de avenida con periodos de retorno de cincuenta años y la probabilidad de que se presente una situación de desbordamiento ante el paso de caudales de periodo de retorno de cien años o mas, es menor. De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis, se puede afirmar que en el tramo de aguas abajo de la quebrada La Encalichada no existe amenaza por inundación causada por el Río Sucio, aun ante la ocurrencia de avenidas de cincuenta años de periodo de retorno.
- Los resultados obtenidos en la modelación hidráulica del Río Uramita indican que no se presentan desbordamientos y por tanto inundaciones debidos a la ocurrencia de estos caudales. Sin embargo, es claro que dado que existen algunas edificaciones que invadieron aun el cauce menor, especialmente en la margen derecha, estas puedan sufrir algún tipo de inundación durante la ocurrencia de caudales de dos años de recurrencia. De otro lado la velocidad de flujo aun para el caudal de diez años de retorno puede alcanzar valores superiores a los 2 m/s cerca de las orillas, circunstancia que genera otro factor de amenaza representado en la socavación del lecho y la posible desestabilización de las margenes en las cuales se apoyan las construcciones.
- En la modelación hidráulica de la Quebrada La Encalichada se encontró que no se presentan desbordamientos como tales, pero los niveles del agua aun para caudales de recurrencia de diez años interesan la parte de las viviendas que colindan con la orilla del curso de agua.
- De la observación de los resultados de los análisis de socavación se deduce que no existen procesos de socavación significativos cerca de la orilla derecha del río Sucio generados por caudales de dos y cincuenta años de recurrencia. En el tramo aguas abajo se encontró que no existe amenaza alta por socavación para un periodo de retorno de dos años mientras que en algunos sectores para caudales de diez y cincuenta años de recurrencia puede darse el caso de que edificaciones que se localizan muy cerca de la orilla del río y tienen cimentaciones poco profundas puedan ser afectadas
- En los análisis de socavación para el Río Uramita se encontró que la mayor amenaza a las viviendas localizadas en cercanía inmediata a las orillas de la quebrada la constituyen los procesos de socavación ocurridos durante el paso de los caudales de avenida. A menos de cinco metros de distancia de las orillas, y en particular de la derecha, se presentaría socavación mayor, en algunas secciones de 1,50 m. Esto es particularmente evidente en la parte baja del tramo estudiado, es decir, en cercanías del puente de la carretera que conduce a Apartado, cerca de la desembocadura de la quebrada en el Río Sucio. Esto significa que existe la posibilidad, aun durante la ocurrencia de avenidas de frecuencia anual de que varias estructuras cuya cimentación no esta a cotas inferiores a las de máxima socavación puedan colapsar debido a la inestabilidad generada en el barranco que conforman las orillas de la quebrada.

- Durante el paso de caudales de retorno de dos años para la Quebrada La Encalichada se observa que se produce socavación en el cauce a menos de tres metros de la orilla derecha, que profundizan el cauce en mas de 0,70 m. Estas profundidades se amplían para el caudal de cincuenta años de recurrencia.
- A lo largo de su paso por la zona urbana del municipio, el río Sucio presenta un patrón de tipo meándrico, y se observa en algunos sectores la presencia de un control estructural por la presencia de un afloramiento rocoso, el cual restringe la presencia de fenómenos de socavación lateral, que sí se presenta en los sitios en que en las márgenes del río se encuentran depósitos aluviales no consolidados. Las obras de protección que se han construido a lo largo de las márgenes del río Sucio no poseen continuidad ya que solamente se trata de muros en gaviones y muros en para la protección de viviendas en sitios puntuales.
- El río Uramita presenta altas pendientes, un trazado sinuoso y un valle profundo que no facilita la ocurrencia de desbordamientos y en el que han ocurrido en el pasado avenidas torrenciales a juzgar por el tamaño de los bloques de roca que se encuentran dentro del cauce. En este caso también se observa la existencia de procesos de socavación lateral que han afectado los patios de varias viviendas han invadido el cauce del río y pueden verse afectadas durante eventos de crecientes por lo que resulta necesario que se eviten dichas invasiones y respeten unas zonas de aislamiento mínimas.
- En las márgenes de la Quebrada La Encalichada se ha construido una serie de muros en gaviones y muros en concreto ciclópeo, los cuales tienen mayor continuidad en el sector aguas arriba del puente peatonal. Estas obras muestran socavación en la base y en la margen izquierda el sector inmediatamente aguas arriba del puente el muro fue destruido, por lo que resulta conveniente repararlo y proteger su base, además de establecer obras transversales para restarle energía a la corriente y evitar que se sigan presentando este tipo de fenómenos.
- De acuerdo con lo observado en las visitas de campo, las laderas adyacentes al municipio no evidencian señales de ocurrencia de procesos de remoción en masa, aunque se observan algunas señales de erosión por pata de vaca y señales de reptación, por lo que resultaría adecuado brindarles una cobertura vegetal adecuada. En el sector del polideportivo del Barrio Santa Ana y en el costado derecho de la carretera a Dabeiba a la altura de la carrera 24 se encuentran dos cañadas en las que no se observa flujo de agua pero que poseen un comportamiento torrencial; en estas cañadas han ocurrido flujos que han afectado al polideportivo y la vía, respectivamente, por lo que resulta necesario hacerles un seguimiento para evitar obstrucciones, además de implementar obras transversales en la parte media y alta de la cuenca y darle a la misma una cobertura vegetal que le sirva de protección contra agentes erosivos.
- Otro fenómeno corresponde a la caída de bloques desde las laderas aledañas a la Quebrada la Encalichada, que de acuerdo con lo indicado con los pobladores del sector se han dado eventualmente tanto desde el depósito del costado derecho de la quebrada como del macizo rocoso del izquierdo. A pesar de que se trata de eventos

que solamente han ocurrido algunas veces en este sector, el tamaño de los bloques y la localización de las viviendas hacen necesario que se preste atención a este fenómeno, mediante la vigilancia y remoción de bloques sueltos por parte de las autoridades locales.

- Para las manzanas ubicadas en el área de estudio de este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente “Muy alta” y “Alta”, indicando que las medidas de mitigación deben contemplar acciones que minimicen esta vulnerabilidad, de tal forma que repercutan en una mejor calidad de vida de los habitantes de este sector.
- En la evaluación de la vulnerabilidad institucional se encontró que no se cuenta con un presupuesto definido para la gestión del riesgo, no se ha elaborado el Plan Local de Emergencias y Contingencias y no se realiza una sistematización de los reportes que se generan en cada uno de los eventos que ocurren, con el fin de estimar los daños ocurridos y las pérdidas ocasionadas por ellos. Adicional a esto, los recursos disponibles resultan insuficientes en muchos de los casos para la renovación y adquisición de equipos, así como para realizar obras de mitigación.
- Dentro de las medidas de mitigación no estructurales consideradas se encuentra la regulación del uso del suelo en las márgenes del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada, en los sectores afectados por inestabilidad de márgenes y en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción geomorfológica o ambiental y el uso recomendado para estas áreas de protección ambiental es de zonas verdes y de recreación. También se ha considerado la reubicación de viviendas que se encuentren en proceso de ruina, la realización de campañas de información pública, la adecuación paisajística del área en las zonas de restricción por riesgo y las áreas de protección del sistema ecológico del municipio, y la delimitación de la zona de ronda y protección ambiental del Río Sucio, Río Uramita y Quebrada La Encalichada.
- Dentro de las medidas de mitigación estructurales se consideró el diseño y construcción de obras de protección y control contra los procesos de socavación lateral que ocasionan deslizamientos y afectaciones a las obras de protección existentes, así como al control de ascensos del nivel de agua durante las crecientes dentro de un concepto de tratamiento integral. Las obras que se plantean corresponden a muros en gaviones, reparación de los muros existentes afectados, construcción de disipadores de energía, perfilado de la terraza afectada por agrietamientos y desprendimientos, relleno y enrocados con malla gavión y sin malla
- Para la mitigación de los efectos de eventos de avenidas torrenciales se debe llevar a cabo la revegetalización de las laderas de las cuencas de las corrientes que presenten tendencia a la ocurrencia de estos eventos, y la implementación de obras transversales en las partes medias y altas de las cuencas. El dimensionamiento y espaciado de estas obras deben obedecer a diseños específicos no considerados en el alcance del presente estudio en vista de que se trata de zonas que se encuentran en la parte rural del municipio.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

ASIAN TECHNICAL COMMITTEE ON GEOTECHNOLOGY FOR NATURAL HAZARDS (1997). Manual for Zonation on areas susceptible to rain-induced Slope Failure. Touchin Insatsu Co. Ltd, Japan.

CABALLERO, H., MEJIA. I. 1993. Investigación histórica y de campo del derrumbe el Revenidero ocurrido en octubre de 1970, municipio de Uramita, departamento de Antioquia. Revista de Ingeominas N° 2, Bogotá

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

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, 1993. Mapa zona urbana municipio de Uramita sectores, secciones, manzanas y vías.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE HYOGO. Erosión control in Hyogo.

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.

GONZALEZ A., MILLAN J., SOLER F., VESGA L., 1998. Evaluación de Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa en Santa Fe de Bogotá Artículo, X Jornadas geotécnicas.

GONZALEZ GARCIA ALVARO J., Agosto de 2005. Evaluación de Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa III Curso Latinoamericano de Movimientos en Masa. Bogotá, Colombia.

HAFFER, J. & BEATTIE, D. 1959. On the Geology of the Uraba (Northwest Colombia). Mobil GGR 483. Bogotá.

IGAC, 1982. Fotografías aéreas 146,147. Escala 1:30700. Vuelo C-2055.

IGAC, 1994. Fotografías aéreas 29, 30. Escala 1:50895. Vuelo C-2530.

IGAC – INGEOMINAS. 2006. Estudio Integral del Andén Pacífico Colombiano, Tomo I Geología, 168 p.; Tomo II Geomorfología, 66 p. Bogotá.

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.
- INSTITUTO DE ESTUDIOS REGIONALES. 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.
- LEONE F., 1996. Concept de Vulnerabilite Applique a L. Evaluation Des Risques Generes par les Phenomenes de Mouvements de Terrain. Université Joseph Fourier Grenoble; These de Doctorat, Grenoble.
- MILLAN J., 1988. Lineamientos Metodológicos Para la Evaluación de la Amenaza por FRM.
- MILLAN J. GONZALEZ A, 2000. Evaluación Sistemática de Procesos y Efectos de Fenómenos de Remoción en Masa en Santa Fe de Bogotá - Propuesta Metodológica, VIII Congreso Geotecnia.
- MILLAN J., VESGA L., 1998. Inventario de Procesos de Remoción en Masa en los Estudios de Amenaza y Riesgo en Santa Fe de Bogotá. Artículo X Jornadas Geotécnicas.
- PCU Ltda, 2000. Plan de ordenamiento territorial municipio de Uramita.
- SANCHEZ SILVA, MAURICIO, 2005. Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos, U. de los Andes.
- TERLIEN M.T.J. 2005. Modelling Spatial and Temporal Variations in Rainfall - Triggered Landslides. The Integration of Hidrology Models Slope Stability Models and Geographic Information Systems for the Hazard Zonation of Rainfall - Triggered Landslides whit Examples from Manizales (Colombia) ITC, Publication NO. 32.
- VARNES, D.J. (1978). "Slopes Movement Types and Processes in: Landslides, Analysis and Control". TRB Special Report 176, Washington D.C., 1978.